



ANALISIS PENYERAPAN ENERGI DAN DEFORMASI PADA VARIASI BENTUK CAKAR *BUCKET EXCAVATOR*

SKRIPSI TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK KONSTRUKSI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



GHIA ALIF SANTOSA
NIM. 125060200111055

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2017

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENYERAPAN ENERGI DAN DEFORMASI PADA VARIASI BENTUK CAKAR *BUCKET EXCAVATOR*

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK KONSTRUKSI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



GHIA ALIF SANTOSA
NIM. 125060200111055

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 19 Juli 2017

Dosen Pembimbing I

Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D
NIP. 19670518 199412 1 001

Dosen Pembimbing II

Khairul Anam, ST., M.Sc.
NIP. 201310 861127 1 001

Mengetahui
Ketua Program Studi S1

Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT.
NIP. 19750802 199903 2 002

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang sepengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelurusan berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas didalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak pernah terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 19 Juli 2017

Mahasiswa,



Ghia Alif Santosa

NIM. 125060200111055



JUDUL SKRIPSI:

Analisis Penyerapan Energi dan Deformasi pada Variasi Bentuk Cakar *Bucket Excavator*

Nama Mahasiswa : Ghia Alif Santosa

NIM : 125060200111055

Program Studi : Teknik Mesin

Minat : Teknik Konstruksi

KOMISI PEMBIMBING

Pembimbing I : Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D

Pembimbing II : Khairul Anam, ST., M.Sc.

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Ir. Suharto, MT.

Dosen Penguji 2 : Dr. Eng. Sofyan Arief Setyabudi, ST., M. Eng.

Dosen Penguji 3 : Haslinda Kusumaningsih, ST., M. Eng.

Tanggal Ujian : 12 Juni 2017

SK Penguji : 685/UN 10.6/SK/2017



RINGKASAN

Ghia Alif Santosa, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Mei 2017, *Analisis Penyerapan Energi dan Deformasi pada Variasi Bentuk Cakar Bucket Excavator*, Dosen Pembimbing: Djarot B. Darmadi dan Khairul Anam.

Pada era globalisasi saat ini pertumbuhan di bidang konstruksi sangatlah pesat, termasuk pada bidang pembangunan dan pertambangan. Dalam bidang konstruksi saat ini banyak menggunakan alat berat untuk memudahkan dan mempersingkat waktu pengerjaan. Pada saat bidang konstruksi mengerjakan suatu konstruksi ada beberapa tahap pekerjaan, salah satunya yaitu pekerjaan tanah. Agar pekerjaan tanah lebih mudah dan lebih cepat maka digunakanlah alat berat. *Excavator* adalah salah satu alat berat yang digunakan dalam produksi tambang logam dan terutama digunakan sebagai alat untuk pengerjaan tanah. *Bucket excavator* adalah bagian yang penting dari *excavator*, cakar *bucket excavator* merupakan bagian utama dari *bucket excavator*.

Parameter penelitian meliputi bentuk cakar *bucket excavator*. Cakar *bucket excavator* dibagi menjadi 18 model dengan perbedaan sudut dan perbedaan jari-jari fillet pada setiap modelnya. Tujuannya, untuk mengetahui nilai deformasi dan penyerapan energi pada cakar *bucket excavator*. Penelitian disimulasikan dengan software berbasis *Finite Elemen Method*. Material cakar *bucket excavator* yang digunakan adalah AISI 1040 yang diasumsikan *bilinear isotropic hardening*. Output simulasi berupa deformasi dan penyerapan energi, output simulasi dikaji untuk mendapat model yang paling optimal.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai deformasi tertinggi adalah 0.94995mm dan nilai deformasi terendah adalah 0.61459mm. Cakar *bucket excavator* dengan sudut tumpul menghasilkan deformasi semakin kecil. Semakin besar jari-jari fillet maka deformasi pada cakar *bucket excavator* akan semakin kecil. Sedangkan nilai penyerapan energi tertinggi adalah 28.445mJ dan nilai penyerapan energi terendah adalah 6.9553mJ. Cakar *bucket excavator* dengan sudut tumpul menghasilkan penyerapan energi semakin besar. Semakin besar jari-jari fillet maka penyerapan energi pada cakar *bucket excavator* akan semakin besar.

Kata Kunci: excavator, cakar bucket excavator, deformasi, penyerapan energi

SUMMARY

Ghia Alif Santosa, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University, May 2017, *Energy Absorption and Deformation Analysis with Varied Bucket Teeth in Excavator*, Supervisor: Djarot B. Darmadi and Khairul Anam.

In the current era of globalization, growth in the construction sector is very rapid, including in the field of construction and mining. In the field of construction many use heavy equipment to facilitate and shorten the processing time. Engineering working on a construction there are several stages of work, one of which is the work of the soil. To make the soil work easier and faster then used the machine. Excavator is one of the heavy equipment used in the production of metal mines and is mainly used as a tool for the soil work. Bucket excavator is an important part of excavator, bucket teeth excavator is the main part of bucket excavator.

The research parameters included the shape of bucket teeth excavator. The bucket teeth excavator is divided into 18 models with different angles and different fillet radius on each model. The purpose, to know the value of deformation and energy absorption on bucket teeth excavator. The research is simulated with Finite Element Method based software. The bucket teeth excavator material is used AISI 1040 which assumed bilinear isotropic hardening. The simulation output is deformation and energy absorption, the simulation output is studied to get the most optimal model.

The results showed that the highest deformation value is 0.94995mm and lowest deformation value is 0.61459mm. Bucket teeth excavator with the obtuse angle make smaller deformations. The larger the fillet radius will make the deformation on the bucket teeth excavator will be smaller. While the value of the highest energy absorption is 28.445mJ and lowest energy absorption value is 6.9553mJ. Bucket teeth excavators with the obtuse angel make highest energy absorption. The larger the fillet radius will make the energy absorption on the bucket teeth excavator will be highest.

Keywords: excavator, bucket teeth excavator, deformation, energy absorption

[illegible][illegible][illegible]



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT. karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini merupakan salah satu mata kuliah wajib di Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Skripsi ini disusun sebagai pelengkap syarat kelulusan di Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Dalam pembuatan skripsi ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan laporan ini. Secara khusus penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Eng. Nurkholis H, ST., M. Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
2. Purnami, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT. selaku Ketua Program Studi ST Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya
4. Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph. D. selaku Ketua Kelompok Dasar Keahlian Konsentrasi Teknik Konstruksi dan selaku dosen pembimbing 1.
5. Khairul Anam, ST., M.Sc. selaku dosen pembimbing II
6. Dosen dan staf Jurusan Teknik Mesin.
7. Seluruh teman-teman SusiloStrasse.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam penyelesaian skripsi.

Pembuatan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi perbaikan dan kesempurnaan skripsi ini.

Malang, Mei 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 <i>Excavator</i>	8
2.2.1. Penggerak <i>Excavator</i>	10
2.2.2. Komponen <i>Excavator</i>	10
2.2.3. <i>Bucket Excavator</i>	11
2.2.4. Tipe Cakar <i>Bucket Excavator</i>	12
2.3 Deformasi	14
2.4 Energi Regangan	15
2.5 Tegangan dan Regangan	17
2.6 Software Berbasis FEM	20
2.7 Simulasi Pendahuluan	20
2.8 Hipotesis	23
BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1 Metode Penelitian	25
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	25
3.3 Variable dan Variasi Pemodelan Cakar <i>Bucket Excavator</i>	25



3.4 Material Cakar <i>Bucket Excavator</i>	28
3.5 Meshing.....	32
3.6 Kondisi Analisis.....	33
3.7 Verifikasi Penelitian.....	34
3.8 Prosedur Penelitian.....	34
3.9 Diagram Alir Penelitian.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Verifikasi Hasil Simulasi.....	38
4.2 Hasil Simulasi Cakar <i>Bucket Excavator</i>	38
4.3 Analisis Hasil Simulasi Deformasi dan Penyerapan Energi Cakar <i>Bucket Excavator</i>	39
4.3.1. Analisis Deformasi pada Variasi Cakar <i>Bucket Excavator</i>	39
4.3.2. Analisis Penyerapan Energi pada Variasi Cakar <i>Bucket Excavator</i>	48
BAB V PENUTUP	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	59
Daftar Pustaka	
Lampiran	



Daftar Tabel

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Model penelitian Bilal	7
Tabel 2.2	Hasil penelitian Bilal	7
Tabel 2.3	Model 1 Perbedaan Sudut	21
Tabel 2.4	Model 1 Perbedaan Jari-Jari <i>Fillet</i>	22
Tabel 3.1	Variable Terkontrol Dimensi Penelitian Model 1	26
Tabel 3.2	Variable Bebas Dimensi Penelitian Model 1	26
Tabel 3.3	Variasi Penelitian Model 1 Perbedaan Sudut	26
Tabel 3.4	Variasi Penelitian Model 1 Perbedaan Jari-Jari	26
Tabel 3.5	Variable Terkontrol Dimensi Penelitian Model 2	27
Tabel 3.6	Variable Bebas Dimensi Penelitian Model 2	27
Tabel 3.7	Variasi Penelitian Model 2 Perbedaan Sudut	28
Tabel 3.8	Variasi Penelitian Model 2 Perbedaan Jari-Jari	28
Tabel 3.9	Properti Material AISI 1040	28
Tabel 3.10	Perbandingan antara <i>Bilinear Isotropic Hardening</i> dengan <i>Multilinear Isotropic Hardening</i>	29
Tabel 4.1	Data Total Deformasi Maksimal pada Perbedaan Sudut Cakar <i>Bucket Excavator</i>	39
Tabel 4.2	Data Total Deformasi Maksimal pada Perbedaan Jari-Jari <i>Fillet</i> Cakar <i>Bucket Excavator</i>	44
Tabel 4.3	Data Penyerapan Energi Maksimal pada Perbedaan Sudut Cakar <i>Bucket Excavator</i>	49
Tabel 4.4	Data Penyerapan Energi Maksimal pada Perbedaan Jari-Jari <i>Fillet</i> Cakar <i>Bucket Excavator</i>	54



Daftar Gambar

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Model penelitian Kalpak	5
Gambar 2.2	Hasil penelitian Kalpak	5
Gambar 2.3	Model penelitian Birenda	6
Gambar 2.4	Hasil penelitian Birenda	6
Gambar 2.5	<i>Excavator</i> Sistem Tali	9
Gambar 2.6	<i>Excavator</i> Sistem Hidraulik	9
Gambar 2.7	Komponen <i>excavator</i>	10
Gambar 2.8	<i>Bucket Excavator</i> Caterpillar	11
Gambar 2.9	Cakar <i>Bucket Excavator Penetration Plus</i>	12
Gambar 2.10	Cakar <i>Bucket Excavator Penetration</i>	12
Gambar 2.11	Cakar <i>Bucket Excavator General Duty</i>	13
Gambar 2.12	Cakar <i>Bucket Excavator Extra Duty</i>	13
Gambar 2.13	Cakar <i>Bucket Excavator Wide</i>	13
Gambar 2.14	Cakar <i>Bucket Excavator Heavy Abration</i>	14
Gambar 2.15	Cakar <i>Bucket Excavator Spike</i>	14
Gambar 2.16	Cakar <i>Bucket Excavator Double Spike</i>	14
Gambar 2.17	(a) Batang sebelum pembebanan dan (b) batang sesudah pembebanan	15
Gambar 2.18	Pembebanan aksial pada batang	16
Gambar 2.19	Grafik hubungan <i>load</i> terhadap <i>displacement</i>	16
Gambar 2.20	Grafik <i>strain energy</i>	16
Gambar 2.21	Tegangan normal pada material	18
Gambar 2.22	Tegangan geser pada material	18
Gambar 2.23	Regangan pada material	19
Gambar 2.24	Grafik hubungan tegangan dan regangan	19
Gambar 3.1	Bentuk cakar <i>bucket excavator</i> model 1	25
Gambar 3.2	Bentuk cakar <i>bucket excavator</i> model 2	27
Gambar 3.3	<i>Meshing</i> cakar <i>bucket excavator</i> model 1	32
Gambar 3.4	<i>Meshing</i> cakar <i>bucket excavator</i> model 2	33
Gambar 3.5	Kondisi analisis cakar <i>bucket excavator</i> model 1	33



Gambar 3.6	Kondisi analisis cakar <i>bucket excavator</i> model 2	34
Gambar 3.7	Diagram alir penelitian	35
Gambar 4.1	Perbandingan hasil simulasi model 1	37
Gambar 4.2	Perbandingan hasil simulasi model 2	38
Gambar 4.3	Grafik pengaruh perbedaan sudut cakar <i>bucket excavator</i> terhadap deformasi	42
Gambar 4.4	Grafik pengaruh perbedaan jari-jari <i>fillet</i> cakar <i>bucket excavator</i> terhadap deformasi	47
Gambar 4.5	Grafik pengaruh perbedaan sudut cakar <i>bucket excavator</i> terhadap penyerapan energi	52
Gambar 4.6	Grafik pengaruh jari-jari <i>fillet</i> cakar <i>bucket excavator</i> terhadap penyerapan energi	57



Daftar Lampiran

No.	Judul
Lampiran 1.	Tabel Strain Energy dan Strain Energy Maximal



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada era globalisasi saat ini pertumbuhan di bidang konstruksi sangatlah pesat, termasuk pada bidang pembangunan dan pertambangan. Dalam bidang konstruksi saat ini banyak menggunakan alat berat untuk memudahkan dan mempersingkat waktu pengerjaan.

Perusahaan yang memproduksi alat berat pun tidak lah sedikit, perusahaan tersebut membuat model yang bervariasi tergantung material, *life time*, dan biaya produksi. Pada saat bidang konstruksi mengerjakan suatu konstruksi ada beberapa tahap pekerjaan, salah satunya yaitu pekerjaan tanah. Pekerjaan tanah meliputi penggalian tanah, pengangkutan tanah, dan pemadatan tanah. Agar pekerjaan tanah lebih mudah dan lebih cepat maka digunakanlah alat berat. Alat berat yang digunakan bermacam-macam. Mulai dari penggunaan *excavator*, *crane*, *shovel*, *bulldozer*, *dump truck*, dan lain-lain. Alat berat yang digunakan untuk penelitian penulis adalah hidrolik *excavator*. *Excavator* adalah salah satu alat berat yang digunakan dalam produksi tambang logam dan terutama digunakan sebagai alat untuk pengerjaan tanah. *Bucket excavator* adalah bagian yang penting dari *excavator*, cakar *bucket excavator* merupakan bagian utama dari *bucket excavator* (Changming, 2012).

Hidrolik *excavator* dapat juga digunakan untuk memindahkan material dan memudahkan pekerjaan berat menjadi lebih ringan. Semakin banyak pengerjaan dengan menggunakan hidrolik *excavator* maka hidrolik *excavator* tersebut akan mengalami *fatigue*. Salah satu bagian hidrolik *exvator* yang dapat mengalami *fatigue* adalah bagian cakar *bucket*. Hal ini terjadi karena cakar *bucket* hidrolik *excavator* mengalami pembebanan pertama saat penggalian tanah. Kalpak (2015) melakukan penelitian analisis pada kegagalan cakar *bucket excavator* dengan menggunakan *software* ANSYS yang berbasis *Finite Element Analysis* (FEA). Dalam penelitiannya Kalpak menyebutkan bahwa cakar *bucket excavator* harus menanggung beban berat dari bahan-bahan seperti tanah dan batu. Cakar *bucket excavator* dapat mengalami keausan dan kerusakan karena beban impact. Cakar *bucket excavator* dapat diganti-ganti sesuai dengan kebutuhan pengerjaan tanah. Selama pengerjaan tanah cakar *bucket excavator* mengalami beban impact dan gesekan yang cukup parah, sehingga *life time* dari cakar *bucket excavator* dapat lebih pendek dan dapat menimbulkan efek negatif pada produktivitas (Changming, 2012). Birenda (2016)

melakukan penelitian analisis pada cakar *bucket excavator* dengan menggunakan *software* ANSYS yang berbasis *Finite Element Analysis* (FEA). Penelitian yang dilakukan untuk membuat analisis deformasi pada cakar *bucket excavator*. Tegangan maksimum terjadi pada sambungan antara *bucket excavator* dan cakar *bucket excavator* dan nilai keausan maksimum terjadi di ujung cakar *bucket excavator*. Bilal (2015) melakukan penelitian analisis terhadap bentuk cakar *excavator*, dalam penelitiannya Bilal menyebutkan bahwa sebuah desain yang buruk untuk cakar *bucket excavator* menyebabkan penggalian buruk dan akhirnya mengurangi efisiensi.

Berbagai penelitian tentang cakar *bucket excavator* telah banyak dilakukan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan kondisi lapangan dan untuk mendapatkan hasil yang efektif dalam melakukan pengerjaan tanah. Bentuk dari cakar *bucket excavator* sangat berpengaruh terhadap pengerjaan tanah. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan desain cakar *bucket excavator* dengan variasi desain cakar *bucket excavator*. Sehingga didapatkan desain cakar *bucket excavator* yang dapat menyerap energi secara optimal saat melakukan pengerjaan tanah.

1.2. Rumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang yang telah ditulis di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana pengaruh bentuk cakar *bucket excavator* terhadap besar penyerapan energi pada cakar *bucket excavator*?
2. Bagaimana pengaruh bentuk cakar *bucket excavator* terhadap deformasi pada cakar *bucket excavator*?

1.3. Batasan Masalah

Untuk mempersempit masalah yang akan diteliti maka diperlukan batasan masalah. Batasan masalah penelitian yang dilakukan penulis adalah

1. Simulasi uji cakar *bucket excavator* dilakukan dengan *software* ANSYS.
2. Geometri model mengikuti sesuai dengan aslinya.
3. Material dianggap *bilinear isotropic hardening*.

