

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam menyelesaikan masalah dalam penelitian ini adalah eksperimental semu yaitu melakukan simulasi program dengan *software ANSYS 13* yang berbasis metode elemen hingga. Sebelum proses *cold expansion hole*, pada mandrel diberi variasi sudut *chamfer*. Setelah proses *cold expansion hole* kemudian diberikan pembebanan pada spesimen. Identifikasi nilai distribusi tegangan sisa dilakukan pada tiap variasi sudut *chamfer* mandrel sehingga diketahui pengaruh masing - masing efeknya terhadap distribusi tegangan sisa tekan di sekitar lubang pada spesimen. Disamping itu juga dilakukan studi literatur untuk memperoleh informasi tambahan berkenaan dengan penelitian yang dilakukan.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a) Variabel bebas

- Variasi sudut *chamfer* mandrel, yaitu:

$$\theta_1 = 88^\circ$$

$$\theta_2 = 87^\circ$$

$$\theta_3 = 86^\circ$$

$$\theta_4 = 85^\circ$$

$$\theta_5 = 84^\circ$$

b) Variabel terikat :

- Tegangan sisa tekan (*compressive residual stress*)

c) Variabel kontrol

Variabel yang dijaga konstan selama penelitian adalah:



1. *Material properties* aluminium 7075 – T6Tabel 3.1 *material properties*

<i>Properties</i>	<i>Besar</i>
<i>Density</i> ($\times 1000 \text{ kg/m}^3$)	2,785
<i>Poisson's Ratio</i>	0,33
<i>Shear Modulus</i> (GPa)	28,6
<i>Maximum Tensile Strength</i> (MPa)	760
<i>Initial Yield Strength</i> (MPa)	260
<i>Hardening Constanta</i>	310
<i>Hardening Exponent</i>	0,185
<i>Derivative dG/dT</i> (Pa/C)	3,50e7
<i>Derivative dY/dP</i>	0,0079
<i>Gruneisen Coefisien</i>	2
<i>Specific Heat</i> (J/kg-K)	863

Sumber : *Ansys material library*

2. Dimensi spesimen

- Panjang spesimen = 50 mm
- Lebar spesimen = 50 mm
- Tebal spesimen = 5 mm

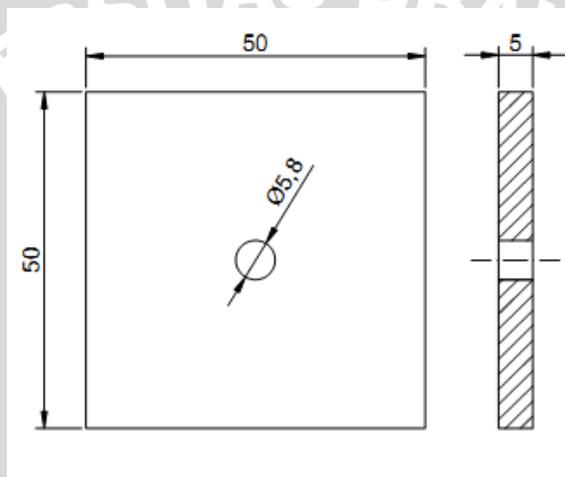
3.3 **Pemodelan bentuk dan spesimen**

Ada 4 komponen yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

- Mandrel, mandrel berbentuk tabung ber-*tapper* dengan dimensi panjang 30 mm dan diameter 5,4 mm yang bervariasi sudut *chamfer* mulai dari 84° , 85° , 86° , 87° , dan 88°
- *Sleeve*, merupakan cincin yang berfungsi untuk mencegah kerusakan plat akibat gesekan dari mandrel pada proses *cold expansion hole*. Pada *sleeve* ini terdapat celah (*Gap*) agar pada saat diexpansi dengan mandrel, *sleeve* ini dapat mengembang.

