

NASKAH PUBLIKASI
TUGAS AKHIR
ANALISIS *BUCKLING* TERHADAP TABUNG PLAT TIPIS
MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA



Makalah Seminar Tugas Akhir ini disusun sebagai syarat untuk mengikuti
Ujian Tugas Akhir Pada Jurusan teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun oleh:

YUSUF BAKHTIAR
NIM : D200100001

Pembimbing:

Ir. Bibit Sugito, MT.

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

2015

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

Tugas Akhir yang berjudul "**ANALISIS BUCKLING TERHADAP TABUNG PLAT TIPIS MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**" telah disetujui Calon Pembimbing Utama untuk diusulkan sebagai Topik Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkanoleh :

Nama : Yusuf Bakhtiar

NIM : D200100001

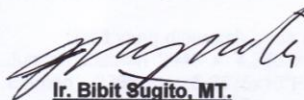
Disetujui pada :

Hari : Rabu

Tanggal : 25 November 2015

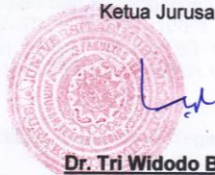
Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Ir. Bibit Sugito, MT.


Agus Dwi Anggono ST, MT, Ph.D

Ketua Jurusan


Dr. Tri Widodo Besar

ANALISIS *BUCKLING* TERHADAP TABUNG PLAT TIPIS MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Yusuf Bakhtiar

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura.

Email : yusufbakhtiarrr@gmail.com

Abstraksi

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya pengaruh rangka dengan beberapa elemen terhadap Velocity yang terjadi pada proses *buckling* dan mengetahui pengaruh rangka dengan elemen 3388 dengan mendapatkan velocity yang berbeda beda terhadap tegangan regangan.

Metode penelitian yang digunakan berupa pengujian buckling atau tekuk berupa simulasi dengan software berbasis metode elemen hingga. Bentuk benda yang di desain terdiri dari Thin Cylinder dengan dimensi (120x40x0.2) mm³ bersifat Deformable atau Fleksible dan Punch dengan ketentuan bersifat Rigid.

Pada rangka atau thin cylinder variasi jumlah mesh / elemen 2945, 3260, 3388, 4455 dan 4936 dengan velocity 75 pada waktu 1 second. kemudian dengan variasi Velocity 70, 75, 80, 85 dan 90 dengan jumlah elemen / mesh 3388 dan waktu 1 second. Sebagai pertimbangan ketelitian spesifikasi bahan material dari bahan Aluminium dengan density material : 2770 kg/m³, Modulus Elastisitas (E) : 7.1E+10 dan Poisson Ratio (ν) : 0.33

Hasil yang diperoleh pada nilai tegangan tertinggi sebagai berikut :
Jumlah Elemen 2945 = 4.3663×10^8 Pa, Elemen 3260 = 5.1174×10^8 Pa,
Elemen 3388 = 5.2875×10^8 Pa, Elemen 4455 = 4.5531×10^8 Pa,
Elemen 4936 = 3.8710×10^8 Pa

Hasil Tegangan dan Regangan dengan beberapa Velocity sebagai berikut ; Velocity 70 = 8.2777×10^8 Pa dan -0.5122, Velocity 75 = 5.2875×10^8 Pa dan -0.4015, Velocity 80 = 5.3169×10^8 Pa dan -0.5122, Velocity 85 = 4.0110×10^8 Pa dan -0.3889, Velocity 90 = 4.8473×10^8 Pa dan -0.5037

Kata kunci : Buckling, Deformasi, Tegangan dan Regangan, Metode Elemen Hingga.

PENDAHULUAN

Sebagian besar struktur yang memiliki dimensi langsing atau tipis dan mengalami tegangan tekan akan mengalami masalah instabilitas tekuk atau *buckling*. *Buckling* merupakan suatu proses dimana suatu struktur tidak mampu mempertahankan bentuk aslinya, sedemikian rupa berubah bentuk dalam rangka menemukan keseimbangan baru. Konsekuensi *buckling* pada dasarnya adalah masalah geometrik dasar, dimana terjadi lendutan besar sehingga akan mengubah bentuk struktur. Fenomena tekuk atau *buckling* dapat terjadi pada sebuah kolom, lateral *buckling* balok, pelat dan cangkang (*shell*).

Peristiwa *buckling* dapat terjadi pada batang langsing yang mendapatkan tekanan aksial. Batang plat tipis adalah batang yang mempunyai perbandingan panjang dan jari-jari girasi penampang yang besar.

Analisis *buckling* merupakan teknik yang digunakan untuk menghitung beban *buckling*, beban kritis pada struktur yang menjadikan kondisi tidak stabil dan ragam *buckling* (*mode shape*), karakteristik bentuk yang berhubungan dengan respon struktur yang mengalami *buckling*.

Ada dua teknik analisis *buckling* untuk memprediksi beban *buckling* dan ragam struktur *buckling*, yaitu analisis *nonlinear buckling* dan analisa eigenvalue linear *buckling*.

Metode analisis instabilitas secara umum ada dua jenis yaitu *bifurcation* (*eigenvalue*, *linear buckling*) dan *snaphthrough* (*nonlinear buckling*). Pada metode pertama, analisis *bifurcation buckling*, beban kritis *buckling* di analisis pada titik bifurkasi dari idealisasi struktur

elasticlinear dengan penyelesaian masalah nilai eigen. Meskipun analisis pendekatan dengan nilai eigen ini hasilnya tidak konservatif akan tetapi karena lebih cepat metode ini digunakan sebagai pendekatan awal. Sedangkan metode kedua, *snaphthrough* (*nonlinear*) *buckling*, biasanya lebih akurat dengan teknik analisis *nonlinear*. Pada analisis *nonlinear snaphthrough buckling* struktur dianalisis terhadap beban yang meningkat secara gradual tahap demi tahap sampai beban batas.