1.4. Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah yang telah ditulis di atas maka tujuan penelitian yang diharapkan dari penulis adalah



1. Mengetahui pengaruh bentuk cakar *bucket excavator* terhadap besar penyerapan energi pada cakar *bucket excavator*.

2. Mengetahui pengaruh bentuk cakar *bucket excavator* terhadap deformasi pada cakar *bucket excavator*.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang penulis harapkan antara lain adalah

1. Hasil penelitian penulis diharapkan dapat memberikan wawasan bagi yang membutuhkan.

2. Dapat menjadi literatur untuk penelitian selanjutnya.



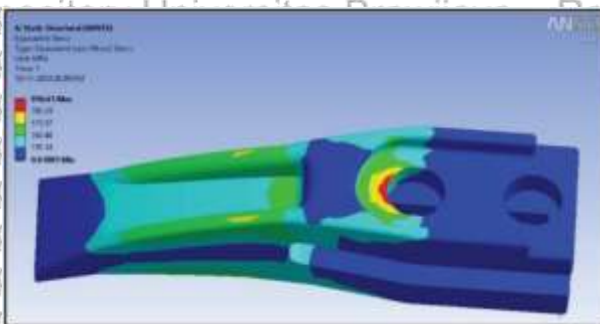
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Sebelumnya

Kalpak (2015) melakukan penelitian analisis pada kegagalan cakar *bucket excavator* dengan menggunakan *software* ANSYS yang berbasis *Finite Element Analysis* (FEA). Dalam penelitiannya Kalpak menyebutkan bahwa cakar *bucket excavator* harus menanggung beban berat dari bahan-bahan seperti tanah dan batu. Cakar *bucket excavator* dapat mengalami keausan dan kerusakan karena beban impact. Material yang digunakan Kalpak adalah AISI 1040. Dapat dilihat pada Gambar 2.1 adalah model cakar *bucket excavator* yang digunakan oleh Kalpak. Sedangkan hasil dari penelitian Kalpak menggunakan *software* ANSYS dapat dilihat pada Gambar 2.2.



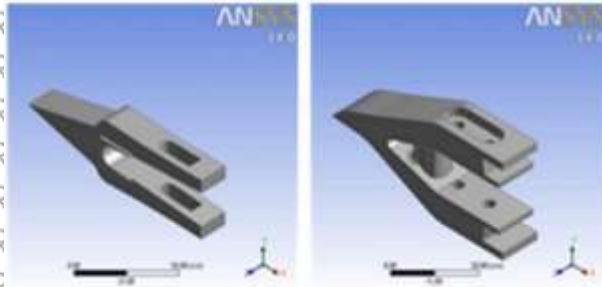
Gambar 2.1 Model penelitian Kalpak
Sumber : Kalpak (2015)



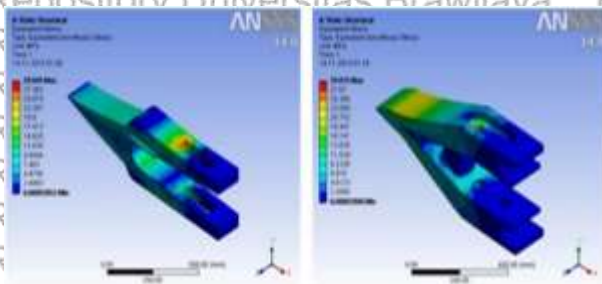
Gambar 2.2 Hasil penelitian Kalpak
Sumber : Kalpak (2015)

Birenda (2016) melakukan penelitian analisis pada cakar *bucket excavator* dengan menggunakan *software* ANSYS yang berbasis *Finite Element Analysis* (FEA). Penelitian yang dilakukan untuk membuat analisis deformasi pada cakar *bucket excavator*. Material

yang digunakan untuk cakar *bucket excavator* adalah AISI 1040. Tegangan maksimum terjadi pada sambungan antara *bucket excavator* dan cakar *bucket excavator* dan nilai keausan maksimum terjadi di ujung cakar *bucket excavator*. Dengan membandingkan dua model, antara model PNH1900 dan IZ-KARTEX (EKG-10), keduanya memiliki nilai tegangan maksimum yang sama tetapi nilai total deformasi lebih tinggi pada model PNH1900.



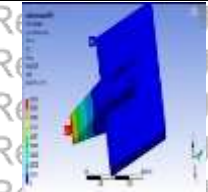
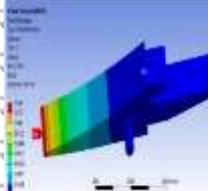
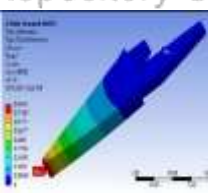
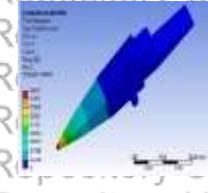
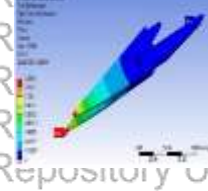
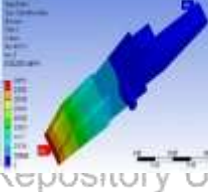
Gambar 2.3 Model penelitian Birenda
Sumber : Birenda (2016)



Gambar 2.4 Hasil penelitian Birenda
Sumber : Birenda (2016)

Bilal (2015) melakukan penelitian analisis terhadap bentuk cakar *bucket excavator* dengan menggunakan software ANSYS yang berbasis *Finite Element Analysis* (FEA). Dalam penelitiannya Bilal menyebutkan bahwa sebuah desain yang buruk untuk cakar *bucket excavator* menyebabkan penggalian buruk dan akhirnya mengurangi efisiensi. Bilal melakukan penelitian dengan menggunakan enam model cakar *bucket excavator* yang berbeda-beda, dapat dilihat pada Tabel 2.1, sedangkan hasil dari penelitian Bilal dapat dilihat pada Tabel 2.2. Bilal menggunakan material *alloy steel* HORDOX-400 untuk *standard bolt on teeth* dan material *alloy steel* HORDOX-500 untuk *fanggs digg teeth*, *long teeth*, *tiger teeth*, *twin tiger teeth*, *twin tiger teeth*, dan *abrasion teeth*.

Tabel 2.1
Model penelitian Bilal

Nama Tipe Cakar	Gambar Cakar	Total Deformation
<i>Std. bolt on teeth</i>		
<i>Fanggs digg teeth</i>		
<i>Long teeth</i>		
<i>Tiger teeth</i>		
<i>Twin tiger teeth</i>		
<i>Abrasion teeth</i>		

Sumber : Bilal (2015)

Tabel 2.2
Hasil penelitian Bilal

Jenis Cakar	Volume Cakar (mm ³)	Maximum total deformation (mm)	Maximum Equivalent von-mises stress (MPa)	Safe/Unsafe
<i>Std. bolt on teeth</i>	2.5475x10 ⁵	0.19219	173.66	Safe
<i>Modified Std. bolt on teeth</i>	2.519 x10 ⁵	0.42151	256.95	Safe

<i>Fanggs digg teeth</i>	1.769×10^5	1.3688	506.24	Safe
<i>Modified Fanggs digg teeth</i>	1.715×10^5	1.4685	530.32	Safe
<i>Long teeth</i>	2.026×10^5	0.84565	430.91	Safe
<i>Modified Long teeth</i>	1.9047×10^5	1.0383	488.08	Safe
<i>Tiger teeth</i>	1.9202×10^5	2.0107	2324.6	Unsafe
<i>Modified Tiger teeth</i>	1.814×10^5	2.1876	2110.1	Unsafe
<i>Twin tiger teeth</i>	2.299×10^5	1.4426	1573.6	Unsafe
<i>Modified Twin tiger teeth</i>	2.2726×10^5	1.4429	894.37	Unsafe
<i>Abrasion teeth</i>	2.062×10^5	0.81511	603	Safe
<i>Modified Abrasion teeth</i>	1.9447×10^5	0.90258	470.7	Safe

Sumber : Bilal (2015)

2.2. Excavator

Excavator merupakan salah satu alat berat yang digunakan dalam bidang konstruksi, bidang pertambangan, dan lain sebagainya. *Excavator* digunakan untuk menggali dan memindahkan materia dari satu tempat ke tempat lainnya. *Excavator* juga dapat membantu suatu pengerjaan yang berat menjadi lebih ringan dan dapat juga mempersingkat waktu pengerjaan.

Sistem penggerak *excavator* dibedakan menjadi dua sistem penggerak yaitu:

1. Sistem Tali

Pada jaman sekarang sistem tali sudah mulai ditinggalkan karena kurang efisien dalam operasionalnya, dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Excavator Sistem Tali
Sumber : József (2010)

2. Sistem Hidraulik

Media utamanya berupa fluida, dengan efisiensi yang lebih baik dibandingkan dengan sistem tali, dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Excavator Sistem Hidraulik
Sumber : Caterpillar (2012)

Excavator yang akan penulis bahas adalah excavator dengan sistem hidraulik.

Beberapa kegunaan excavator adalah untuk :

1. Menggali
2. Menghancurkan
3. Meratakan
4. Mengakut
5. Memindahkan
6. Mengeruk

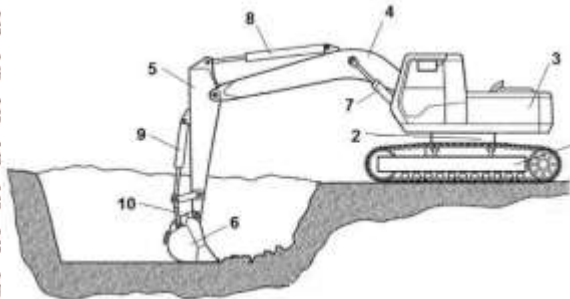
Bagian-bagian utama dari excavator anatara lain: *upper structure*, *lower structure*, dan *attachment structure*. *Upper structure* atau *revolving unit* adalah bagian dari atas excavator yang bisa berputar, sedangkan *lower structure* atau *travel unit* adalah bagian bawah excavator untuk berjalan. *Attachment structure* adalah bagian excavator yang dapat diganti, misalnya adalah bagian cakar dari *bucket excavator*.

2.2.1. Penggerak Excavator

Pada dasarnya tenaga penggerak excavator hidrolik ada dua yaitu *engine type* (diesel) dan *battery type* (motor listrik). Secara umum tenaga penggerak utama excavator hidrolik adalah mesin diesel yang merubah energi mekanik menjadi energi hidrolik melalui tekanan pompa yang kemudian didistribusikan ke silinder hidrolik untuk menghasilkan gerakan. Sedangkan motor listrik untuk menstarter dan menyuplai energi komponen-komponen elektrik seperti dynamo, lampu, alat-alat ukur operator dan sebagainya.

2.2.2. Komponen Excavator

Excavator terdiri dari beberapa komponen, dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Komponen excavator

Sumber : József (2010)

Keterangan :

1. *Bogie undercarriage*
2. *Turn mechanism*
3. *Slewing upper machinery*
4. *Boom*
5. *Arm*
6. *Backacter*
7. *Boom cylinders*



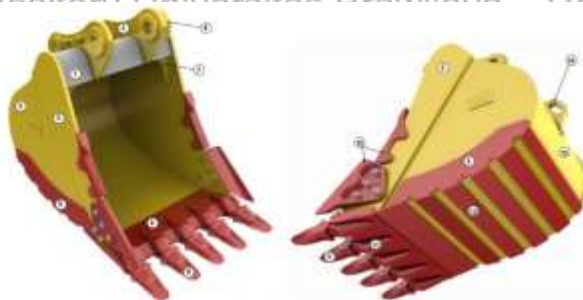
8. *Arm cylinder*

9. *Busket cylinder*

10. *Bucket moving rods*

2.2.3. **Bucket Excavator**

Bucket excavator, dapat dilihat pada Gambar 2.8, berfungsi untuk mengakat atau memindahkan suatu material dari satu tempat ke tempat lainnya untuk mempermudah pengerjaan yang berat menjadi lebih ringan.



Gambar 2.8 *Bucket Excavator Caterpillar*
Sumber : Caterpillar (2011)

Keterangan :

1. *Hinge*
2. *Hinge Plates*
3. *Sidebar*
4. *Side Plate*
5. *Side Wear Plates*
6. *Base Edge*
7. *Gussets*
8. *Adjuster Group*
9. *Teeth*
10. *Sidecutters & Sidebar Peotectors*
11. *2-Strap Adapters*
12. *Wrapper*
13. *Horizontal Bottom Wear Plates*
14. *Lift Eye*

2.2.4. Tipe Cakar Bucket Excavator

Tipe cakar *bucket excavator* banyak sekali jenis. Tipe cakar *bucket excavator* digunakan sesuai dengan kebutuhan pengerjaan tanah.

1. Penetration Plus

Cakar *bucket excavator* tipe *penetration plus* direkomendasikan untuk sebagian besar aplikasi *excavator* termasuk dalam penggalian impak tinggi, penggalian, dan pemuatan. Dapat melakukan penembusan dengan baik dan tetap tajam dalam penggalian



Gambar 2.9 Cakar Bucket Excavator Penetration Plus
Sumber : Caterpillar (2011)

2. Penetration

Cakar *bucket excavator* tipe *penetration* direkomendasikan untuk menembus material yang sulit dan material abrasif yang lebih rendah.



Gambar 2.10 Cakar Bucket Excavator Penetration
Sumber : Caterpillar (2011)

3. General Duty

Cakar *bucket excavator* tipe *general duty* direkomendasikan untuk penggalian umum, penggalian yang membutuhkan impak, dan material penggalian yang bersifat abrasif.



Gambar 2.11 Cakar Bucket Excavator General Duty
Sumber : Caterpillar (2011)

4. Extra Duty

Cakar bucket excavator tipe extra duty direkomendasikan untuk penggalian umum.



Gambar 2.12 Cakar Bucket Excavator Extra Duty
Sumber : Caterpillar (2011)

5. Wide

Cakar bucket excavator tipe wide direkomendasikan untuk aplikasi penggalian yang mudah ditembus.



Gambar 2.13 Cakar Bucket Excavator Wide
Sumber : Caterpillar (2011)

6. Heavy Abrasion

Cakar bucket excavator tipe heavy abrasion digunakan pada excavator ketika bekerja di pasir, kerikil dan batuan.



14



Gambar 2.14 Cakar Bucket Excavator Heavy Abrasion

Sumber : Caterpillar (2011)

7. Spike

Cakar bucket excavator tipe spike direkomendasikan untuk penembusan maksimal, terutama di bahan kohesif.



Gambar 2.15 Cakar Bucket Excavator Spike

Sumber : Caterpillar (2011)

8. Double Spike

Cakar bucket excavator tipe double spike direkomendasikan untuk, bahan *fracturable* yang sulit ditembus.



Gambar 2.16 Cakar Bucket Excavator Double Spike

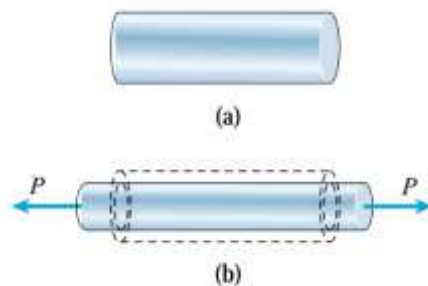
Sumber : Caterpillar (2011)

2.3. Deformasi

Deformasi adalah perubahan bentuk, dimesi, dan posisi dari suatu material. Material yang terdeformasi disebabkan oleh *force* (gaya) yang mengenai material tersebut. Apabila suatu batang prismatis dibebani tarik, perpanjangan aksialnya disertai dengan kontraksi lateral (yaitu kontraksi tegak lurus arah beban). Perubahan bentuk ini dapat dilihat pada Gambar 2.17, di mana bagian (a) menunjukkan batang sebelum pembebanan dan bagian (b)



menunjukkan batang setelah pembebanan. Dalam bagian (b), garis putus menunjukkan bentuk batang sebelum pembebanan.

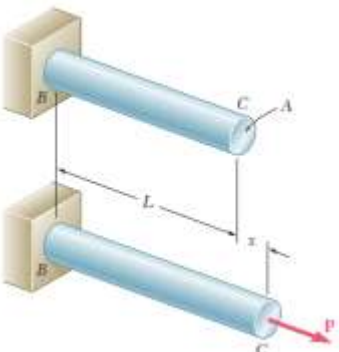


Gambar 2.17 (a) Batang sebelum pembebanan dan (b) batang sesudah pembebanan
Sumber : Gere (2004 :24)

Material yang mempunyai besaran yang sama dalam semua arah disebut isotropik. Jika besarananya berbeda pada berbagai arah, material tersebut disebut anisotropik (atau aelotropik). Kasus khusus dari anisotropik terjadi jika besaran pada arah tertentu sama di seluruh bahan dan besaran di semua arah yang tegak lurus arah tersebut sama maka bahan itu disebut ortotropik. Untuk suatu material yang mengalami beban tarik, regangan aksial positif dan regangan lateral negatif. Untuk material yang mengalami beban tekan, regangan aksial adalah negatif (lebih pendek) dan regangan lateral positif (lebih lebar).

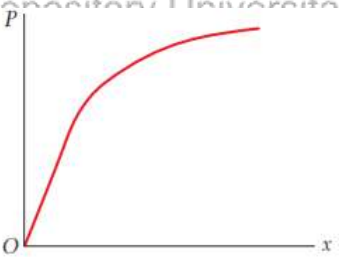
2.4. Energi Regangan

Energi regangan banyak digunakan untuk untuk mengetahui respon struktur baik terhadap beban statik ataupun dinamik. Gambar 2.18 memperlihatkan batang dengan panjang L dikenai gaya tarik secara aksial sebesar P . Beban P adalah beban statik yang bekerja dari nol hingga titik maksimum ketika beban mencapai nilai maksimum sebesar P . Beban P menyebabkan perpindahan sejauh δ , sehingga dapat dikatakan bahwa P telah melakukan kerja terhadap batang.