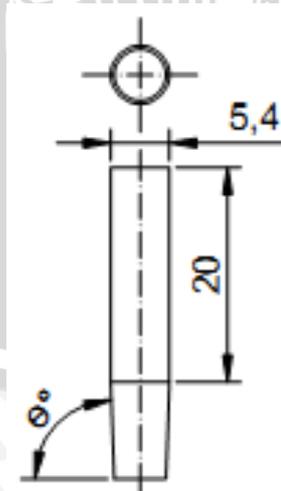
- Plat, plat dimodelkan sebagai AL 7075 – T6 dengan bentuk balok dengan panjang 50 mm, lebar 50 mm dan tebal 5 mm. Plat tersebut diberi lubang di tengah-tengahnya dengan diameter 5,8 mm.
- Tumpuan (*fixed support*), tumpuan berbentuk balok dengan ukuran panjang 60 mm, lebar 60 mm dan tebal 5 mm, serta dilubangi bagian tengahnya dengan diameter 14 mm. Tumpuan diletakan dibawah plat, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

a. Spesimen plat aluminium 7075 - T6



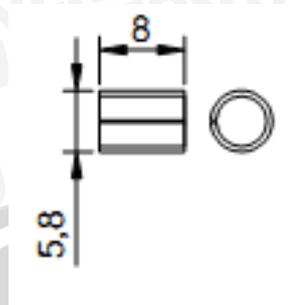
Gambar 3.1 Spesimen plat aluminium 7075 - T6