BATASAN MASALAH

Dalam penelitian ini diberikan batasan masalah agar tidak terjadi meluasnya permasalahan yaitu sebagai berikut:

1. Analisis dan simulasi dilakukan dengan software ANSYS 15
2. Desain Punch (100x100x5) mm³
3. Desain Rangka 3D (t : 120 mm dan r : 20mm)
4. Desain *Thin Silinder*

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan yang ingin dicapai dalam proses simulasi *buckling* ini sebagai berikut:

1. Mengetahui fenomena *buckling* pada model silinder.
2. Mengetahui parameter – parameter analisis pada FEM yang berpengaruh terhadap *buckling*.

TINJAUAN PUSTAKA

Sutrisno.(2011), Suatu konstruksi bangunan, terutama pada konstruksi yang terbuat dari beton, baja atau keduanya tidak lepas dari elemen elemen plat, kolom maupun balok kolom. Masing masing elemen tersebut akan memikul gaya normal pada umumnya terdapat pada kolom ,

baik tekan atau normal sehingga terjadi tegangan normal. Akibat gaya normal tersebut terjadi deformasi berupa pemendekan akibat gaya normal tekan dan bertambah panjang akibat gaya normal tarik, jika semua ini masih dalam batas batas yang diijinkan maka konstruksi ini akan stabil.

<http://riosinaga55.blog.com/2011/05/18/backling-tekukan>Sebagian besar struktur yang memiliki dimensi langsing atau tipis dan mengalami tegangan tekan akan mengalami masalah instabilitas tekuk atau *buckling*. *Buckling* merupakan suatu proses dimana suatu struktur tidak mampu mempertahankan bentuk aslinya, sedemikian rupa berubah bentuk dalam rangka menemukan keseimbangan baru. Konsekuensi *buckling* pada dasarnya adalah masalah geometrik dasar, dimana terjadi lendutan besar sehingga akan mengubah bentuk struktur. Fenomena tekuk atau *buckling* dapat terjadi pada sebuah kolom, lateral *buckling* balok, pelat dan cangkang (*shell*). Peristiwa *buckling* dapat terjadi pada batang langsing yang mendapatkan tekanan aksial. Batang plat tipis adalah batang yang mempunyai perbandingan panjang dan jari-jari girasi penampang yang besar.

Dishong.(2003) Pokok Teknologi Struktur untuk Konstruksi dan Arsitektur. *Buckling* merupakan suatu jenis dari kegagalan struktur yang terjadi pada struktur kolom atau juga berbentuk tiang. Hal ini terjadi akibat pembebanan secara aksial pada struktur tersebut, jika suatu tiang yang tipis diberi tekanan maka tiang tersebut akan membengkok dan terdeteksi secara lateral sehingga dapat dikatakan struktur tersebut mengalami *Buckling*. Dengan bertambahnya beban aksial pada struktur kolom maka defleksi lateral

juga akan bertambah dan pada akhirnya kolom akan benar benar terdeformasi plastis.

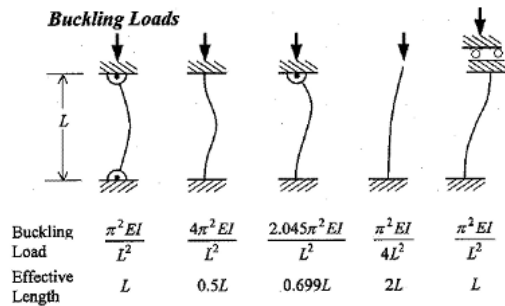
Hutton. (2004)*Fundamental Of Finite Elemen Analysis*. Metode elemen hingga adalah teknik yang digunakan untuk memperoleh pendekatan solusi permasalahan nilai batas di dalam rancang bangun teknik. Metode elemen hingga adalah dasar dari perhitungan numerik yang dilakukan oleh bahasa program di perangkat lunak computer.

LANDASAN TEORI

Pengertian *Buckling*

Buckling merupakan suatu jenis dari kegagalan struktur yang terjadi pada struktur kolom atau juga berbentuk tiang. Hal ini terjadi akibat pembebanan secara aksial pada struktur tersebut, jika suatu tiang yang tipis diberi tekanan maka tiang tersebut akan membengkok dan terdeteksi secara lateral sehingga dapat dikatakan struktur tersebut mengalami *Buckling*. Dengan bertambahnya beban aksial pada struktur kolom maka defleksi lateral juga akan bertambah dan pada akhirnya kolom akan benar benar terdeformasi plastis.

Silinder atau komponen ber dinding tipis di bawah compressive stress rentan terhadap *buckling*. *Euler Buckling* dimana anggota subyek long slender dengan gaya tekan bergerak lateral ke arah kekuatan seperti gambar. Gaya dan juga Velocity diperlukan untuk sebuah *buckling*. Solusi teoritis Euler akan menimbulkan menimbulkan kekuatan tidak terbatas kolom yang sangat singkat, dan yang jelas melebihi materi stress utama.



Gambar 1. Gambar *Buckling* karena ketidakstabilan struktur.

Material mengalami Buckling atau perubahan bentuk (deformasi) karena ketidakstabilan struktur akibat pembebanan yang diterima. Suatu tumpuan juga mempengaruhi sebuah proses Buckling.

Pendekatan dengan Metode Elemen Hingga digunakan sebagai pendekatan *numeric* sebagai peristiwa yang terjadi pada elemen logam dan non logam. Komputasi numerik dapat dimodelkan diantaranya dengan program ANSYS. Program ini mampu menganalisa proses *Buckling* dengan sangat baik dibanding dengan program – program yang lainnya.

Eksperimen dengan analisa program ANSYS memberikan hasil yang mendekati sama. Atau mungkin dapat dikatakan sama karena perbedaannya tidak berarti. Maka software pemrograman computer dengan ANSYS adalah software yang sesuai untuk menganalisa rangka.

Metode elemen hingga adalah teknik yang digunakan untuk memperoleh pendekatan solusi permasalahan nilai batas di dalam rancang bangun teknik.

Metode elemen hingga adalah dasar dari perhitungan numerik yang dilakukan oleh bahasa program di perangkat lunak komputer.