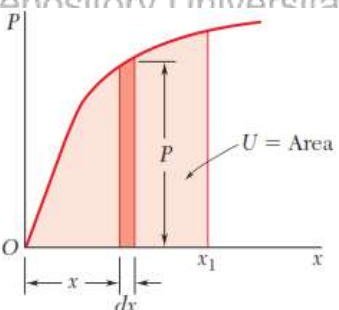
Gambar 2.18 Pembebanan aksial pada batang
Sumber : Beer (2012 : 694)

Apabila pembebanan aksial dilakukan selama waktu tertentu maka hubungan antara beban dan deformasi pada batang digambarkan dalam grafik hubungan *load* terhadap *displacement* seperti Gambar 2.19.



Gambar 2.19 Grafik hubungan *load* terhadap *displacement*
Sumber : Beer (2012 : 695)

Usaha (*work*) ini kemudian diubah menjadi energi regangan dengan mengabaikan perubahan energi ke bentuk lainnya. Besarnya energi regangan diperoleh berdasarkan luasan di bawah kurva pada grafik hubungan *load* terhadap *displacement* yang ditunjukkan pada Gambar 2.20.



Gambar 2.20 Grafik *strain energy*
Sumber : Beer (2012 : 695)



Besarnya energi regangan (dU) pada deformasi yang kecil (dx) akibat beban P dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$W = dU = P dx \dots\dots\dots (2-1)$$

sehingga total energi regangan yang terjadi pada luasan di bawah kurva load-displacement antara titik 0 sampai x_1 dapat dituliskan dalam persamaan :

$$W = U = \int_0^{x_1} P dx \dots\dots\dots (2-2)$$

Keterangan :

W = Usaha (work)

U = energi regangan (J)

P = beban (N)

x = perpindahan (m)

Rumus energi regangan dalam kondisi elastis dapat ditulis :

$$U = W = \frac{P\delta}{2} \dots\dots\dots (2-3)$$

Di mana dapat diperoleh hubungan antara perpindahan dengan beban:

$$\delta = \frac{PL}{EA} \dots\dots\dots (2-4)$$

Dan persamaan energi regangan dapat dirumuskan menjadi :

$$U = \frac{P^2 L}{2EA} \dots\dots\dots (2-5)$$

Keterangan :

U = energi regangan (J)

P = beban (N)

L = panjang (mm)

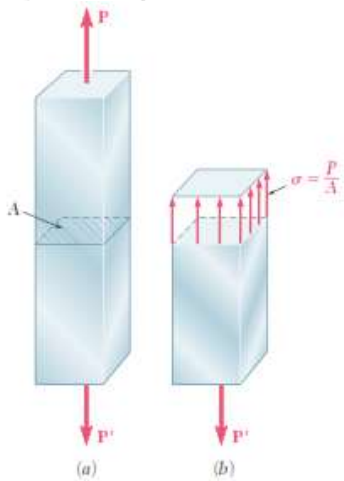
E = modulus elastisitas

A = luas penampang (mm^2)

2.5. Tegangan dan Regangan

Tegangan (*stress*) adalah gaya yang terdistribusi pada setiap satuan luas penampang.

Tegangan dibagi menjadi tegangan normal dan tegangan geser. Tegangan normal adalah tegangan yang disebabkan oleh gaya yang arahnya tegak lurus terhadap penampangnya, dapat dilihat pada Gambar 2.21.



Gambar 2.21 Tegangan normal pada material

Sumber: Beer (2006:5)

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \dots \dots \dots (2-6)$$

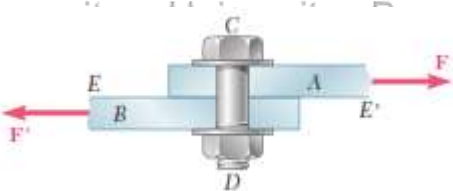
Keterangan :

σ = Tegangan normal (N/m²)

F = Gaya normal (N)

A = Luas permukaan dimana gaya bekerja (m²)

Sedangkan tegangan geser adalah tegangan yang disebabkan oleh gaya yang bekerja searah dengan luas permukaan benda. Tegangan geser dapat dilihat pada gambar 2.22.



Gambar 2.22 Tegangan geser pada material

Sumber: Beer (2012: 10)

$$\tau = \frac{F_s}{A} \quad \dots \dots \dots (2-7)$$

Keterangan :

τ = Tegangan geser (N/m²)

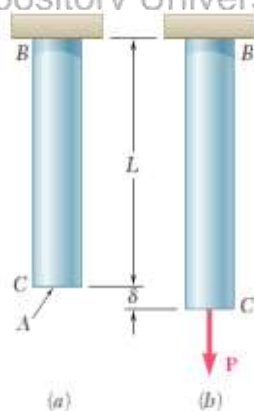
F_s = Gaya geser (N)

A = Luas permukaan benda dimana gaya bekerja (m²)

Bila suatu benda diberi gaya maka akan terjadi tegangan pada benda tersebut. Tegangan yang terjadi akan menimbulkan regangan. Pada dasarnya, tegangan adalah suatu besaran yang tidak dapat diukur, sedangkan regangan bisa diukur. Regangan didefinisikan



sebagai perbandingan antara perubahan panjang dengan panjang awal suatu benda, dapat dilihat pada Gambar 2.23.



Gambar 2.23 Regangan pada material
Sumber : Beer (2012: 66)

$$\epsilon = \frac{\delta}{L_0} \quad \text{..... (2-8)}$$

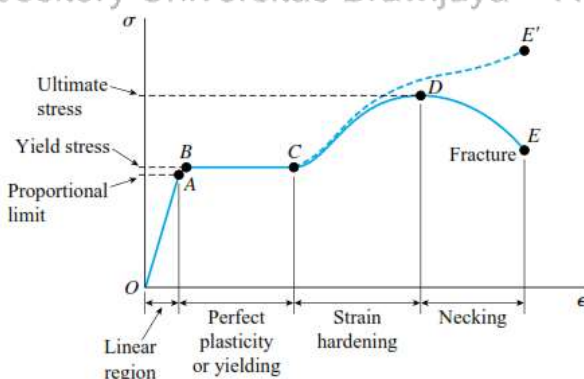
Keterangan :

ϵ = Regangan

δ = Perubahan panjang (m)

L_0 = Panjang awal (m)

Perbandingan antara tegangan dan regangan disebut modulus elastisitas (E) atau *Modulus Young*. Modulus elastisitas ini berlaku pada garis lurus sebelum batas proporsional atau berlaku pada daerah elastis material saja. Hubungan antara tegangan dan regangan dapat dilihat pada kurva tegangan dan regangan seperti pada Gambar 2.24.



Gambar 2.24 Grafik hubungan tegangan dan regangan
Sumber : Gere (2004 : 15)

2.6. Software Berbasis FEM

Software yang berbasis elemen hingga ini mempunyai kelebihan yaitu kemampuan untuk mendiskritisasi model dengan sangat halus, mampu bekerja dengan elemen lebih banyak dan menghasilkan output dengan ketelitian tinggi. ANSYS dapat digunakan untuk menganalisis antara lain: struktural, termal, listrik, magnetis, dan fluida.

Secara umum langkah-langkah analisis dengan menggunakan *software* berbasis FEM dibagi menjadi tiga, yaitu *Preprocessing* (Proses Awal), *Solution* (Proses Solusi) dan *Postprocessing* (Proses Pembacaan Hasil).

1. *Preprocessing* (Proses Awal)

- Mendefinisikan jenis analisis yang dipakai (*analysis type*).
- Pemodelan geometri: dilakukan proses modeling geometri baik 1D, 2D atau 3D.
- Pemilihan tipe elemen: digunakan untuk mendiskritisasikan model yang dibuat.
- Material properties: input data material yang digunakan.
- Meshing: pembagian struktur menjadi elemen-elemen kecil/elemen diskrit.
- Memasukkan kondisi batas (*constrain*).
- Menerapkan pembebanan.

2. *Solution* (Proses Solusi)

- Merupakan proses penyelesaian dari kondisi-kondisi yang telah diberikan pada tahap preprocessing.

3. *General Postprocessing* (Proses Pembacaan Hasil)

- *Plot result*: gambar dengan warna untuk mengelompokkan suatu rentang nilai
- *List result*: tabel angka-angka hasil perhitungan oleh simulasi
- Animasi: gambar bergerak hasil simulasi

2.7. Simulasi Pendahuluan

Berdasarkan tinjauan pustaka di atas, maka dapat dilakukan simulasi pendahuluan. Simulasi pendahuluan dilakukan dengan model sederhana untuk melihat perbedaan hasil yang didapatkan. Hasil dari simulasi pendahuluan dapat dilihat pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4.

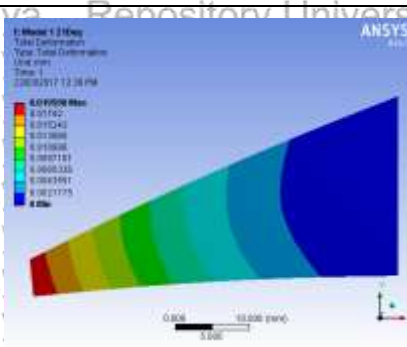
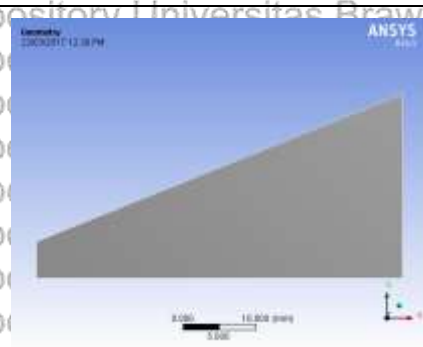


Tabel 2.3
Model 1 Perbedaan Sudut

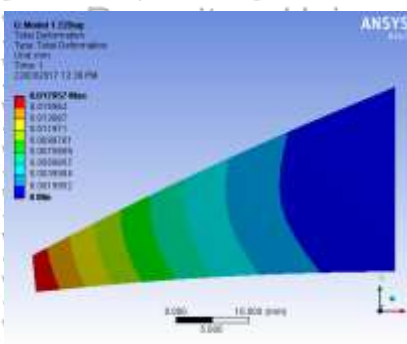
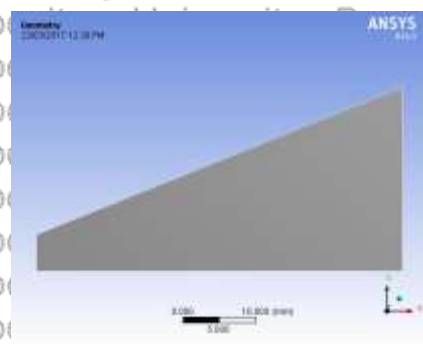
Model Simulasi

Total Deformasi

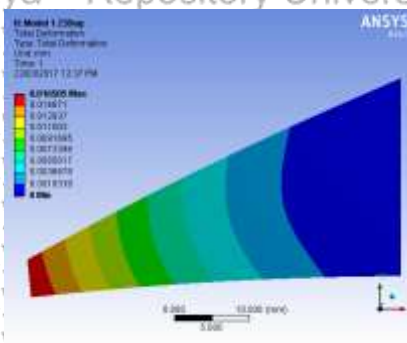
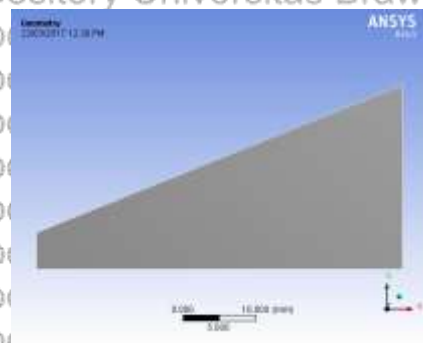
Nilai
Maksimal
(mm)



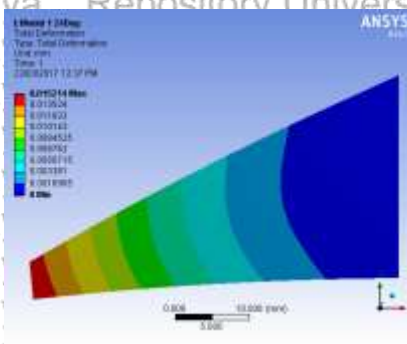
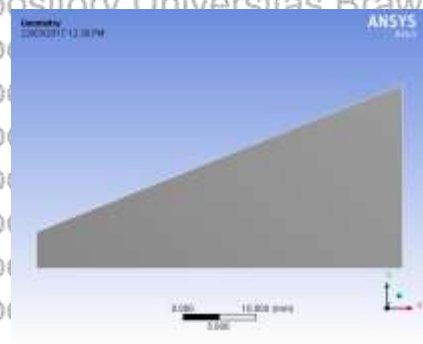
0.019598



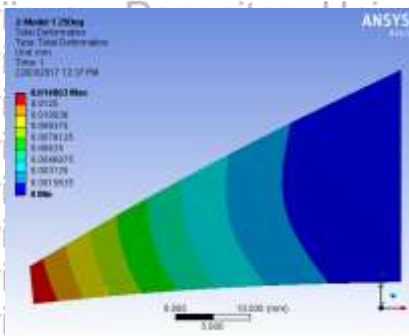
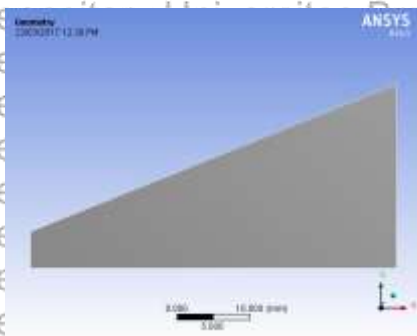
0.017957



0.016505



0.015214

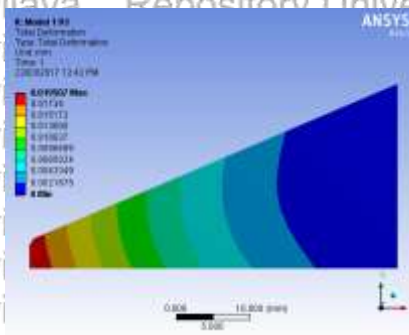
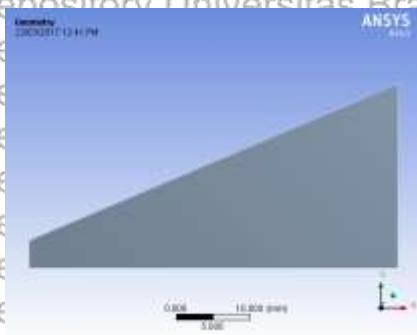


0.014063

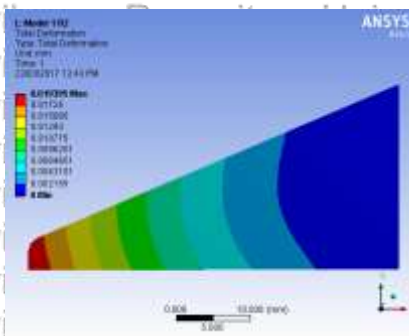
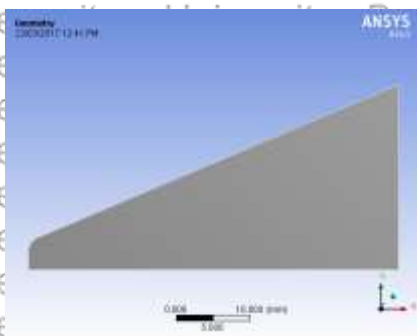
Tabel 2.4
Model 1 Perbedaan Jari-Jari *Fillet*

Model Simulasi

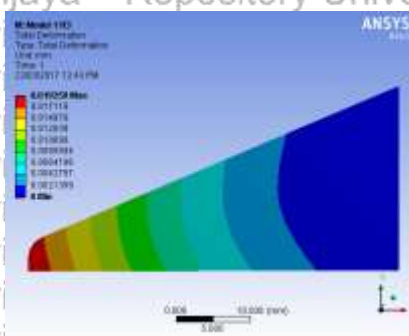
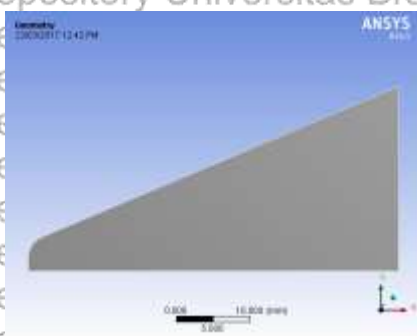
Total Deformasi

Nilai
Maksimal
(mm)

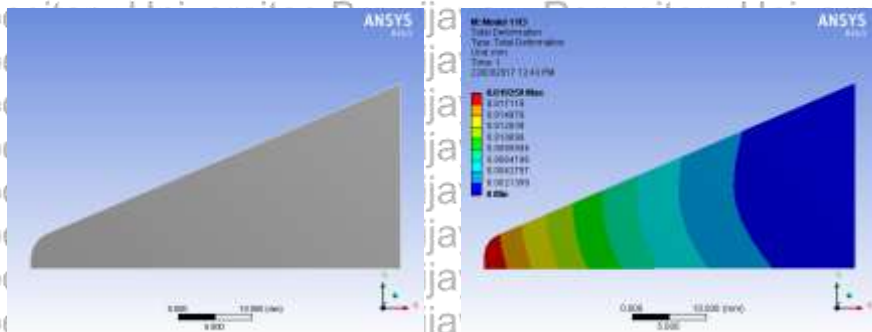
0.019507



0.019359



0.019259



2.8. Hipotesis

Berdasarkan tinjauan pustaka di atas, maka diperoleh hipotesis bahwa bentuk cakar *bucket excavator* dengan besar sudut dan ukuran *fillet* yang bervariasi akan mempengaruhi hasil penyerapan energi dan deformasi.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan simulasi komputer menggunakan *software* berbasis metode elemen hingga. Untuk mendapatkan data informasi tambahan diperoleh melalui studi literatur dari buku pustaka, jurnal penelitian dan internet. Berdasarkan data-data tersebut simulasi uji cakar *bucket excavator* dapat dilakukan dan hasil berupa penyerapan energi dan deformasi pada cakar *bucket excavator* dapat diperoleh.