Teori Tegangan dan Regangan

1. Tegangan

Tegangan adalah besaran pengukuran intensitas gaya atau reaksi yang timbul persatuan luas. Tegangan menurut Marciniak (2002) dibedakan menjadi dua yaitu, *Engineering stress* dan *Truestress*. *Engineering stress* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\sigma_{\text{eng}} = \frac{F}{A_0}$$

Dimana :

σ_{eng} = *Engineering stress* (MPa)

F = Gaya (N)

A_0 = Luas Permukaan awal (mm²)

Sedangkan *true stress* adalah tegangan hasil pengukuran intensitas gaya reaksi yang dibagi dengan luas permukaan sebenarnya. *True stress* dapat dihitung dengan:

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

Dimana :

σ = *True stress* (MPa)

F = Gaya (N)

A = Luas penampang sebenarnya (mm²)

Tegangan normal dianggap positif jika menimbulkan suatu tarikan (*tensile*) dan dianggap negatif jika menimbulkan penekanan (*compression*).

2. Regangan

Regangan didefinisikan sebagai perubahan panjang material dibagi panjang awal akibat gaya tarik ataupun gaya tekan pada material. Apabila suatu spesimen struktur material diikat pada jepitan mesin penguji dan bahan serta pertambahan panjang spesifikasi diamati serempak, maka dapat digambarkan pengamatan pada grafik dimana koordinat menyatakan beban dan absis menyatakan pertambahan panjang. Batasan sifat elastis perbandingan tegangan dan regangan akan linier dan berakhir sampai pada titik mulur.

Hubungan tegangan dan regangan tidak lagi linier pada saat material mencapai pada batasan fase sifat plastis.

Menurut Marciniak (2002) regangan dibedakan menjadi dua, yaitu *Engineering strain* dan *true strain*.

Engineering strain adalah regangan yang dihitung menurut dimensi benda aslinya (panjang awal). Sehingga untuk mengetahui besarnya regangan yang terjadi adalah dengan membagi perpanjangan dengan panjang semula.

$$\epsilon_{\text{eng}} = \frac{l-l_0}{l_0} \times 100\% = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\%$$

Dimana :

ϵ_{eng} = *Engineering strain*

Δl = Perubahan panjang (mm)

l_0 = Panjang mula-mula (mm)

l = Panjang setelah diberi gaya (mm)

True strain regangan yang dihitung secara bertahap (*increment strain*), dimana regangan dihitung pada kondisi dimensi benda saat itu (sebenarnya) dan bukan dihitung berdasarkan panjang awal dimensi benda. Maka persamaan regangan untuk *true strain* adalah:

$$\epsilon = \int_{l_0}^l \frac{dl}{l} = \ln \frac{l}{l_0}$$

Dimana

ϵ = *True strain*

3. Deformasi

Deformasi atau perubahan bentuk yang terjadi apabila bahan dikenai gaya. Selama proses deformasi berlangsung bahan menyerap energi sebagai akibat gayanya yang bekerja. Sebesar apapun gaya yang bekerja pada bahan, bahan akan mengalami perubahan bentuk dan dimensi. Perubahan bentuk secara fisik pada benda dibagi menjadi dua, yaitu deformasi plastis dan deformasi elastis.

Penambahan pada bahan yang telah mengalami kekuatan tertinggi tidak dapat dilakukan, karena pada kondisi

ini bahan telah mengalami deformasi total. Jika beban total diberikan maka regangan akan bertambah dimana material seakan menguat yang disebut dengan penguatan regangan (*strain hardening*) yang selanjutnya benda akan mengalami putus pada kekuatan patah (singh 1995).

Hubungan tegangan regangan dapat dituliskan sebagai berikut :

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{\frac{P}{A}}{\frac{\delta}{L}}$$

Sehingga deformasi (δ) dapat diketahui :

$$\delta = \frac{P \times L}{A \times E}$$

Dimana :

P = Beban

A = Luas permukaan (mm²)

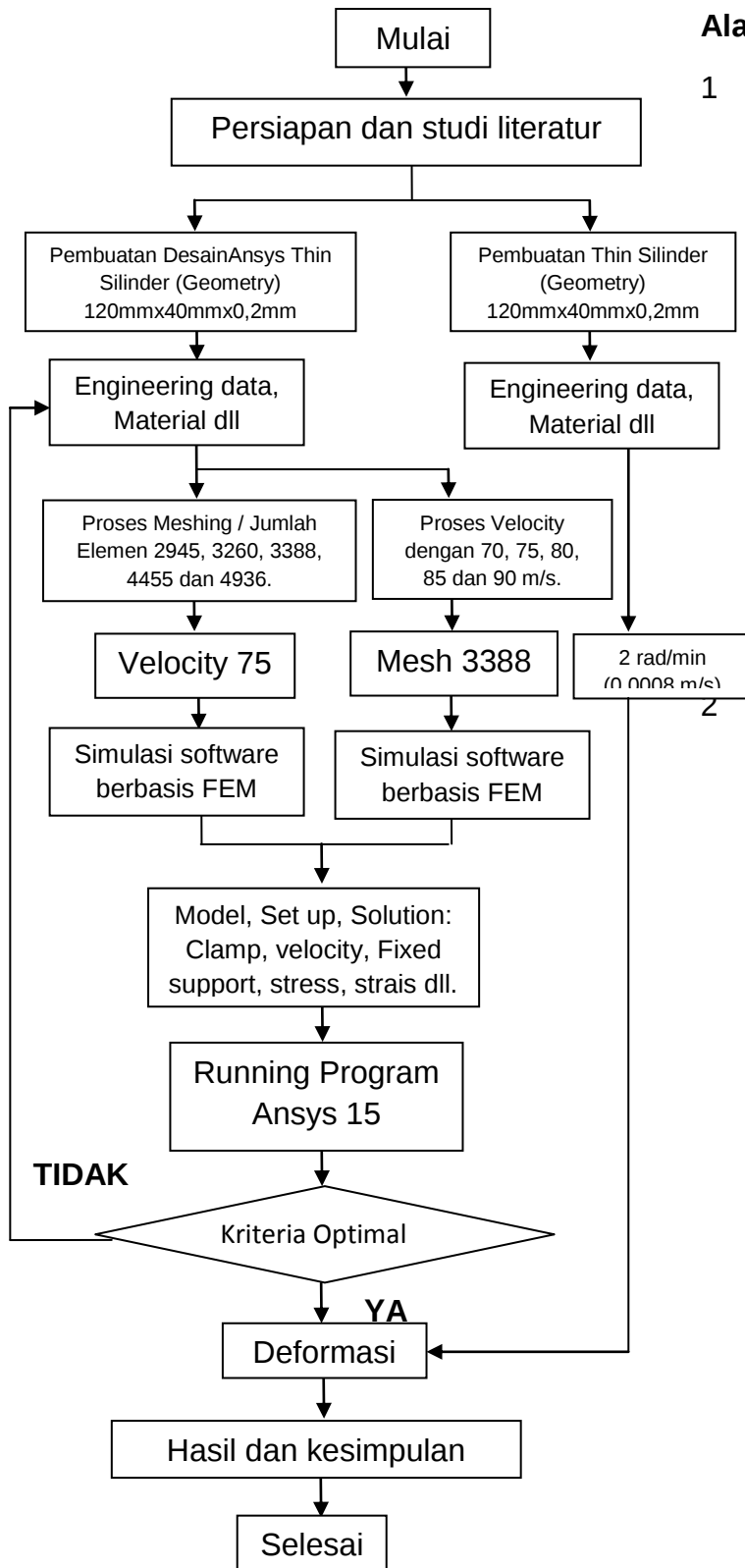
L = Panjang awal (mm)