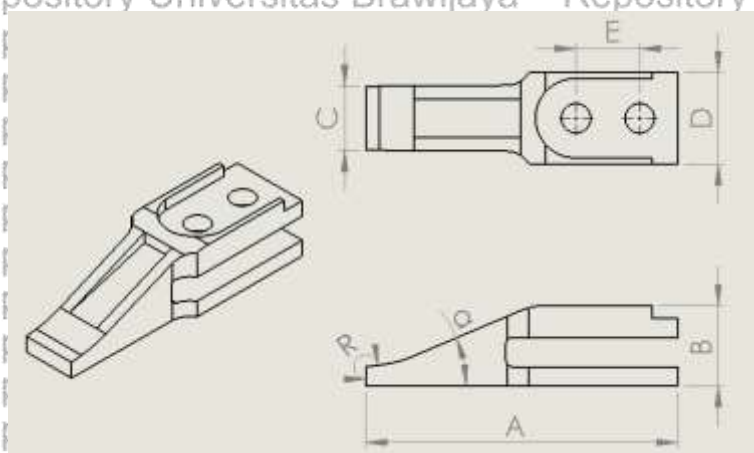
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Studio Perancangan dan Rekayasa Sistem, Teknik Mesin, Universitas Brawijaya pada Bulan November 2016 hingga selesai.

3.3. Variable dan Variasi Pemodelan Cakar *Bucket Excavator*

Variable dan variasi cakar *bucket excavator* yang digunakan untuk cakar *bucket excavator* pada penelitian ini diadopsi dari penelitian sebelumnya dengan sedikit modifikasi.

Variable dan variasi cakar *bucket excavator* model 1 dapat dilihat pada Gambar 3.1, Tabel 3.1, Tabel 3.2, Tabel 3.3, dan Tabel 3.4. Variable dan variasi cakar *bucket excavator* model 2 dapat dilihat pada Gambar 3.2, Tabel 3.5, Tabel 3.6, Tabel 3.7, dan Tabel 3.8.



Gambar 3.1 Bentuk cakar *bucket excavator* model 1



26

Tabel 3.1
Variable Terkontrol Dimensi Penelitian Model 1

Dimensi Penelitian	
A (mm)	245
B (mm)	63
C (mm)	50
D (mm)	72
E (mm)	50

Tabel 3.2
Variable Bebas Dimensi Penelitian Model 1

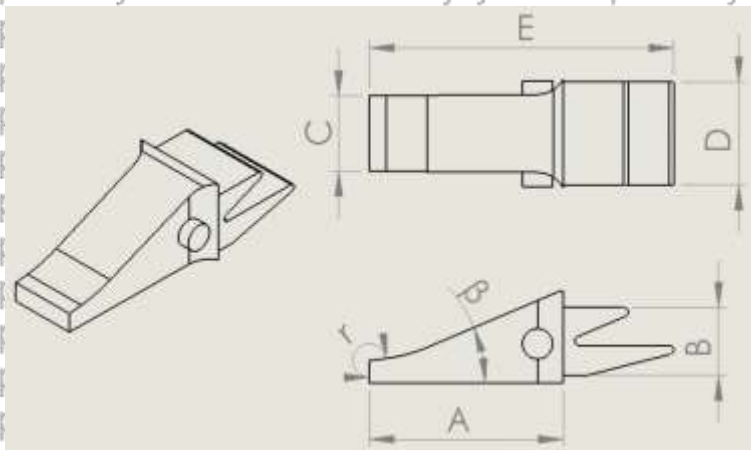
Dimensi Penelitian	
$\alpha 1 (^{\circ})$	23
$\alpha 2 (^{\circ})$	21
$\alpha 3 (^{\circ})$	19
$\alpha 4 (^{\circ})$	25
$\alpha 5 (^{\circ})$	27
R1 (mm)	0
R2 (mm)	2
R3 (mm)	4
R4 (mm)	6
R5 (mm)	8

Tabel 3.3
Variasi Penelitian Model 1 Perbedaan Sudut

	$\alpha 1 R1$	$\alpha 2 R1$	$\alpha 3 R1$	$\alpha 4 R1$	$\alpha 5 R1$
Model 1 (M1)	M1 $\alpha 1 R1$	M1 $\alpha 2 R1$	M1 $\alpha 3 R1$	M1 $\alpha 4 R1$	M1 $\alpha 5 R1$

Tabel 3.4
Variasi Penelitian Model 1 Perbedaan Jari-Jari

	$\alpha 1 R2$	$\alpha 1 R3$	$\alpha 1 R4$	$\alpha 1 R5$
Model 1 (M1)	M1 $\alpha 1 R2$	M1 $\alpha 1 R3$	M1 $\alpha 1 R4$	M1 $\alpha 1 R5$



Gambar 3.2 Bentuk cakar bucket excavator model 2

Tabel 3.5
Variable Terkontrol Dimensi Penelitian Model 2

Dimensi Penelitian	
A (mm)	128
B (mm)	45
C (mm)	50
D (mm)	68
E (mm)	201

Tabel 3.6
Variable Bebas Dimensi Penelitian Model 2

Dimensi Penelitian	
β_1 (°)	23
β_2 (°)	19
β_3 (°)	21
β_4 (°)	25
β_5 (°)	27
r1 (mm)	0
r2 (mm)	2
r3 (mm)	4
r4 (mm)	6
r5 (mm)	8

Tabel 3.7
Variasi Penelitian Model 2 Perbedaan Sudut

	β_{1r1}	β_{2r1}	β_{3r1}	β_{4r1}	β_{5r1}
Model 2 (M2)	M2 β_{1r1}	M2 β_{2r1}	M2 β_{3r1}	M2 β_{4r1}	M2 β_{5r1}

Tabel 3.8
Variasi Penelitian Model 2 Perbedaan Jari-Jari

	β_{1r2}	β_{1r3}	β_{1r4}	β_{1r5}
Model 2 (M2)	M2 β_{1r2}	M2 β_{1r3}	M2 β_{1r4}	M2 β_{1r5}

3.4. Material Cakar *Bucket Excavator*

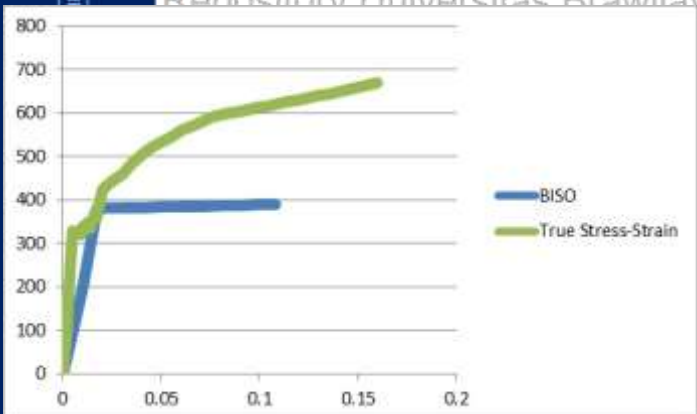
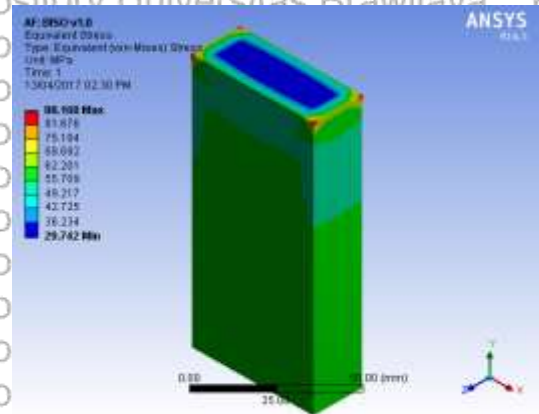
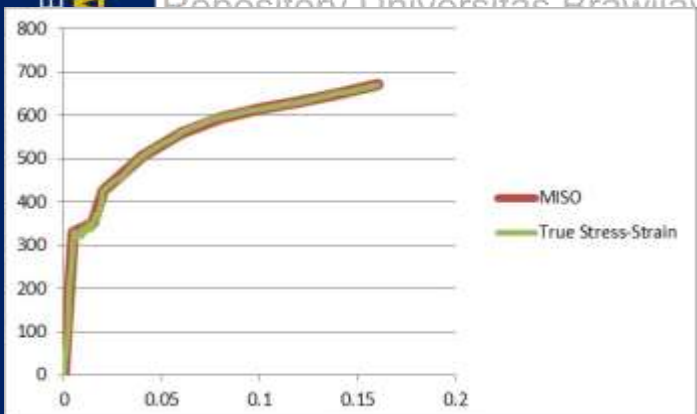
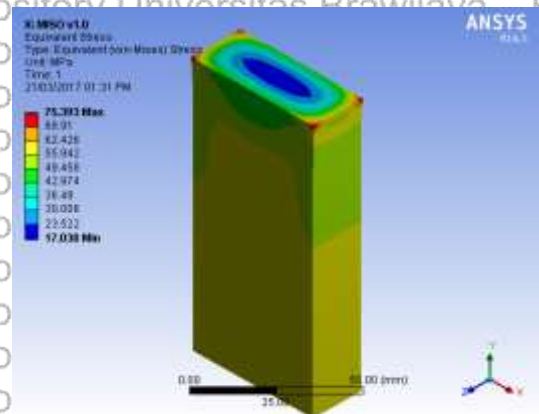
Material yang digunakan untuk cakar *bucket excavator* pada penelitian ini diadopsi dari penelitian sebelumnya oleh Kalpak (2015), yaitu AISI 1040. Properti material ditunjukkan pada Tabel 3.9. Material dianggap *bilinear isotropic hardening* karena menurut hasil simulasi pendahuluan, dapat dilihat pada tabel 3.10, material *bilinear isotropic hardening* memiliki hasil *equivalent (von-Mises) stress* lebih tinggi dibandingkan *multilinear isotropic hardening*. *Bilinear isotropic hardening* memiliki hasil lebih tinggi dibandingkan *multilinear isotropic hardening* karena titik *ultimate* pada *bilinear isotropic hardening* dianggap lebih tinggi dari *multilinear isotropic hardening*. Nilai dari *tangent modulus* membuat titik *ultimate bilinear isotropic hardening* menjadi lebih tinggi.

Tabel 3.9
Properti Material AISI 1040

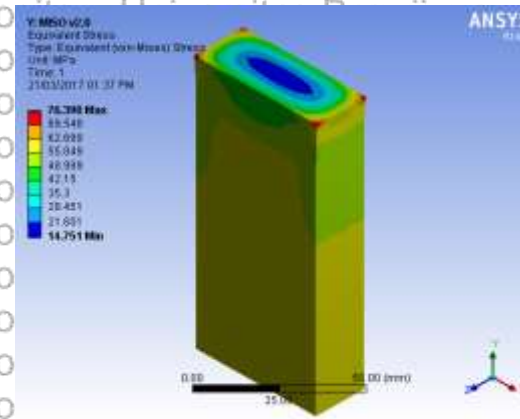
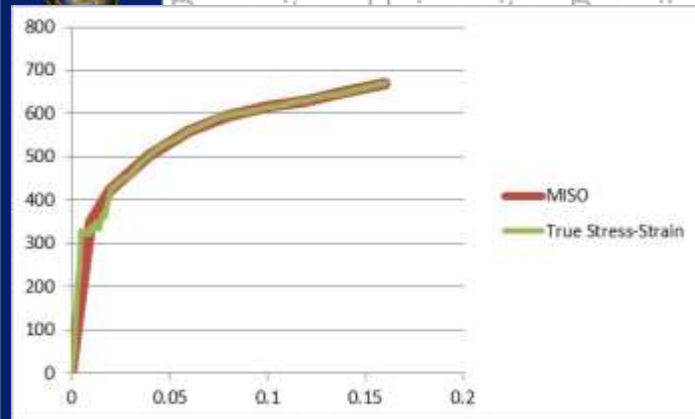
	AISI 1040
<i>Density (kg/m³)</i>	7845
<i>Poisson's Ratio</i>	0.29
<i>Modulus Elasticity (Gpa)</i>	205
<i>Ultimate Tensile Strength (MPa)</i>	670
<i>Yield Tensile Strength (MPa)</i>	380
<i>Tangent Modulus (MPa)</i>	1933.34

Sumber : Burak (2013)

Tabel 3.10
Perbandingan antara *Bilinear Isotropic Hardening* dengan *Multilinear Isotropic Hardening*

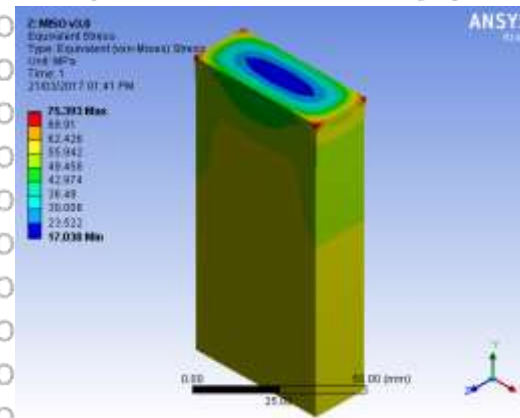
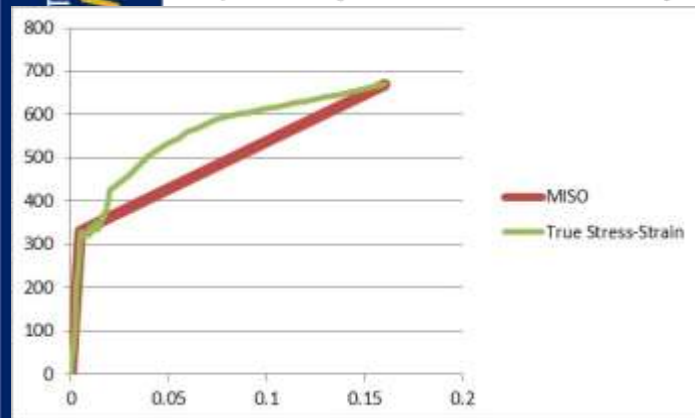
No	Grafik Perbandingan	<i>Equivalent (von-Mises) Stress</i>	Nilai Maksimal (Mpa)
1			88.168
2			75.393

3



76.398

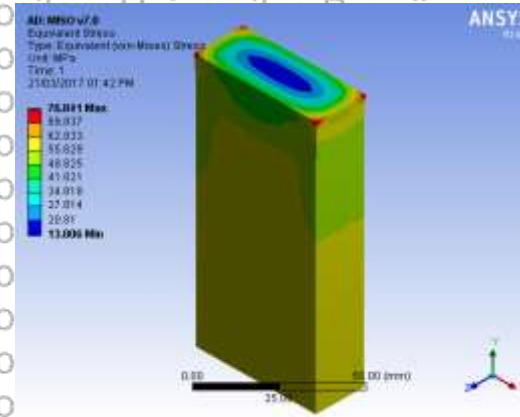
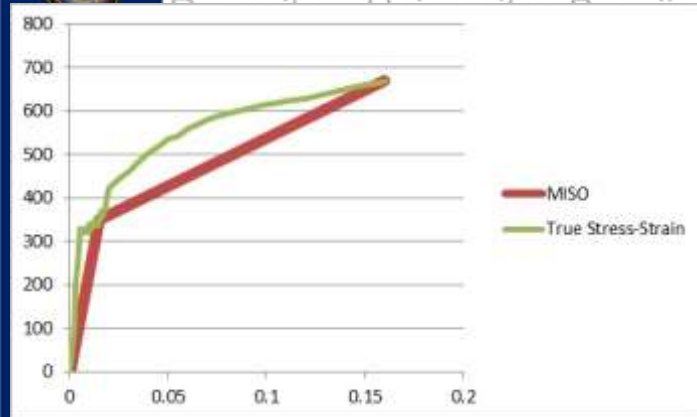
4



75.393

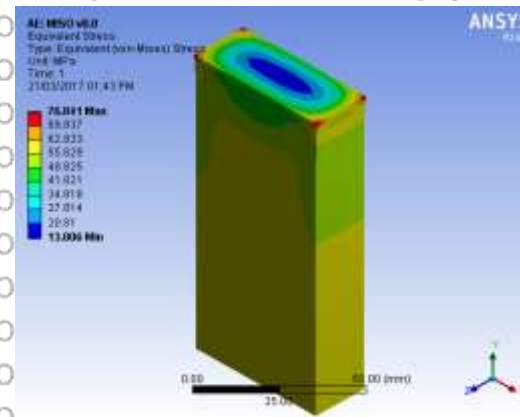
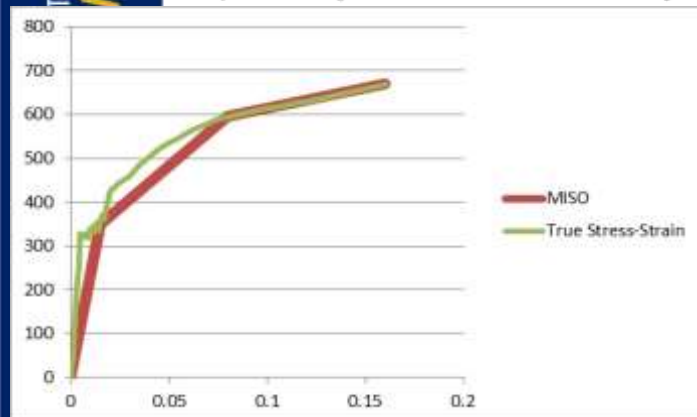
30

5



76.841

6



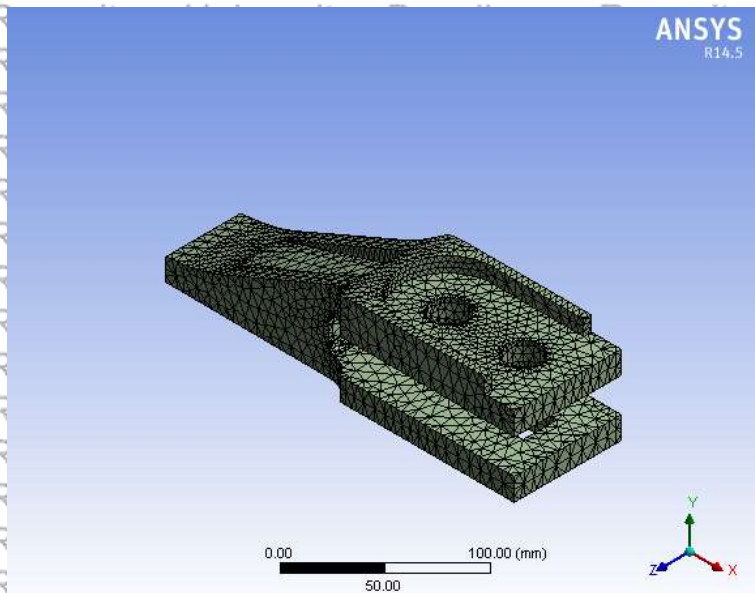
76.841

3.5. Meshing

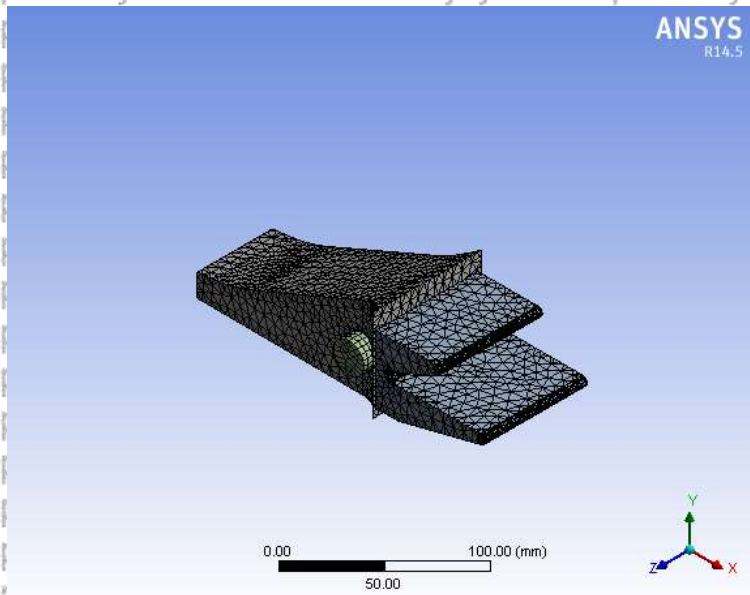
Meshing merupakan proses diskritisasi daerah domain perhitungan dari yang semula berupa elemen tak terhingga (*infinite element*) menjadi elemen yang berhingga (*finite element*) sehingga dapat dihitung. Setiap elemen akan saling terhubung dan membentuk *nodes*, pada *nodes* inilah perhitungan dilakukan. Semakin banyak pembagian elemen maka *nodes* yang terbentuk akan semakin banyak pula, sehingga perhitungan akan semakin akurat.

Meshing pada ANSYS Workbench 14.5 dapat dilakukan secara otomatis dan manual.

Meshing otomatis berarti menggunakan *meshing default* dari program, sedangkan *meshing* manual yaitu dengan melakukan *size control* pada pada elemen. Pada penelitian ini *cakar bucket excavator* menggunakan *meshing default*, dapat dilihat pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4.



Gambar 3.3 Meshing cakar bucket excavator model 1

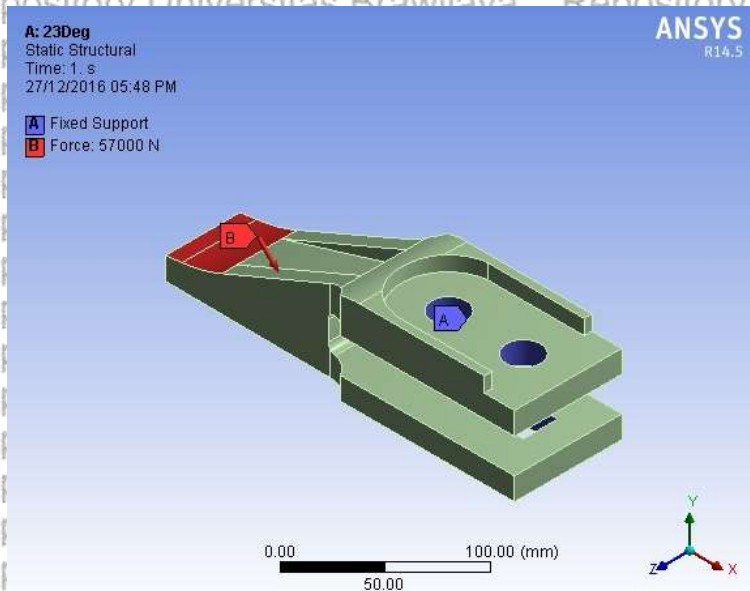


Gambar 3.4 Meshing cakar bucket excavator model 2

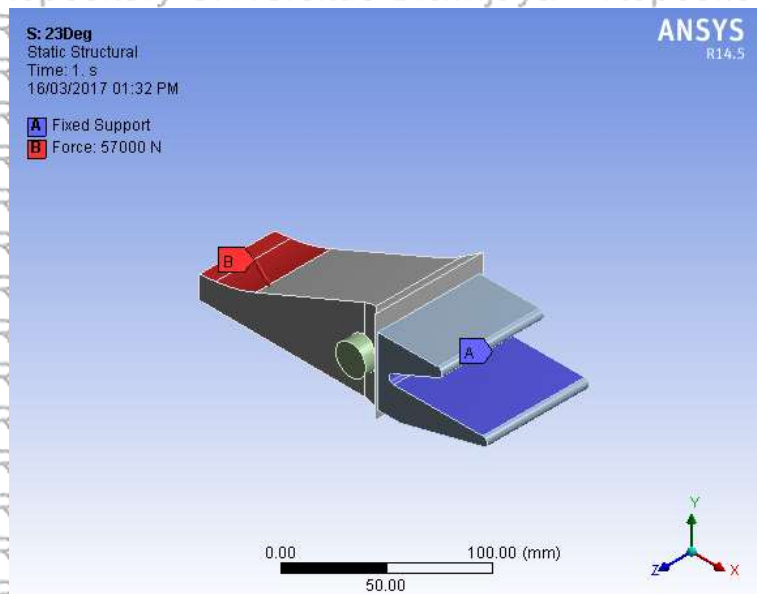
3.6. Kondisi Analisis

Kondisi analisis yang akan digunakan dalam simulasi adalah kondisi analisis yang didapatkan dari pengujian sebelumnya. Kondisi analisis yang digunakan dapat dilihat pada

Gambar 3.5 dan Gambar 3.6



Gambar 3.5 Kondisi analisis cakar bucket excavator model 1



Gambar 3.6 Kondisi analisis cakar *bucket excavator* model 2

3.7. Verifikasi Penelitian

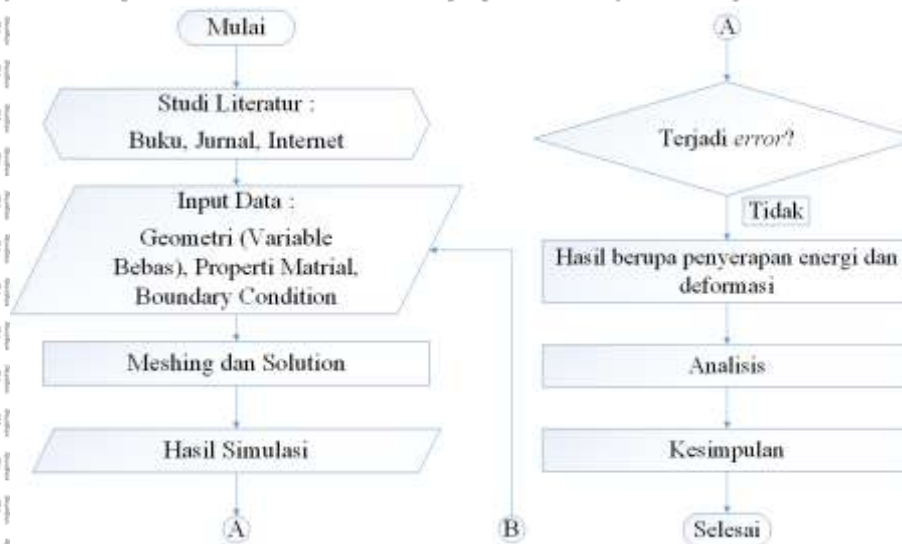
Verifikasi penelitian dikatakan berhasil apabila pada cakar *bucket excavator* model 1 didapatkan hasil *equivalent (von-mises) stress* maksimal sebesar 956.61MPa (Kalpak, 2015) dan pada cakar *bucket escavator* model 1 didapatkan hasil *equivalent (von-mises) stress* maksimal sebesar 506.24MPa (Bilal, 2015).

3.8. Prosedur Penelitian

1. Penelitian dimulai dengan mencari literatur dan jurnal penelitian sebagai penelitian ini.
2. Penelitian dilakukan dengan simulai menggunakan *software* berbasis metode elemen hingga atau *finite elemen method*, sistem analisis yang digunakan adalah *static structural*.
3. Simulasi dimulai dengan melakukan validasi terhadap cakar *bucket excavator* yang telah diteliti oleh Kalpak (2015) dan Bilal (2015). Setelah membuat geometri, mengatur *boundary condition*, dan melakukan *meshing*, maka dilakukan proses *solving*.
4. Jika besarnya nilai hasil validasi memiliki trendline data yang sama dengan penelitian yang dilakukan Kalpak (2015) dan Bilal (2015), maka dapat dikatakan bahwa prosedur simulasi yang digunakan telah sesuai dan valid.
5. Analisis dan pembahasan hasil pengujian dari masing-masing model.
6. Penarikan kesimpulan.

3.9. Diagram Alir Penelitian

Alur pelaksanaan simulasi sesuai dengan diagram alir (*flowchart*) penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.7.



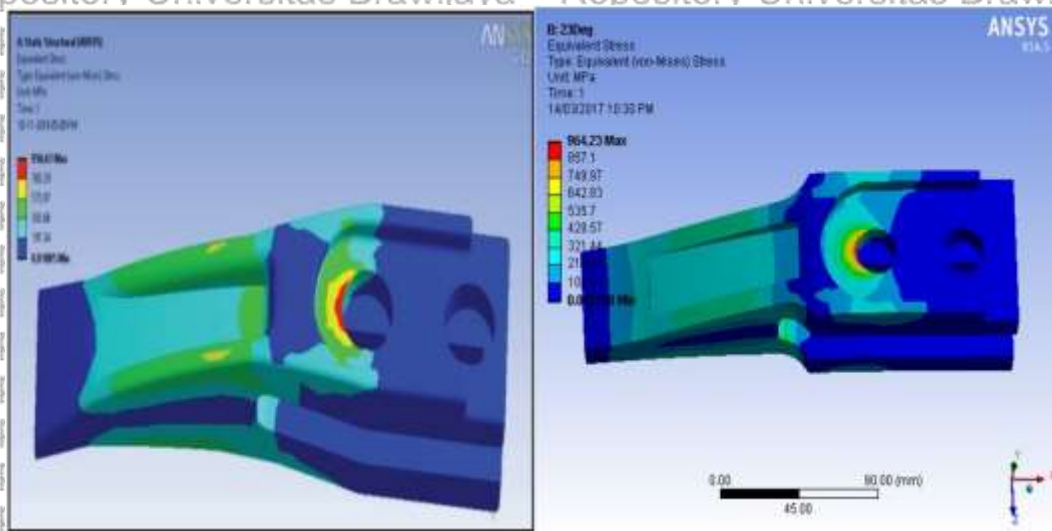
Gambar 3.7 Diagram alir penelitian



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

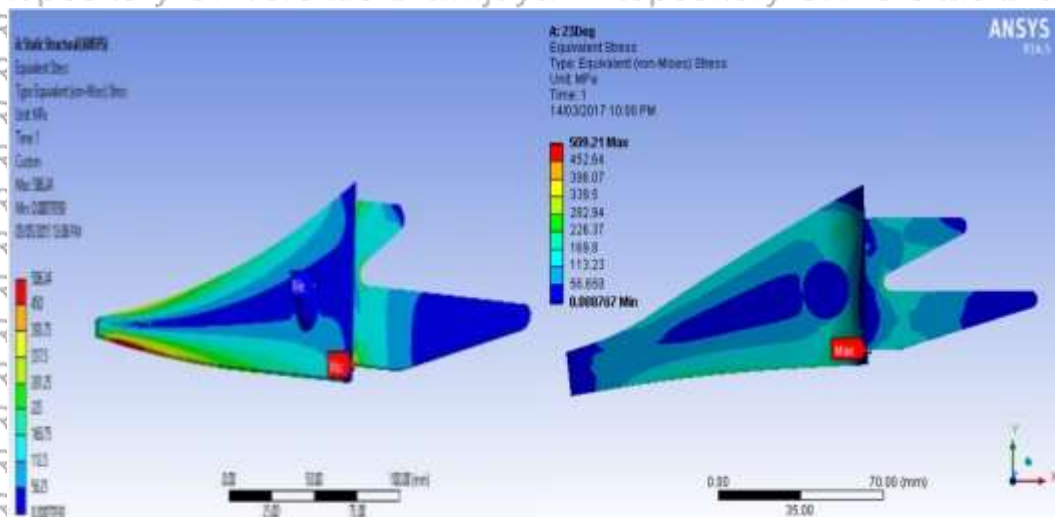
4.1. Verifikasi Hasil Simulasi

Verifikasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi dengan hasil penelitian guna mengetahui besarnya error. Verifikasi pada penelitian ini dilakukan dengan membandingkan simulasi terhadap hasil penelitian dari jurnal Kalpak (2015) dan Bilal (2015). Verifikasi dilakukan dengan mensimulasikan cakar *bucket excavator* dengan model 1 dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan model 2 dapat dilihat pada Gambar 3.2 dengan material AISI 1040. Cakar *bucket excavator* menerima beban sebesar 57000N. Adapun hasil verifikasi simulasi untuk model 1 dapat dilihat pada Gambar 4.1, sedangkan untuk model 2 dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.1 Perbandingan hasil simulasi model 1

$$Ea_{error} = \left[\frac{(\bar{\sigma} - a)}{\bar{\sigma}} \right] \times 100 \% = \frac{(964.23 - 956.61)}{964.23} \times 100 \% = 0.79\%$$



Gambar 4.2 Perbandingan hasil simulasi model 2

$$Ea_{error} = \left[\frac{(\bar{a} - a)}{\bar{a}} \right] \times 100 \% = \frac{(509.21 - 506.24)}{509.21} \times 100 \% = 0.58\%$$

Dari perhitungan error di atas didapatkan error yang terjadi pada model 1 sebesar 0.79% dan error yang terjadi pada model 2 sebesar 0.58%. Penyimpangan dapat disebabkan oleh ukuran *mesh* dan pemodelan material cakar *bucket excavator*, serta faktor lain yang tidak disebutkan pada jurnal penelitian Kalpak (2016) dan Bilal (2015). Pada simulasi menggunakan software berbasis *finite element method*, ukuran *mesh* memiliki pengaruh yang besar terhadap hasil simulasi. Semakin kecil ukuran *mesh* maka geometri cakar *bucket excavator* akan semakin mendekati geometri sebenarnya, sehingga penyimpangan yang terjadi akan semakin kecil. Pemodelan yang digunakan adalah *bilinear isotropik hardening*, yaitu pemodelan material terdiri dari dua garis linear pada daerah elastis dan daerah plastis hingga *ultimate strenght* saja (belum mencapai failure). Jika pemodelan material lebih kompleks, maka hasil simulasi akan semakin mendekati sebenarnya.

4.2. Hasil Simulasi Cakar *Bucket Excavator*

Hasil simulasi cakar *bucket excavator* dapat dilihat pada lampiran, dari hasil simulasi cakar *bucket excavator* dengan memodifikasi model cakar *bucket excavator* didapat nilai total deformation yang berbeda-beda. Nilai deformasi yang berbeda-beda dapat mempengaruhi waktu saat pengerjaan tanah. Nilai deformasi yang rendah dapat mempercepat waktu pengerjaan tanah, karena apabila nilai deformasi semakin tinggi akan membuat cakar *bucket excavator* mengalami kegagalan lebih cepat.