E = Modulus Elastisitas

Pada awal pembebanan akan terjadi deformasi elastis sampai pada kondisi tertentu bahan akan mengalami deformasi plastis. Pada awal pembebanan bahan dibawah kekuatan luluh bahan akan kembali ke bentuk semula, hal ini dikarenakan sifat elastis bahan. Peningkatan beban melebihi kekuatan luluh (*yield point*) yang dimiliki plat akan mengakibatkan aliran deformasi plastis sehingga plat tidak akan kembali ke bentuk semula.

METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



Dilakukan Juga Pengujian aktual untuk membandingkan hasil simulasi dengan pengujian lapangan.

Alat dan Bahan

- 1 Alat uji tekan



Gambar 2. Alat Uji Tekan

Thin Cylinder



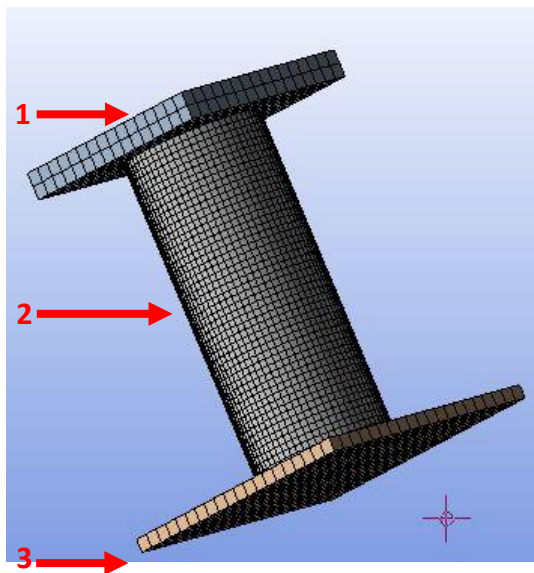
Gambar 3. Aluminium Thin Cylinder

METODOLOGI PENELITIAN

Gambaran Permasalahan

Pada simulasi buckling ini langkah yang dilakukan yaitu membuat model rangka dan *punch*, kemudian melakukan simulasi dengan variasi jumlah elemen, selanjutnya dilakukan studi konvergensi dengan melakukan *meshing* untuk jumlah elemen yang berbeda beda sampai konvergensi terpenuhi dan metode *Velocity* pada *punch* atau penekan. Hasil simulasi dapat dilihat nilai tegangan regangan, deformasi dan *buckling* yang terjadi.

Permodelan pengujian



Gambar 4.Assembly bentuk pengujian

1. Punch

Punch adalah benda yang berfungsi memberikan pembebanan pada material uji Aluminium dan bersifat rigid. Dengan geometri yang telah ditentukan yaitu (100x100) mm²

2. Rangka

Rangka yang akan di uji dalam permodelan yang berjenis *deformable* atau fleksibel berdiameter: 40mm panjang: 120mm dan tebal: 0,2mm. Model rangka diberikan properties material sebagai berikut:

Material	: Aluminium
Density Material	: 2770 kg/m ³
Modulus elastisitas	: 7.1E+10
Poisson ratio	: 0.33

3. fixed support

Berfungsi menahan beban yang diterima pada material aluminium di bagian bawah. Dengan geometri (80x80) mm² dengan ketebalan 10mm. seperti gambar 6 dibawah

Perbandingan hasil Pemrograman software berbasis FEM Ansys 15.0 dengan Pengujian Aktual di Lapangan.

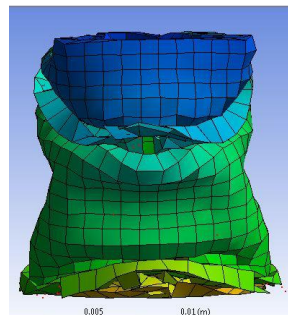
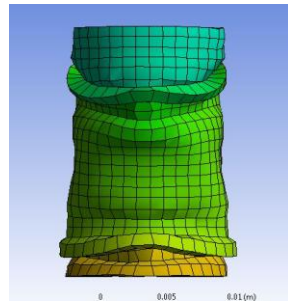
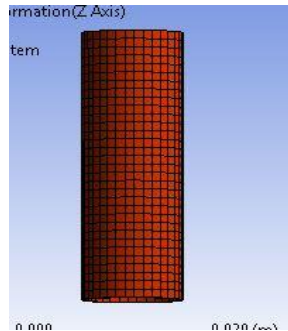
Pengujian dilakukan dengan property material dan geometry yang sama dengan Ansys 15. Pengujian menggunakan Software Ansys yang dilakukan di Labkom Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, dengan spesifikasi Komputer sesuai spesifikasi minimal software. Sementara untuk pengujian Aktual dilakukan pada Laboratorium Teknik Sipil.