4.3. Analisis Hasil Simulasi Deformasi dan Penyerapan Energi Cakar *Bucket*

Excavator

4.3.1. Analisis Deformasi pada Variasi Cakar *Bucket Excavator*

Analisis pada cakar *bucket excavator* model 1 meninjau pengaruh bentuk cakar *bucket excavator* terhadap nilai deformasi pada bentuk cakar *bucket excavator*. Sudut dari bentuk cakar *bucket excavator* dijadikan sebagai variasi bebas untuk mendapatkan nilai deformasi. Data nilai deformasi pada setiap desain cakar *bucket excavator* dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1

Data Total Deformasi Maksimal pada Perbedaan Sudut Cakar *Bucket Excavator*

Model	Sudut	Deformasi (mm)	Total Deformation
M1R1	23	0.72579	
	19	0.94995	

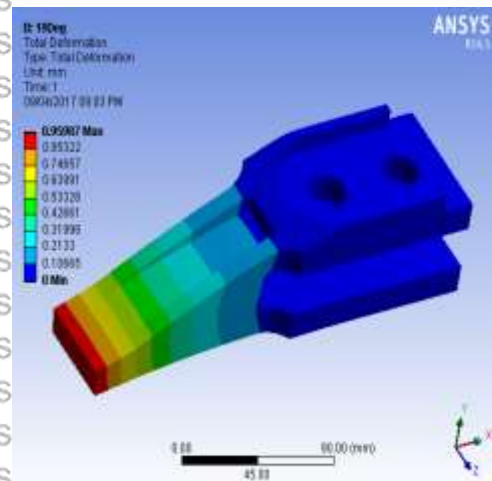
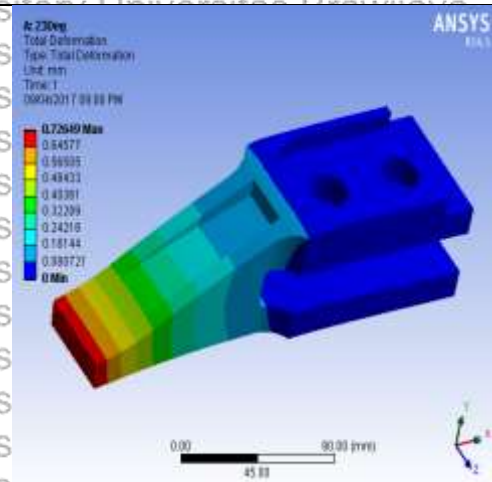
M1R1

23

0.72579

19

0.94995





40

21

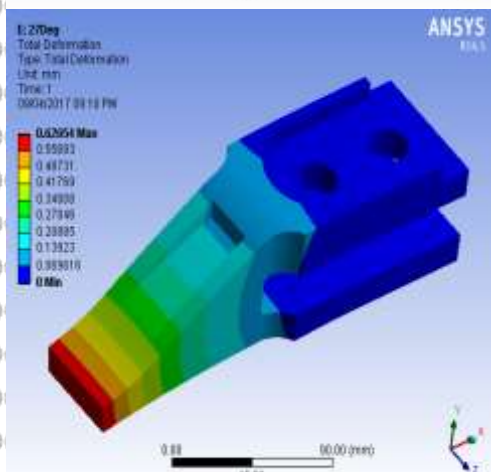
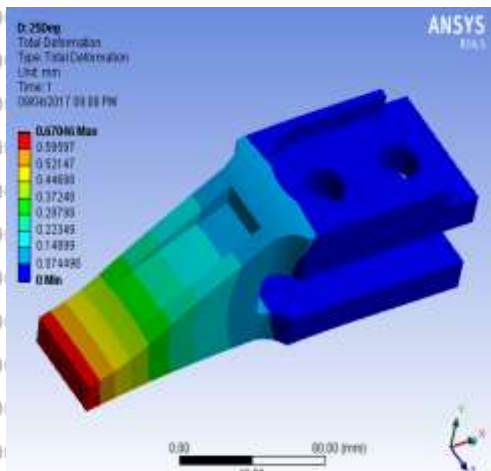
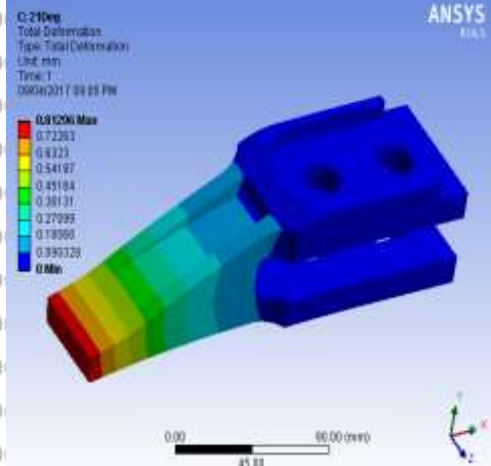
25

27

0.81225

0.66962

0.62566



Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya 2310.69
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

0.00 70.00 (mm)
35.00

Q:210m
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
00062017 09:31 PM
0.752111 Mm

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

41

Repository
Repository
Repository
Repository

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

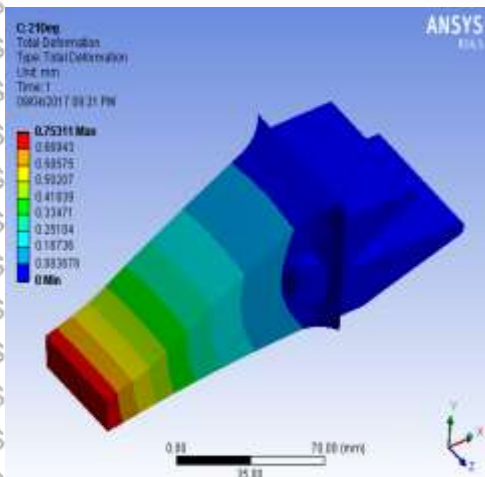
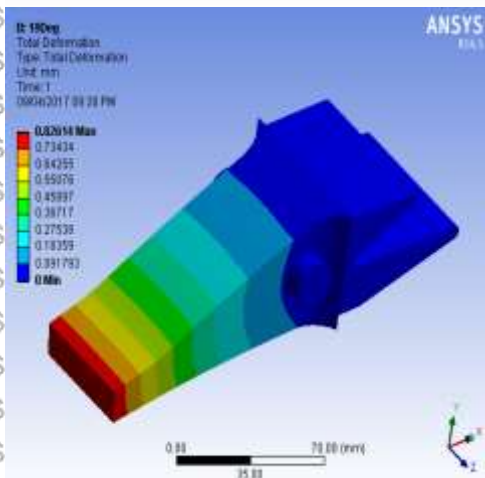
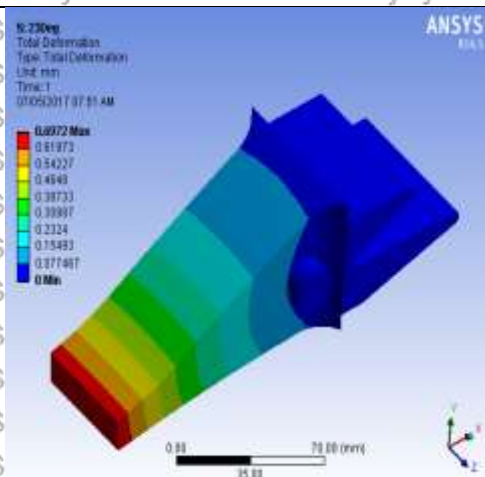
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

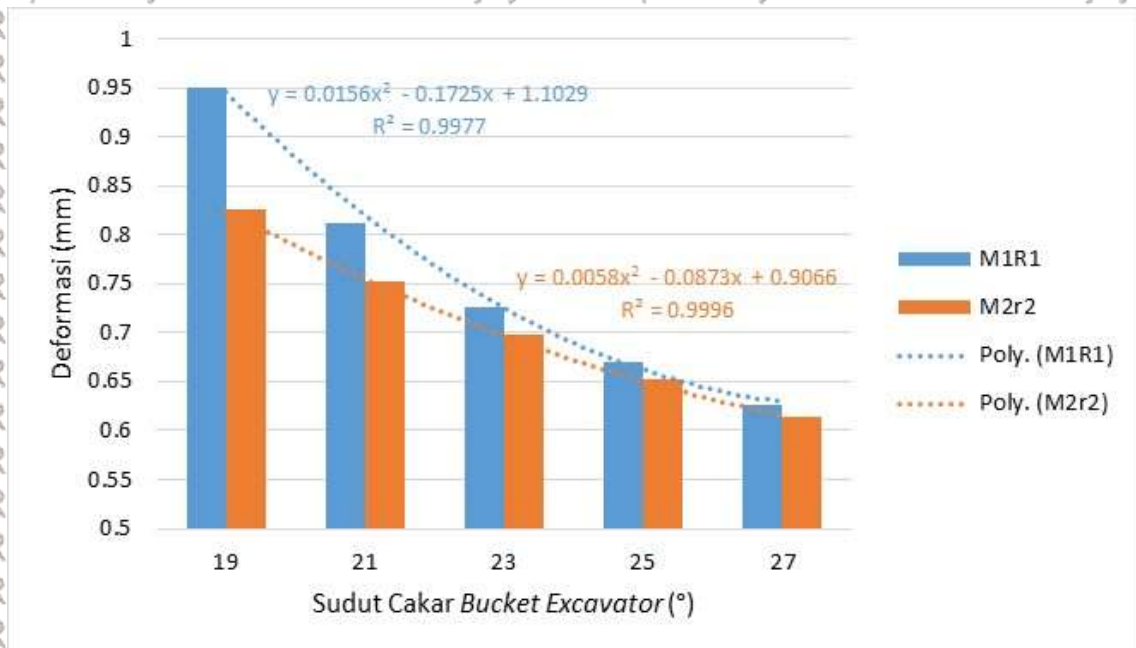
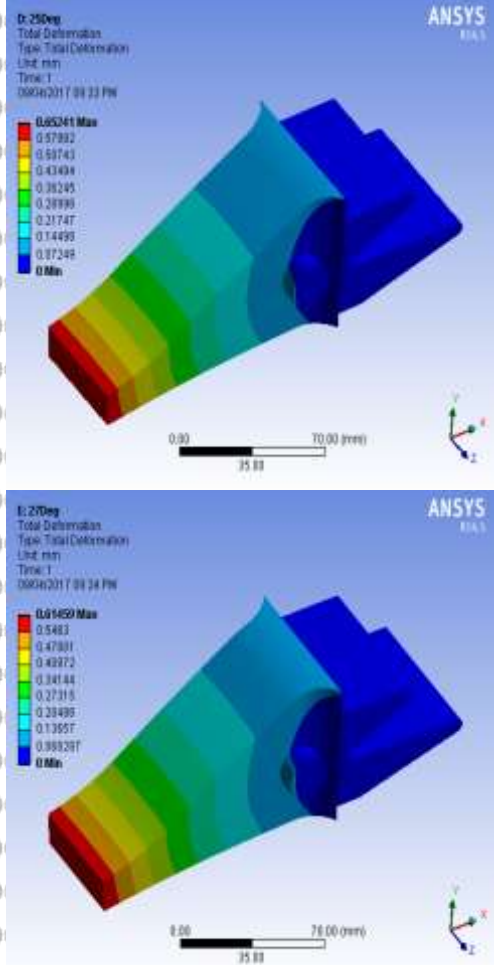
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository





25 0.65241

27 0.61459



Gambar 4.3 Grafik pengaruh perbedaan sudut cakar bucket excavator terhadap deformasi



Dapat dilihat pada Gambar 4.3, nilai deformasi paling besar untuk model 1 terjadi pada model M1 α 2R1 yaitu sebesar 0.94995mm dan untuk model 2 terjadi pada model M2 β 2r1 yaitu sebesar 0.82614mm. Sedangkan nilai penyerapan energi terkecil untuk model 1 terjadi pada model M1 α 5R1 yaitu sebesar 0.62566mm dan untuk model 2 terjadi pada model M2 β 5r1 yaitu sebesar 0.61459mm. Dilihat dari kecenderungannya, grafik deformasi model 1 yang terjadi adalah semakin menurun dan grafik grafik model 2 yang terjadi adalah semakin menurun. Grafik deformasi pada model 1 dan model 2 telah sesuai dengan hipotesis dan rumus. Rumus yang digunakan adalah

$$\delta = \frac{PL}{EA} \dots \dots \dots (4-1)$$

Keterangan :

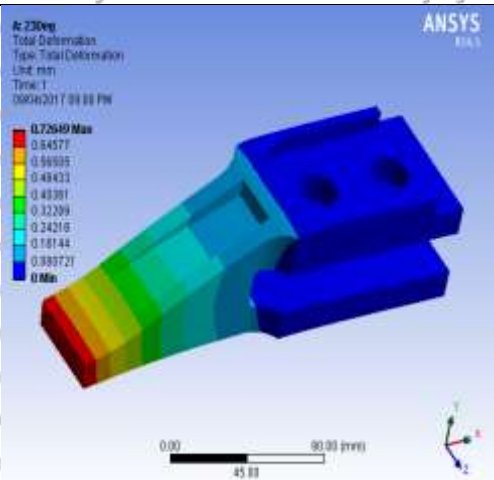
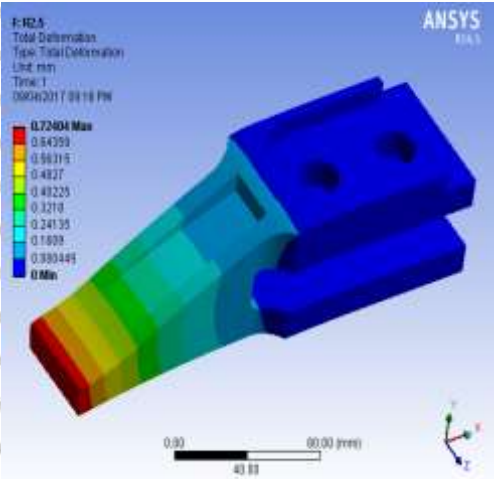
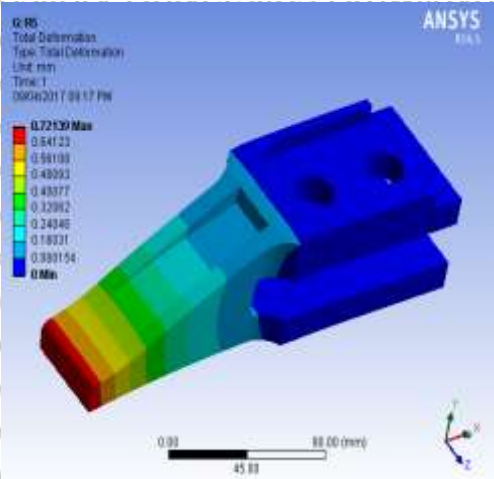
- δ = perpanjangan
- P = beban (N)
- L = panjang (mm)
- E = modulus elastisitas
- A = luas penampang (mm²)

Apabila dilihat dari rumus di atas, dengan semakin besarnya sudut pada cakar *bucket excavator* maka luasan pada cakar *bucket excavator* pun semakin besar. Sehingga semakin luas panampangnya akan semakin kecil nilai deformasi yang terjadi.

Analisis pada cakar *bucket excavator* model 2 meninjau pengaruh bentuk cakar *bucket excavator* terhadap nilai deformasi pada bentuk cakar *bucket excavator*. Jari-jari fillet dari bentuk cakar *bucket excavator* dijadikan sebagai variasi bebas untuk mendapatkan nilai deformasi. Data nilai deformasi pada setiap desain cakar *bucket excavator* dapat dilihat pada Tabel 4.2.



Tabel 4.2
Data Total Deformasi Maksimal pada Perbedaan Jari-Jari Cakar *Bucket Excavator*

Model	Jari-Jari	Deformasi (mm)	Total Deformation
0	0	0.72579	
1	2.5	0.72337	
5	5	0.72067	

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya 0,71
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repos
Repos
Repos
Repos
Repos

ANSYS

HLR7.5
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
Date: 2017.08.18 PM

0.75891 Max
0.63092
0.55015
0.47927
0.39939
0.31951

0.00 40.00 80.00 (meters)
 N: 230deg
 Total Distortion:
 Type: Total Distortion
 Unit: mm
 Time: 05/03/17 07:05 AM
 EL0972 Max

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

45

Repository
Repository
5 Repository
Repository

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

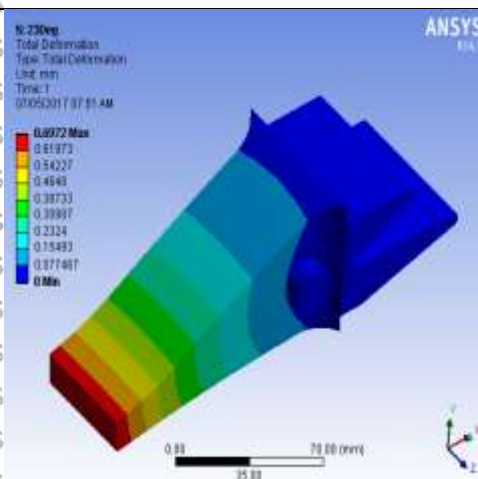
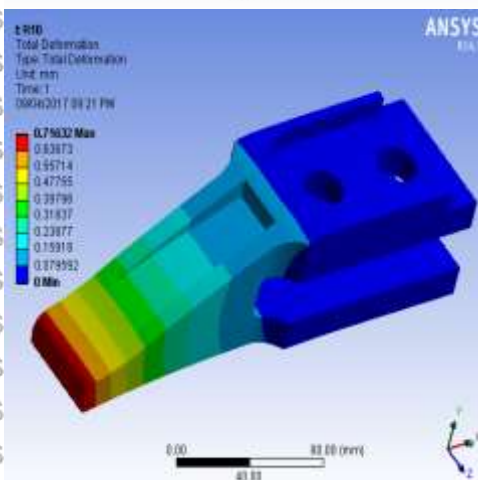
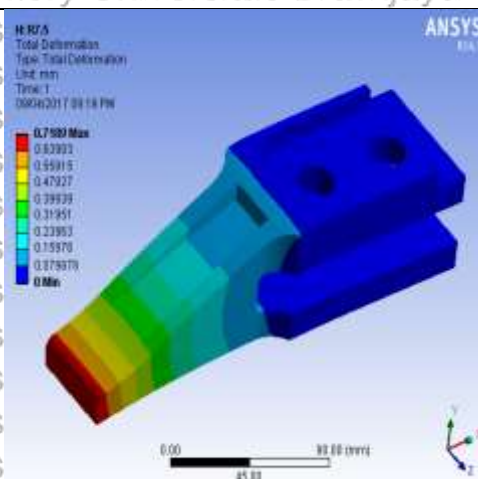
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository



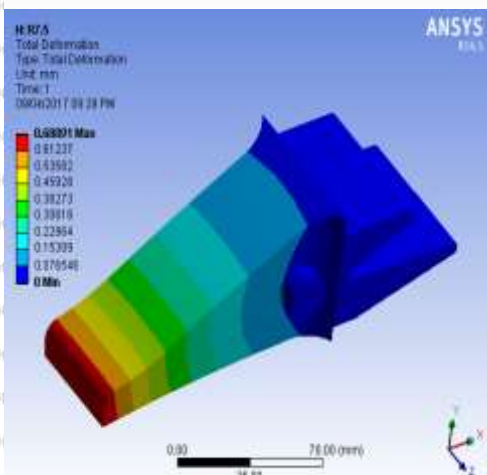
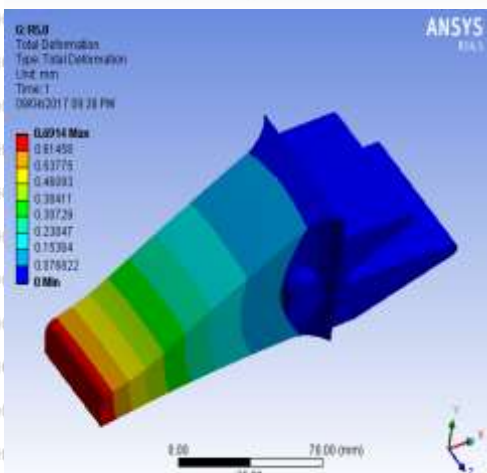
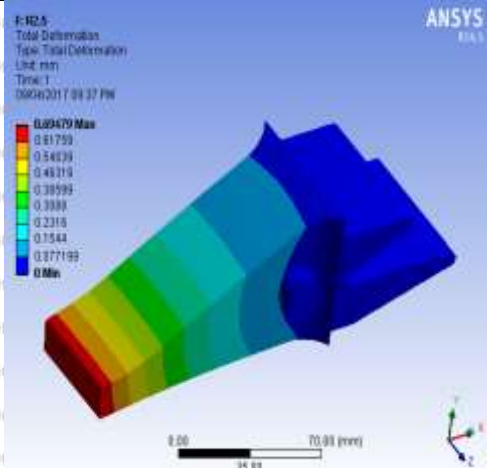


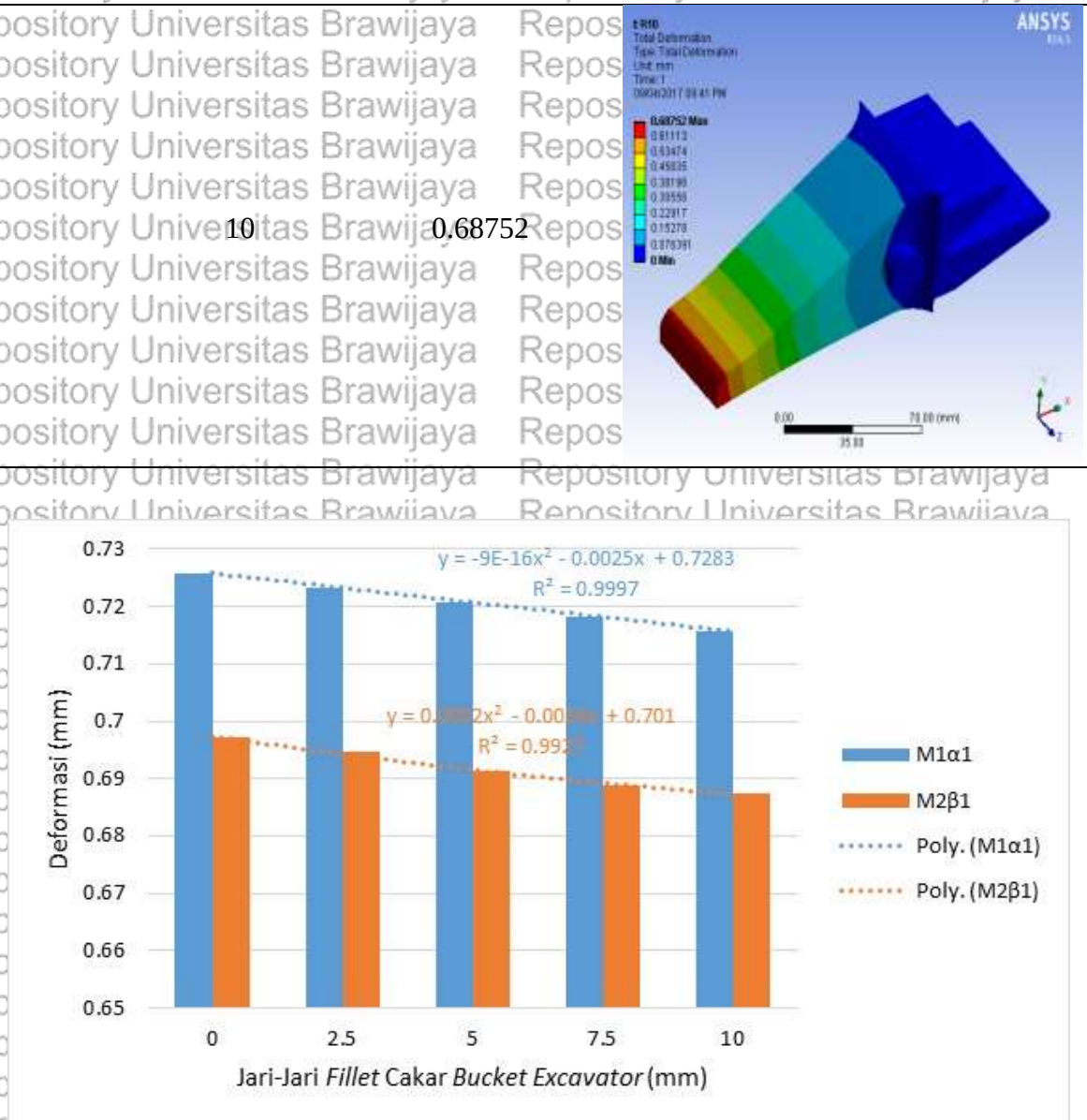
46

2.5 0.69479

5 0.69140

7.5 0.68891





Gambar 4.4 Grafik pengaruh perbedaan jari-jari *fillet* cakar *bucket excavator* terhadap deformasi

Dapat dilihat pada Gambar 4.6, nilai deformasi paling besar untuk model 1 terjadi pada model M1α1R1 yaitu sebesar 0.72579mm dan untuk model 2 terjadi pada model M2β1r1 yaitu sebesar 0.6972mm. Sedangkan nilai penyerapan energi terkecil untuk model 1 terjadi pada model M1α1R5 yaitu sebesar 0.7157mm dan untuk model 2 terjadi pada model M2β1r5 yaitu sebesar 0.68752mm. Dilihat dari kecenderungannya, grafik deformasi model 1 yang terjadi adalah semakin menurun dan grafik grafik model 2 yang terjadi adalah semakin menurun. Grafik deformasi pada model 1 dan model 2 telah sesuai dengan hipotesis dan rumus. Rumus yang digunakan adalah

$$\delta = \frac{PL}{EA} \quad (4-2)$$

Keterangan :

δ = perpanjangan

P = beban (N)

L = panjang (mm)

E = modulus elastisitas

A = luas penampang (mm²)

Apabila dilihat dari rumus di atas, dengan semakin besarnya jari-jari fillet pada cakar *bucket excavator* maka luasan pada cakar *bucket excavator* pun semakin kecil.

Sehingga semakin luas penampangnya akan semakin kecil nilai deformasi yang terjadi. Tetapi pada model 2 sisi yang terbebani berpenampang seperempat lingkaran, sehingga dengan semakin besarnya jari-jari momen inersia akan semakin besar, hal ini yang menyebabkan deformasi semakin kecil. Rumus inersia yang digunakan adalah

$$I = \frac{\pi r^4}{16} \quad (4-3)$$

Keterangan :

I = inersia

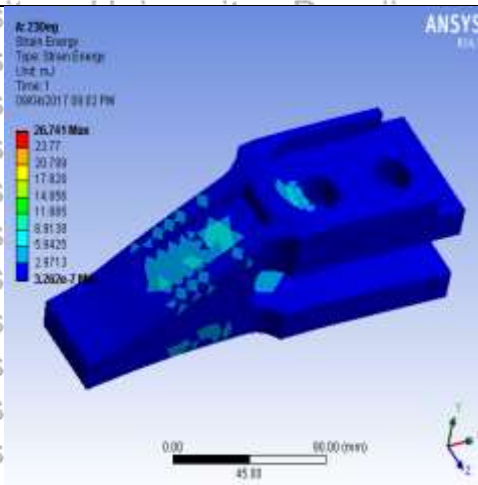
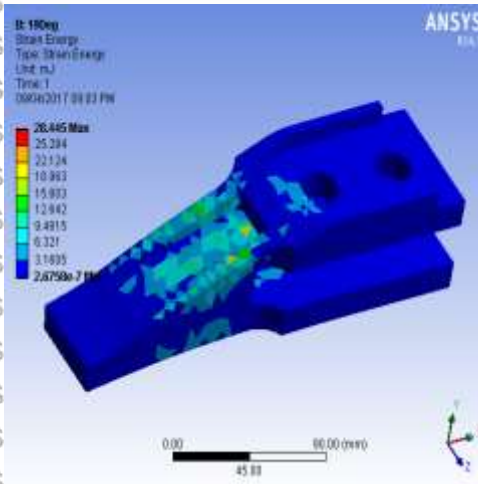
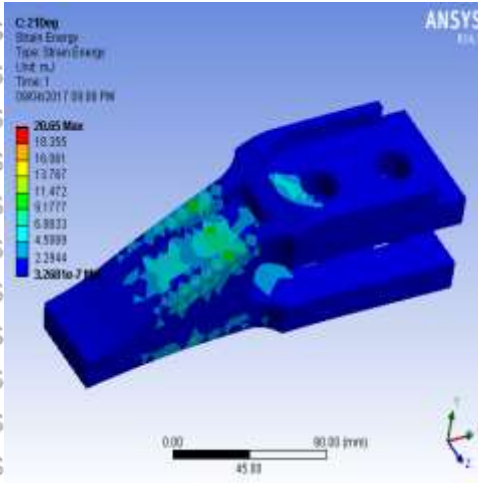
r = jari-jari

4.3.2. Analisis Penyerapan Energi pada Variasi Cakar *Bucket Excavator*

Analisis pada cakar *bucket excavator* model 1 meninjau pengaruh bentuk cakar *bucket excavator* terhadap penyerapan energi pada bentuk cakar *bucket excavator*. Sudut dari bentuk cakar *bucket excavator* dijadikan sebagai variasi bebas untuk mendapatkan hasil penyerapan energi. Data penyerapan energi pada setiap desain cakar *bucket excavator* dapat dilihat pada Tabel 4.3.



Tabel 4.3
Data Penyerapan Energi Maksimal pada Perbedaan Sudut *Fillet Cakar Bucket Excavator*

Model	Sudut	Penyerapan Energi (mJ)	Strain Energy
	23	26,741	
M1R1	19	28,445	
	21	20,650	



50

25

25.238

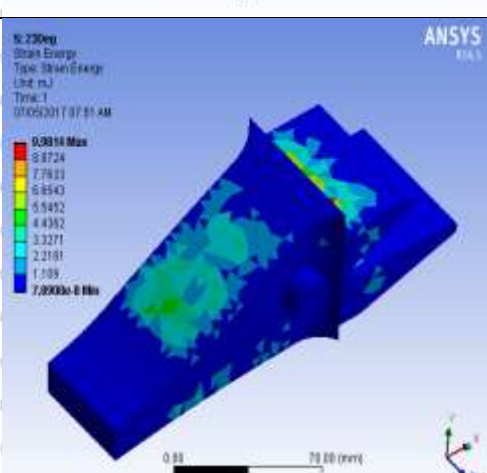
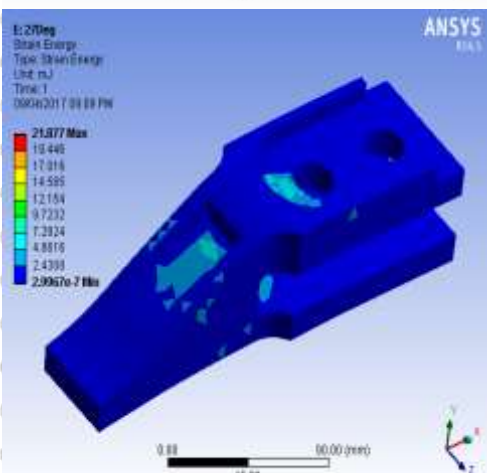
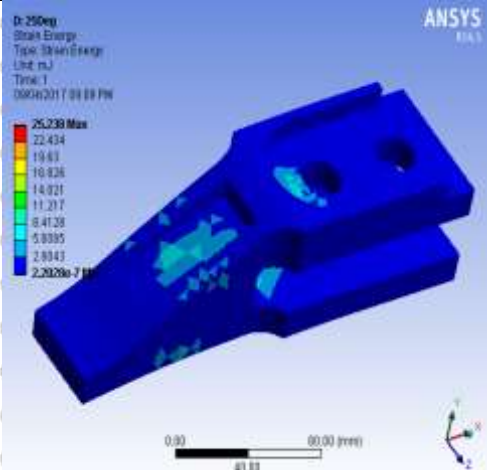
27

21.877

M2r1

23

9.9814



[illegible][illegible]

The figure displays three ANSYS Workbench simulation results for a mechanical part, showing Strain Energy distribution for different load cases. Each image includes a color-coded stress distribution, a legend with values, and a scale bar.

1t: 100kg
 Strain Energy
 Type: Strain Energy
 Unit: mJ
 Time: 1
 08/04/2017 08:33 PM

Legend values: 13.018 Max, 11.571, 10.125, 9.9784, 7.232, 5.7856, 4.3382, 2.9228, 1.4484, 0.39526 Min

Scale bar: 0.00 to 70.00 (mm)

2t: 200kg
 Strain Energy
 Type: Strain Energy
 Unit: mJ
 Time: 1
 08/04/2017 08:33 PM

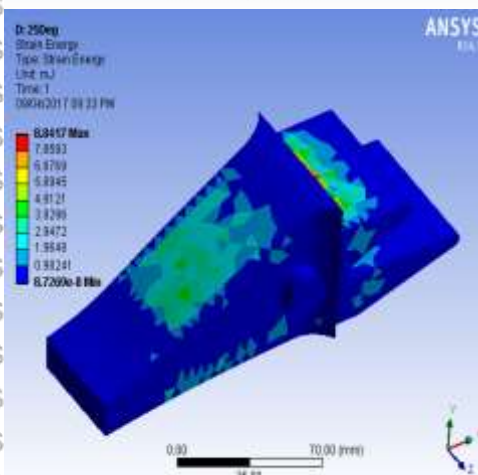
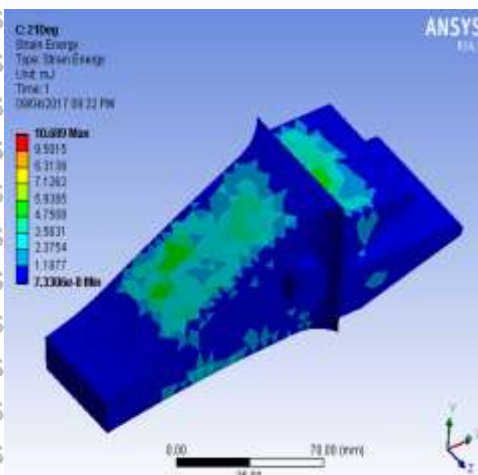
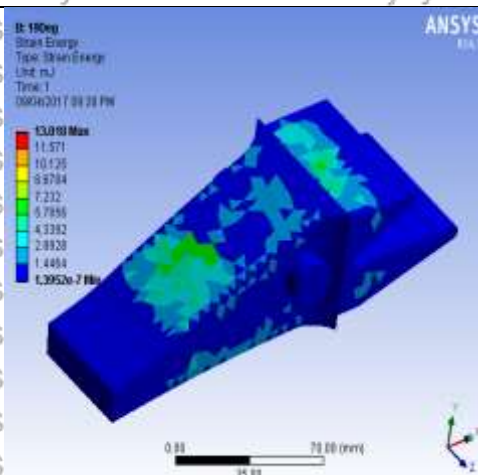
Legend values: 10.689 Max, 9.5015, 8.3138, 7.1262, 5.9385, 4.7508, 3.5631, 2.3754, 1.1877, 0.33066 Min

Scale bar: 0.00 to 70.00 (mm)

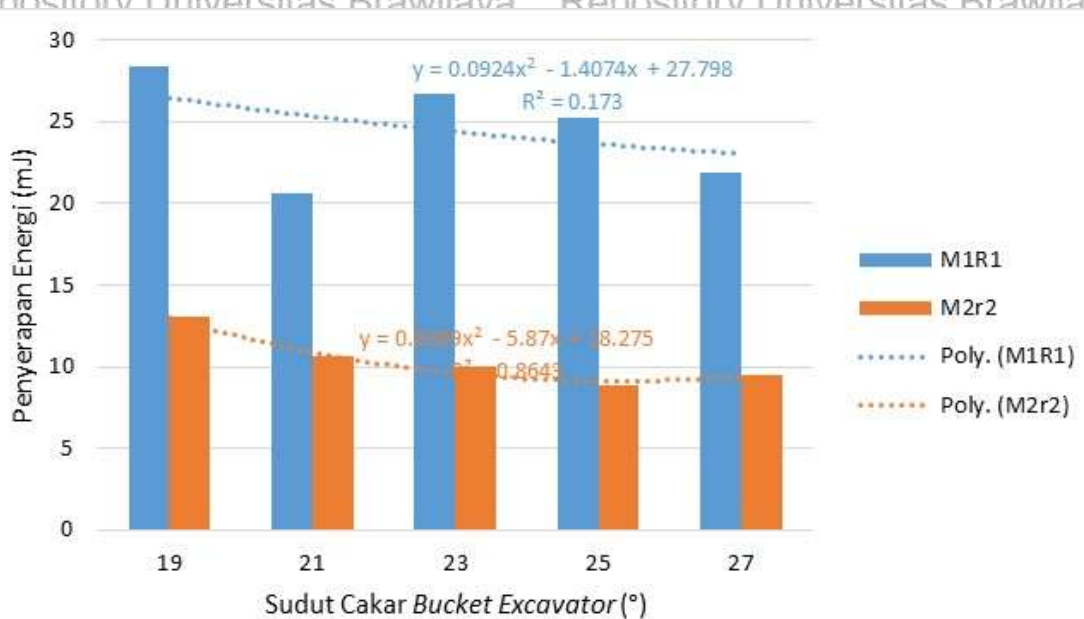
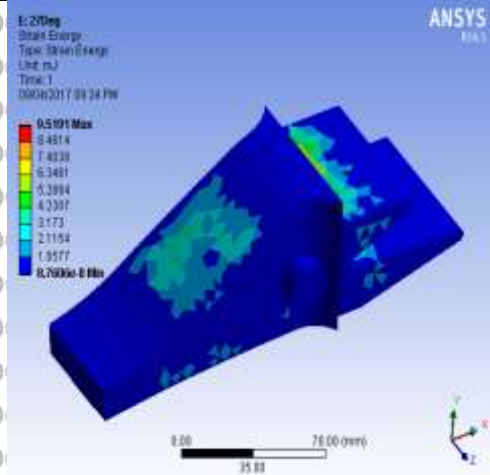
3t: 300kg
 Strain Energy
 Type: Strain Energy
 Unit: mJ
 Time: 1
 08/04/2017 08:33 PM