Dengan tujuan, Membandingkan dua hasil output data dari Program Ansys Workbench dengan Pengujian Aktual di Lapangan.



Gambar 5. Thin cylinder uji actual dan alat mesin tekan pada lab Sipil.

Dengan Melakukan Pengamatan terhadap dua hasil pengujian yang dilakukan, yaitu dengan Simulasi pada Ansys Workbench dan Pengujian yang dilakukan pada Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Diketahui bahwasanya kedua hasil pengujian mempunyai hasil Deformasi yang mendekati walaupun tidak sebaik dari Simulasi Ansys 15.



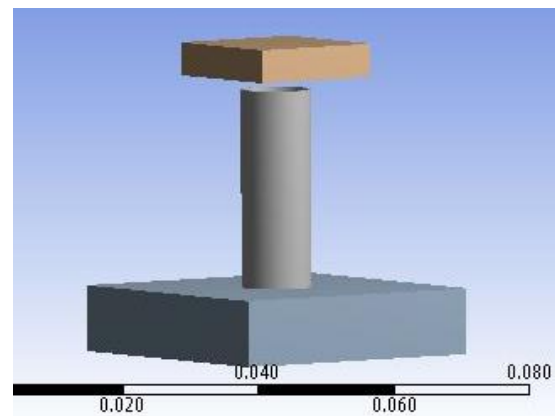
Gambar 6. Hasil Pengujian yang dilakukan pada Lab. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan Ansys per stepnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

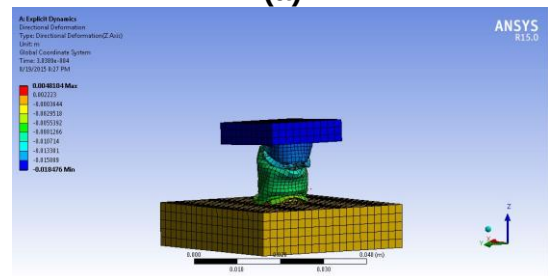
Hasil Simulasi Dan Pembahasan

Visualisasi proses *buckling* tekuk

Visualisasi proses *buckling* (tekuk) dengan ANSYS Workbench



(a)



(b)

Gambar 7. (a) Model *buckling* kondisi awal dan (b) model *buckling* setelah ditekan dengan *punch* pada rangka.

1. Simulasi *buckling* pada rangka dengan elemen / mesh 2945, 3260, 3388, 4455, dan 4936.

Simulasi dari penelitian dan pengamatan yang dilakukan adalah gerakan *impact* (benturan) pada arah aksial dari masing masing rangka dengan element 2945, 3260, 3388, 4455 dan 4936 dengan bantuan Ansys Workbench 15. Simulasi dilakukan dengan menekan menggunakan beban pada rangka yang *deformable* atau fleksible dengan benda yang *rigid*, dengan bahan *deformable* kerangka dapat diteliti deformasinya dan dengan bahan yang *rigid* tidak akan berubah bentuk saat dilakukan pengujian *impact*.

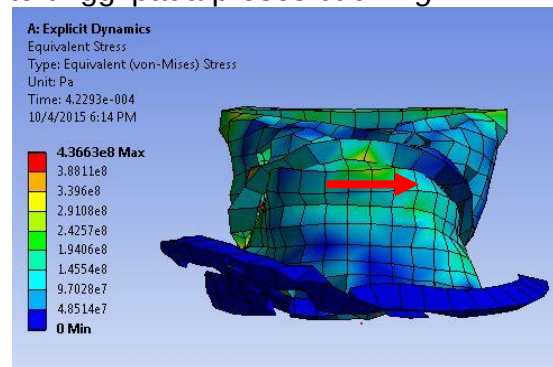
Besarnya deformasi yang terjadi oleh rangka dari hasil simulasi saat dipengaruhi oleh kecepatan dan masa dan energi kinetik yang terjadi dasar dari analisa uji tekan yang dilakukan. Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja, sedangkan kerja adalah gaya dikalikan jarak, dari sini bisa diambil pengertian bahwa gaya yang bekerja adalah gaya luar yang dipengaruhi oleh jarak dan kecepatannya. Sedangkan gaya dalam (*internal work*) akan mempengaruhi besarnya energi dalam yang diterima tabung tipis selama terjadinya benturan. Energi dalam adalah (*internal energy*) dipengaruhi oleh besarnya deformasi yang dialami material, deformasi disini diartikan sebagai perpindahan yang dialami tabung tipis.

Pada simulasi akan ditunjukan besarnya gaya *impact* dan tegangan yang terjadi pada rangka, dimana rangka tersebut akan diambil 5 elemen yang mengalami energi kritis. Simulasi benturan atau *impact* dilakukan dengan memberikan *steptime* 1 dan *velocity* pada *punch*

atau penekan adalah 75 m/s. daerah rangka yang mengalami *buckling* dapat dilihat dan besarnya energi kinetik, energy regangan, tegangan-regangan dan gaya tumbuk (*impact*) yang dialami oleh rangka dapat diketahui dari grafik yang ditunjukkan oleh *output*.

Rangka dengan jumlah elemen 2945

Visualisasi tegangan pada *Buckling* dengan jumlah elemen 2945 pada *stepbuckling*, *frame* ke-1. *Steptime* 1 second. Pada *frame* ini menunjukkan visualisasi tegangan tertinggi pada proses *buckling*.

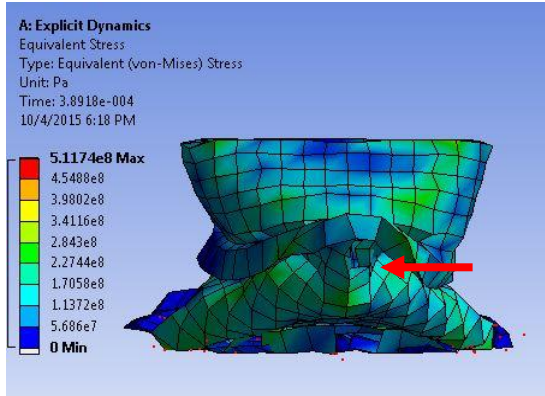


Gambar 8. Visualisasi distribusi tegangan elemen 2945

Pada gambar.8 ditunjukkan tegangan maksimum 4.3663×10^8 Pa.

Rangka dengan jumlah elemen 3260

Visualisasi tegangan pada *Buckling* dengan jumlah elemen 3260 pada *stepbuckling*, *frame* ke-1. *Steptime* 1 second. Pada *frame* ini menunjukkan visualisasi tegangan tertinggi pada proses *buckling*.

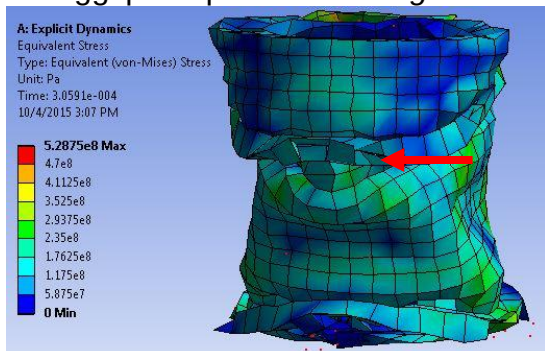


Gambar 9. Visualisasi distribusi tegangan elemen 3260

Pada gambar.9 ditunjukkan tegangan maksimum 5.1174×10^8 Pa. Ditunjukkan dengan panah warna merah.

Rangka dengan jumlah elemen 3388

Visualisasi tegangan pada *Buckling* dengan jumlah elemen 3388 pada *stepbuckling*, frame ke-1.*Steptime* 1 second. Pada frame ini menunjukkan visualisasi tegangan tertinggi pada proses *buckling*.



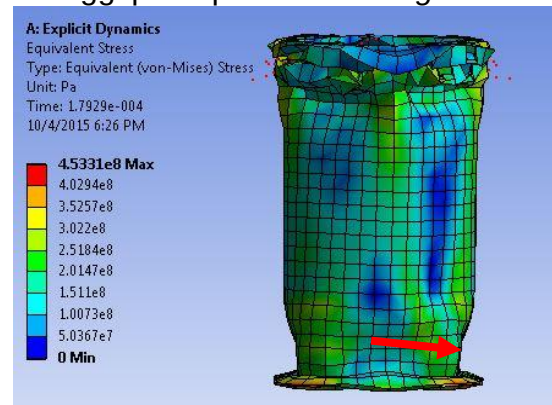
Gambar 10. Visualisasi distribusi tegangan elemen 3388

Pada gambar.10 ditunjukkan tegangan maksimum 5.2875×10^8 Pa. Ditunjukkan dengan panah warna merah.

Rangka dengan jumlah elemen 4455

Visualisasi tegangan pada *Buckling* dengan jumlah elemen 4455 pada *stepbuckling*, frame ke-

1.*Steptime* 1 second. Pada frame ini menunjukkan visualisasi tegangan tertinggi pada proses *buckling*.

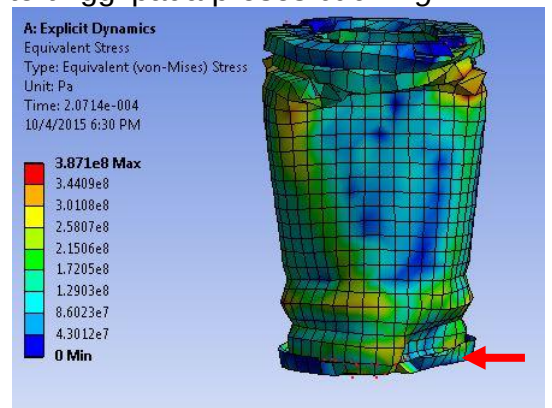


Gambar 11. Visualisasi distribusi tegangan elemen 4455

Pada gambar.11 ditunjukkan tegangan maksimum 4.5331×10^8 Pa. Ditunjukkan dengan panah warna merah.

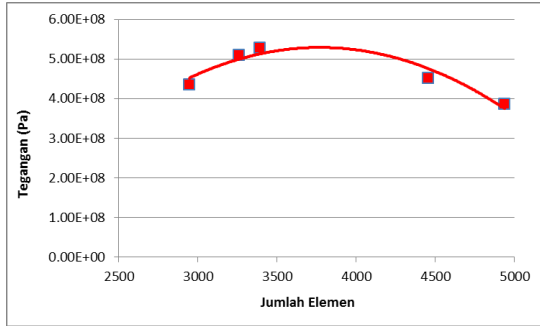
Rangka dengan jumlah elemen 4936

Visualisasi tegangan pada *Buckling* dengan jumlah elemen 4956 pada *stepbuckling*, frame ke-1.*Steptime* 1 second. Pada frame ini menunjukkan visualisasi tegangan tertinggi pada proses *buckling*.



Gambar 12 Visualisasi distribusi tegangan elemen 4936

Pada gambar.12 ditunjukkan tegangan maksimum 3.8710×10^8 Pa. Ditunjukkan dengan panah warna merah.

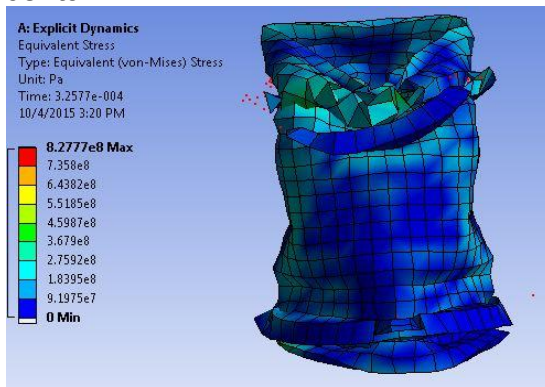


Grafik 1 Hubungan antara tegangan dengan jumlah elemen

Visualisasi proses *buckling* pada rangka elemen 3388 dengan *velocity* 70, 75, 80, 85 dan 90 m/s.