Legend values: 8.9417 Max, 7.8593, 6.9769, 5.8345, 4.8121, 3.8299, 2.8472, 1.8649, 0.88241, 0.72096 Min

Scale bar: 0.00 to 70.00 (mm)

[illegible][illegible][illegible]

27 9.5191



Gambar 4.5 Grafik pengaruh perbedaan sudut cakar bucket excavator terhadap penyerapan energi

Dapat dilihat pada Gambar 4.5, nilai penyerapan energi paling besar untuk model 1 terjadi pada model M1 α 1R2 yaitu sebesar 28.445mJ dan untuk model 2 terjadi pada model M2 β 2r2 yaitu sebesar 13.018mJ. Sedangkan nilai penyerapan energi terkecil untuk model 1 terjadi pada model M1 α 2R3 yaitu sebesar 20.650mJ dan untuk model 2 terjadi pada model M2 β 4r1 yaitu sebesar 6.9553mJ. Dilihat dari kecenderungannya, grafik penyerapan energi model 1 yang terjadi adalah cenderung menurun, sedangkan grafik penyerapan energi model 2 yang terjadi adalah cenderung meningkat. Kecenderungan grafik pada model 1 telah sesuai dengan hipotesis dan rumus, sedangkan untuk model 2 terdapat penyimpangan data untuk



grafik penyerapan energi karena tidak sesuai dengan hipotesis dan rumus. Rumus yang digunakan adalah

$$U = \frac{p^2 L}{2EA} \dots\dots\dots (4-4)$$

Keterangan :

U = energi regangan (J)

P = beban (N)

L = panjang (mm)

E = modulus elastisitas

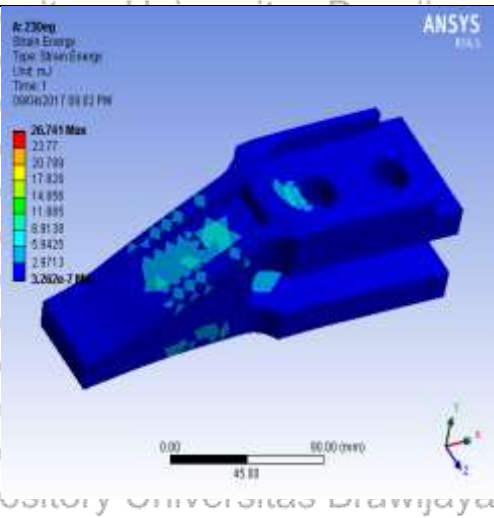
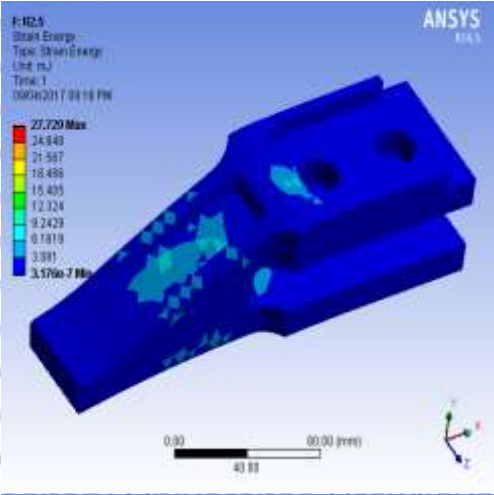
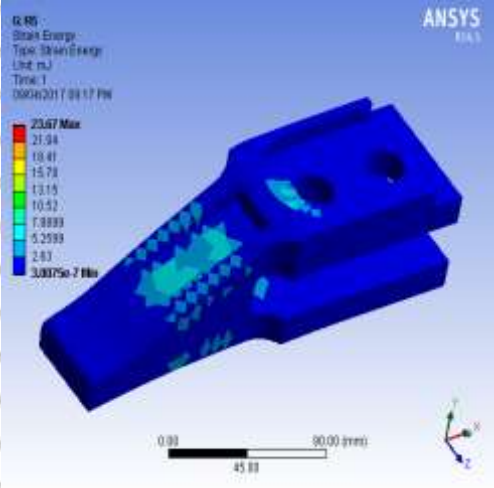
A = luas penampang (mm²)

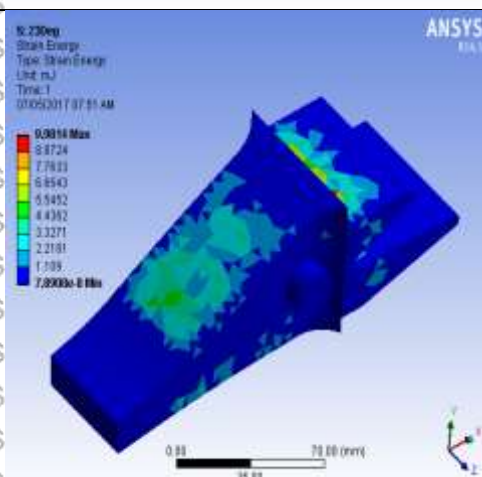
Apabila dilihat dari rumus di atas, dengan nilai pembagiannya adalah luas penampang maka semakin luas penampangnya akan semakin kecil nilai penyerapan energi yang terjadi. Dengan semakin besarnya sudut pada cakar *bucket excavator* maka luasan pada cakar *bucket excavator* pun semakin besar. Kecenderungan peningkatan data untuk grafik model 2 bisa terjadi karena adanya perbedaan luas penampang dari tiap cakar *bucket excavator* dalam menerima penyerapan energi sehingga menyebabkan letak nilai maksimal penyerapan energi pada tiap model menjadi berbeda.

Analisis pada cakar *bucket excavator* model 2 meninjau pengaruh bentuk cakar *bucket excavator* terhadap penyerapan energi pada bentuk cakar *bucket excavator*. Jari-jari fillet dari bentuk cakar *bucket excavator* dijadikan sebagai variasi bebas untuk mendapatkan hasil penyerapan energi yang berbeda-beda. Data penyerapan energi pada setiap desain cakar *bucket excavator* dapat dilihat pada Tabel 4.4.



Tabel 4.4
Data Penyerapan Energi Maksimal pada Perbedaan Jari-Jari *Fillet Cakar Bucket Excavator*

Model	Jari-Jari	Penyerapan Energi (mJ)	Strain Energy
0		26.741	
M101	2.5	27.729	
5		23.570	





56

2.5

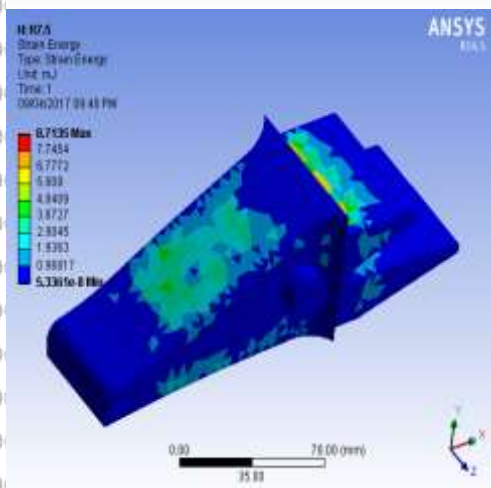
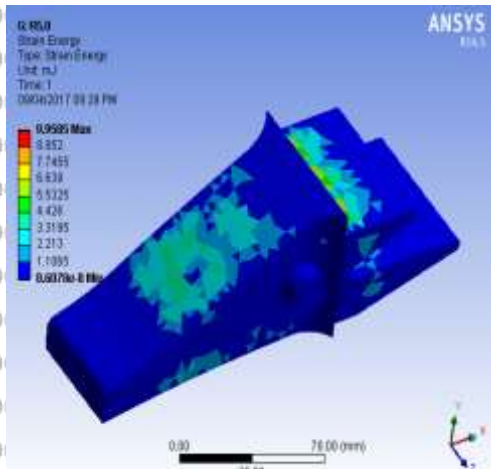
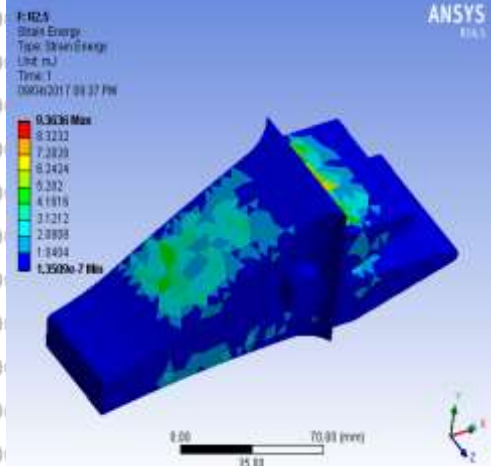
9.3636

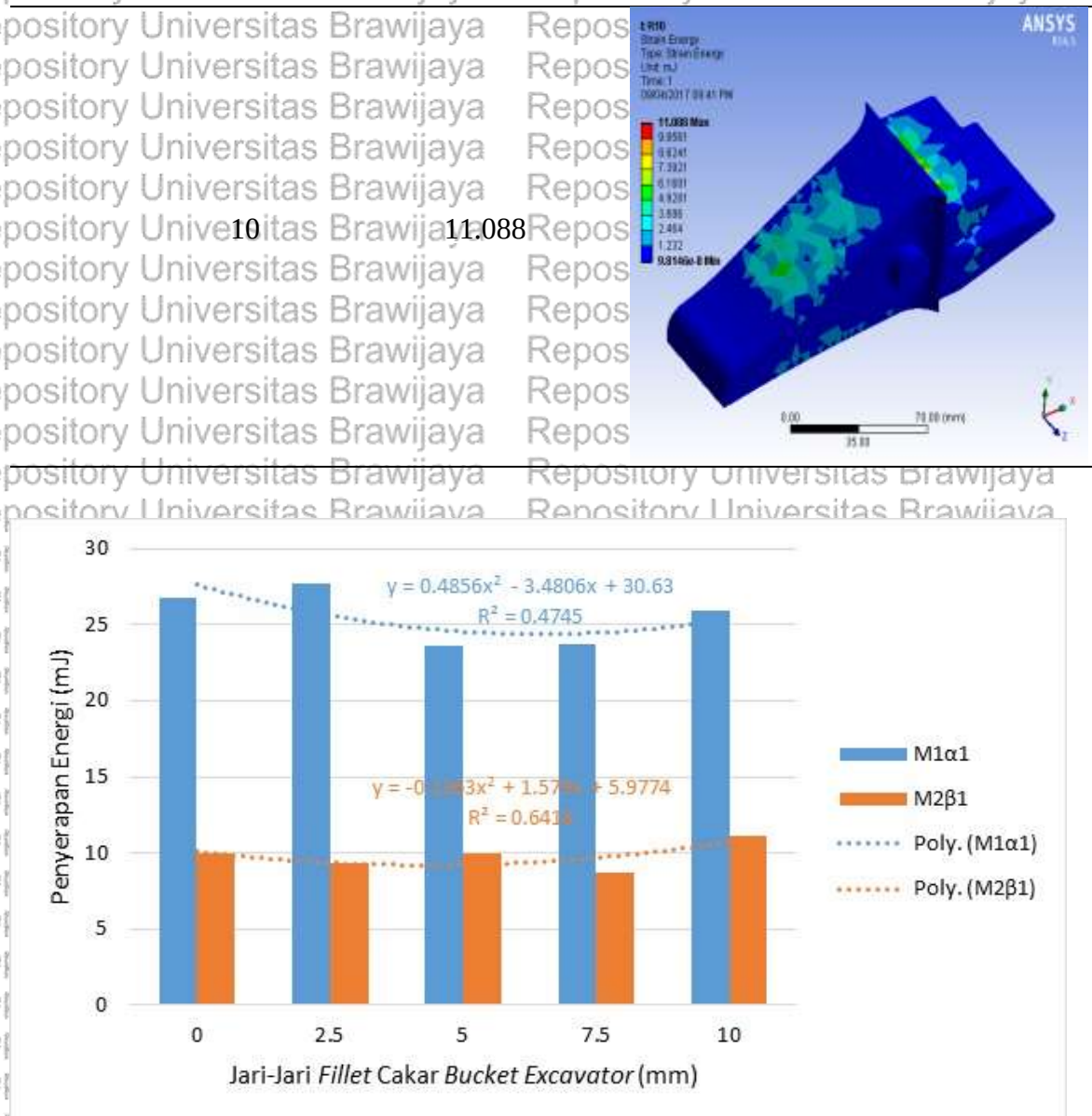
5

9.9585

7.5

8.7135





Gambar 4.6 Grafik pengaruh jari-jari *fillet* cakar *bucket excavator* terhadap penyerapan energi

Dapat dilihat pada Gambar 4.6, nilai penyerapan energi paling besar untuk model 1 terjadi pada model M1α1R2 yaitu sebesar 27.729mJ dan untuk model 2 terjadi pada model M2β1R5 yaitu sebesar 11.088mJ. Sedangkan nilai penyerapan energi terkecil untuk model 1 terjadi pada model M1α1R3 yaitu sebesar 23.570mJ dan untuk model 2 terjadi pada model M2β1R1 yaitu sebesar 6.9553mJ. Dilihat dari kecenderungannya, grafik penyerapan energi model 1 yang terjadi adalah cenderung meningkat, sedangkan grafik penyerapan energi model 2 yang terjadi adalah cenderung meningkat. Kecenderungan grafik pada model 1 dan model 2 telah sesuai dengan hipotesis dan rumus. Rumus yang digunakan adalah

$$U = \frac{P^2 L}{2EA} \quad (4-5)$$

Keterangan :

U = energi regangan (J)

P = beban (N)

L = panjang (mm)

E = modulus elastisitas

A = luas penampang (mm²)

Apabila dilihat dari rumus di atas, dengan nilai pembaginya adalah luas penampang maka semakin luas penampangnya akan semakin kecil nilai penyerpan energi yang terjadi. Dengan semakin besarnya jari-jari fillet pada cakar *bucket excavator* maka luasan pada cakar *bucket excavator* pun semakin kecil.



BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Bentuk dan ketebalan penampang cakar *bucket excavator* berpengaruh terhadap penyerapan energi cakar *bucket excavator*. Cakar *bucket excavator* dengan sudut tumpul menghasilkan penyerapan energi semakin besar.
2. Cakar *bucket excavator* yang ditambahkan fillet pada ujung cakar *bucket excavator* berpengaruh terhadap penyerapan energi cakar *bucket excavator*. Semakin besar jari-jari fillet maka penyerapan energi pada cakar *bucket excavator* akan semakin besar.
3. Bentuk dan ketebalan penampang cakar *bucket excavator* berpengaruh terhadap deformasi cakar *bucket excavator*. Cakar *bucket excavator* dengan sudut tumpul menghasilkan deformasi semakin kecil.
4. Cakar *bucket excavator* yang ditambahkan fillet pada ujung cakar *bucket excavator* berpengaruh terhadap deformasi cakar *bucket excavator*. Semakin besar jari-jari fillet maka deformasi pada cakar *bucket excavator* akan semakin kecil.

5.2. Saran

1. Dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai fenomena yang terjadi pada cakar *bucket excavator*.
2. Pengembangan penelitian dengan variasi material dan bentuk yang lain pada cakar *bucket excavator*.
3. Dilakukan eksperimen secara nyata untuk pengembangan lebih lanjut.



DAFTAR PUSTAKA

- Beer, F. P. dkk. 2012. *Mechanics of Materials*, 6th Edition. New York: McGraw-Hill.
- Caterpillar. 2011. *Cat Bucket 311-390 Hydraulic Excavator*. U.S.A.
- Dagwar, Kalpak S. dan Telrandhe, R.G. 2015. *Excavator Bucket Tooth Failure Analysis*. India: M-Teck CAD-CAM DMIETK.
- Gere, J. M. 2004. *Mechanics of Materials*, Sixth Edition. New York: Brookscole Thomson Learning Inc.
- József dan Zoltan. 2010. *Construction Equipment Earthwork & Soil Compaction*. Hungaria: Budapes University of Technology and Economic.
- Kumar, Birenda dan Alam, T. 2016. *Excavator Bucket Tooth wear Analysis*. India: Indian School of Mines.
- Shaikh, Bilal P. dan Mulia, A.M. 2015. *Analysis of Bucket Teeth of Backhoe Excavator Loader and its Weight Optimazation*. India: Rajarambapu Institute of Technology.
- Qiu, Changming. dkk. 2012. *The Failure Mechanism of Bucket Teeth of Electric Excavator Used in Metal Mine*. China: Beijing Jiaotong University.
- Yegin, Burak. 2013. *High Strain Rate Characterization of Engineering Materials*. Istanbul: Istanbul Technical University.