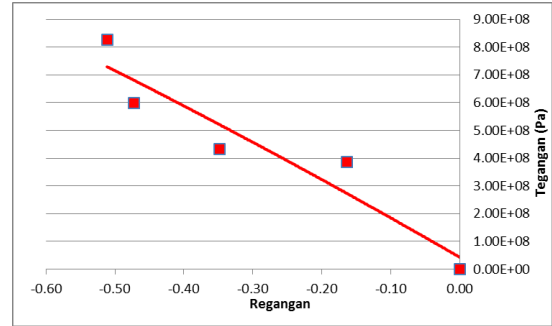
2. Simulasi *buckling* (tekuk) pada rangka elemen 3388 dengan *velocity* 70 m/s

Simulasi *buckling* (tekuk) pada rangka elemen 3388 dengan *velocity* 70 m/s mengakibatkan rangka akan mengalami tekukan sehingga mengalami deformasi atau perubahan bentuk.



Gambar 13 Visualisasi distribusi tegangan *velocity* 70 m/s

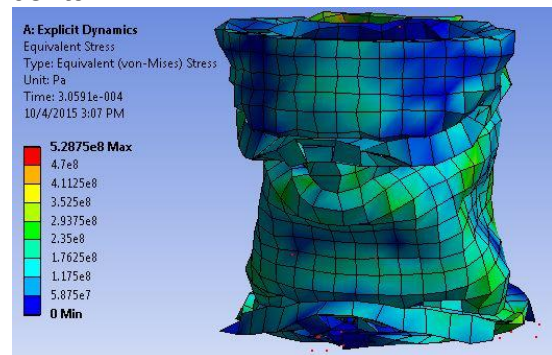
Dari gambar.13 diperoleh nilai tegangan maksimal 8.277×10^8 Pa. dan Regangan -0.5112.



Grafik 2 hubungan antara tegangan-regangan dengan *velocity* 70 m/s

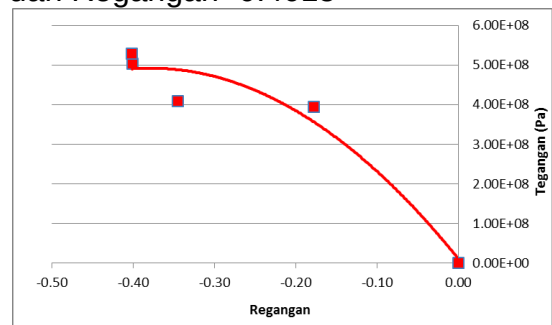
Simulasi *buckling* (tekuk) pada rangka elemen 3388 dengan *velocity* 75 m/s

Simulasi *buckling* (tekuk) pada rangka elemen 3388 dengan *velocity* 75 m/s mengakibatkan rangka akan mengalami tekukan sehingga mengalami deformasi atau perubahan bentuk.



Gambar 14 Visualisasi distribusi tegangan *velocity* 75 m/s

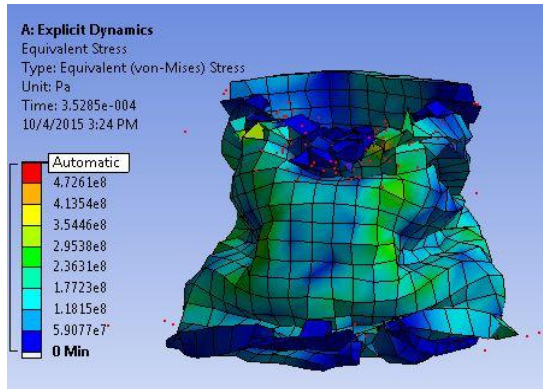
Dari gambar.14 diperoleh nilai tegangan maksimal 5.2875×10^8 Pa. dan Regangan -0.4015



Grafik 3 hubungan antara tegangan-regangan dengan *velocity* 75 m/s

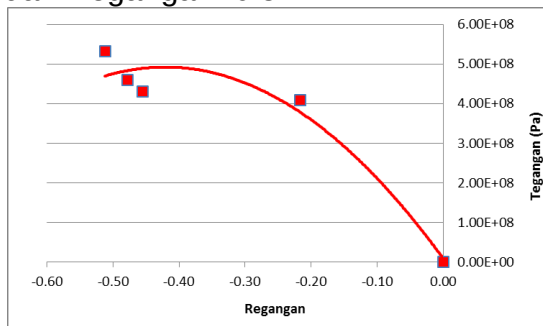
Simulasi *buckling* (tekuk) pada rangka elemen 3388 dengan *velocity* 80 m/s

Simulasi *buckling* (tekuk) pada rangka elemen 3388 dengan *velocity* 80 m/s mengakibatkan rangka akan mengalami tekukan sehingga mengalami deformasi atau perubahan bentuk.



Gambar 14 Visualisasi distribusi tegangan *velocity* 80 m/s

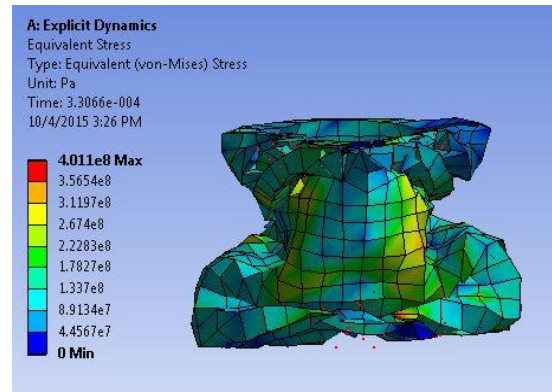
Dari gambar.14 diperoleh nilai tegangan maksimal 5.3169×10^8 Pa. dan Regangan -0.5122



Grafik 4 hubungan antara tegangan-regangan dengan *velocity* 80 m/s

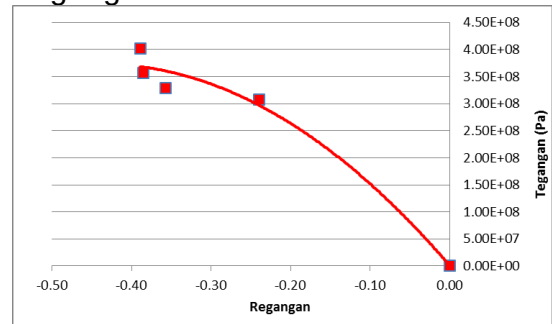
Simulasi *buckling* (tekuk) pada rangka elemen 3388 dengan *velocity* 85 m/s

Simulasi *buckling* (tekuk) pada rangka elemen 3388 dengan *velocity* 85 m/s mengakibatkan rangka akan mengalami tekukan sehingga mengalami deformasi atau perubahan bentuk.



Gambar 14 Visualisasi distribusi tegangan *velocity* 85 m/s

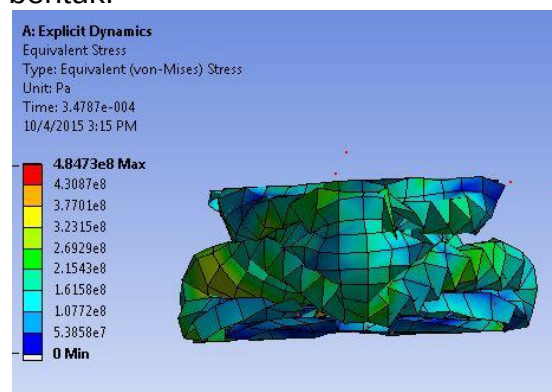
Dari gambar.14 diperoleh nilai tegangan maksimal 4.011^8 Pa. dan Regangan -0.3889



Grafik 5 hubungan antara tegangan-regangan dengan *velocity* 85 m/s

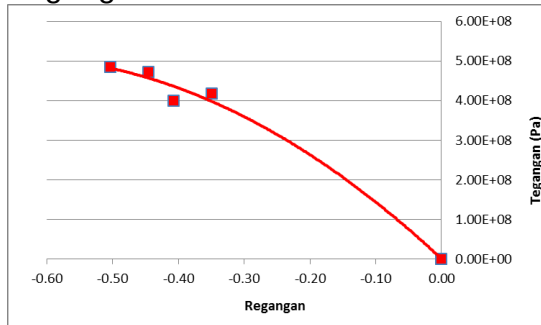
Simulasi *buckling* (tekuk) pada rangka elemen 3388 dengan *velocity* 90 m/s

Simulasi *buckling* (tekuk) pada rangka elemen 3388 dengan *velocity* 90 m/s mengakibatkan rangka akan mengalami tekukan sehingga mengalami deformasi atau perubahan bentuk.



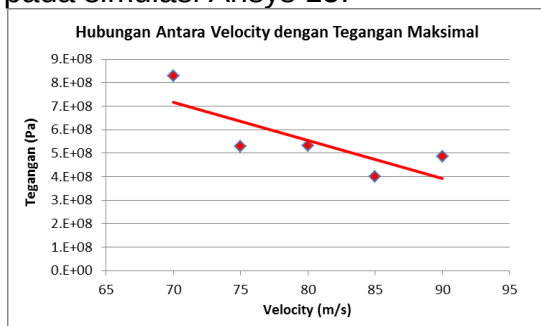
Gambar 20 Visualisasi distribusi tegangan *velocity* 90 m/s

Dari gambar.15 diperoleh nilai tegangan maksimal 4.8473^8 Pa. dan Regangan -0.50372



Grafik 6 hubungan antara tegangan-regangan dengan *velocity* 90 m/s

Hubungan antara besarnya *velocity* dengan tegangan maksimal pada simulasi Ansys 15.



Pada simulasi Buckling (tekuk) dengan variasi *velocity* yang berbeda yaitu 70, 75, 80, 85 dan 90 m/s dengan jumlah elemen 3388 dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi

velocity yang diberikan, maka deformasi yang terjadi pada material semakin tinggi. Sehingga rangka yang mula mula lurus berubah menjadi menekuk dan panjang rangka berubah menjadi pendek. Seperti yang ditunjukkan pada gambar.

Kesimpulan

1. Fenomena *Buckling* pelat berhasil dilakukan dengan software Ansys. Pada simulasi Buckling (tekuk) dengan variasi *velocity* yang berbeda yaitu 70, 75, 80, 85 dan 90 m/s dengan jumlah elemen 3388, semakin tinggi *velocity* yang diberikan, maka deformasi yang terjadi pada material semakin tinggi, Sehingga rangka yang mula mula lurus berubah menjadi menekuk.

2. Parameter yang berpengaruh pada FEM dengan software Ansys adalah ukuran *mesh* dan *velocity*, semakin tinggi *Velocity*nya, beban maksimal yang mampu ditahan oleh material semakin rendah, karena ada unsur kejutan yang mempengaruhi titik simetrisnya dan semakin sedikit jumlah elemen atau *mesh* maka tabung plat tipis semakin menekuk.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakir (2005), Simulasi *Buckling* dan Collapse Menggunakan software Metode Elemen Hingga. Tugas Akhir S-1. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Bourke, M.A, Beyerlein, I. J, 2003, Finite Element Analysys of the Plastic Deformasi Zone and Working Load in Equal Chanenel of Abgular Extrution, Journal of Material Processing Technology, NM 87545, USA.
- Dishong.(2003) Pokok Teknologi Struktur untuk Konstruksi dan Arsitektur. Department Of ConstructionManagement Louisiana State University.
- Hutton. (2004)*Fundamental Of Finite Elemen Analysis*, International Edition Newyork.
- Popov, E.P., 1986, Mekanika Teknik, Edisi kedua Erlangga, Jakarta.
- Sutrisno (2011), Study *Buckling* dan Melakukan Simulasi dengan Software Berbasis Metode Elemen Hingga. Tugas Akhir S-1. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.