b. Mandrel



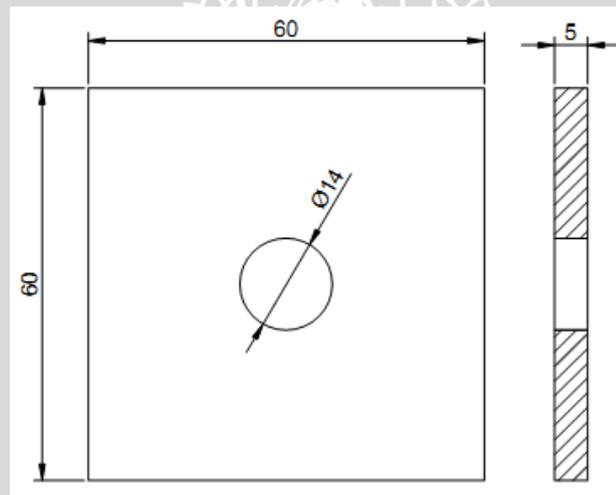
Gambar 3.2 Mandrel

c. Sleeve



Gambar 3.3 Sleeve

d. Fixed support

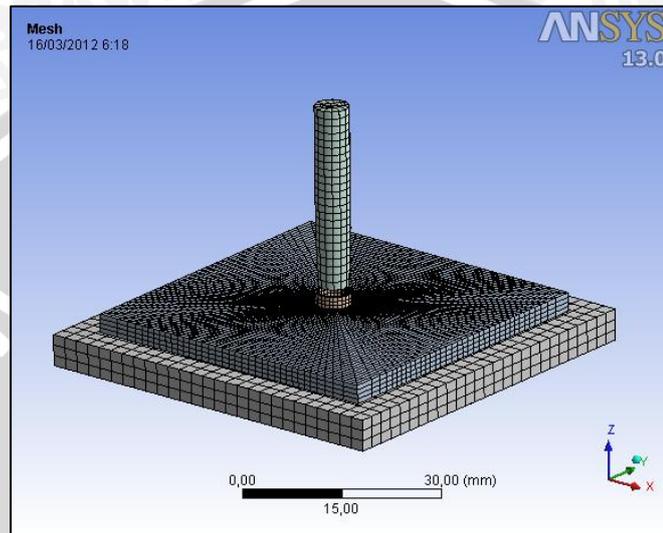


Gambar 3.4 Fixed support

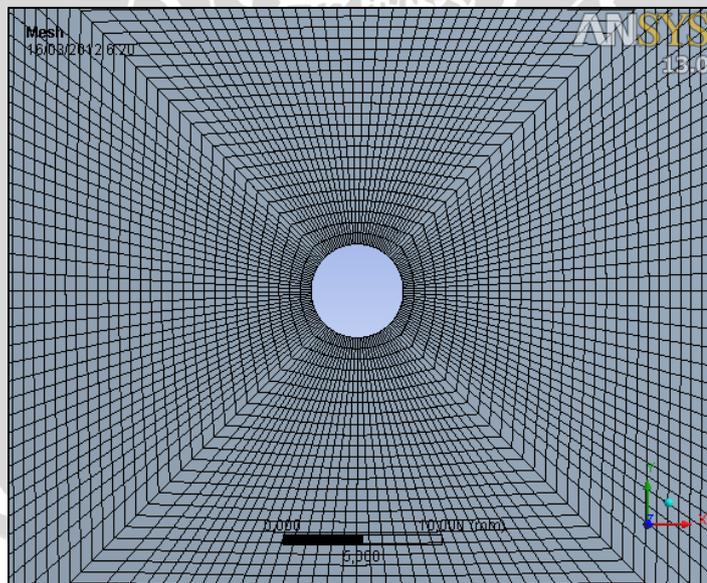
3.4 Meshing

Meshing adalah proses membagi benda kerja menjadi elemen-elemen kecil. Semakin kecil elemen yang dibentuk semakin besar pula persamaan yang harus diselesaikan oleh *software* sehingga beban komputer akan semakin besar namun nantinya hasil yang akan diperoleh juga semakin akurat. Pada *software ANSYS 13* ini *meshing* dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu manual dan otomatis. Cara manual yaitu *user* akan mendiskritisasi banyaknya elemen yang akan terbentuk dengan memasukkan tipe, ukuran, dan jumlah elemen sesuai

dengan yang dikehendaki. Sedangkan cara otomatis *user* cukup memilih tipe elemen untuk ukuran dan jumlah elemen yang terbentuk secara otomatis. ANSYS akan menentukan sendiri tergantung dari permodelan benda kerja yang digambar dan spesifikasi komputer yang dipakai. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.5 berikut ini:



(a)



(b)

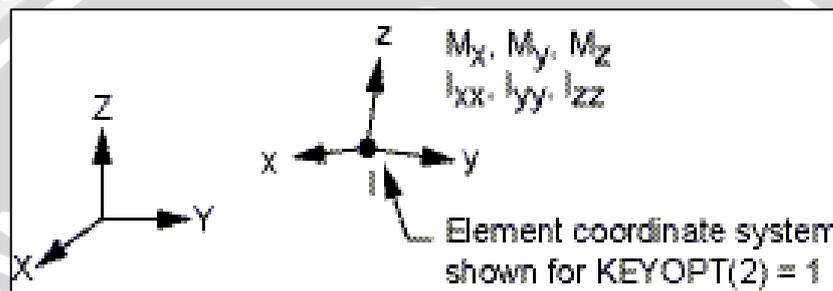
Gambar 3.5 (a). Proses meshing
(b). Plat di mesh dengan menggunakan *mapped face meshing*

Dalam penelitian ini digunakan ANSYS 13 Workbench, sehingga untuk mengetahui tipe elemen yang digunakan harus dibawa (permodelan model di

export) dulu ke *Mechanical APDL*. Dari *Mechanical APDL* ini permodelan akan dibuka lagi dengan *ANSYS CLASSIC*, dengan cara ini tipe elemen dapat diketahui dengan membuka tipe elemen pada menu *ANSYS CLASSIC*. Elemen yang digunakan pada penelitian ini pada dasarnya ada 2 macam yaitu:

1. Elemen penyusun solid

Elemen solid yang digunakan adalah MASS21, elemen ini mempunyai 6 *Degree Of Freedom (DOF)*, yaitu translasi X, Y, Z dan rotasi pada sumbu X, Y, Z.



Gambar 3.6 Geometri MASS21

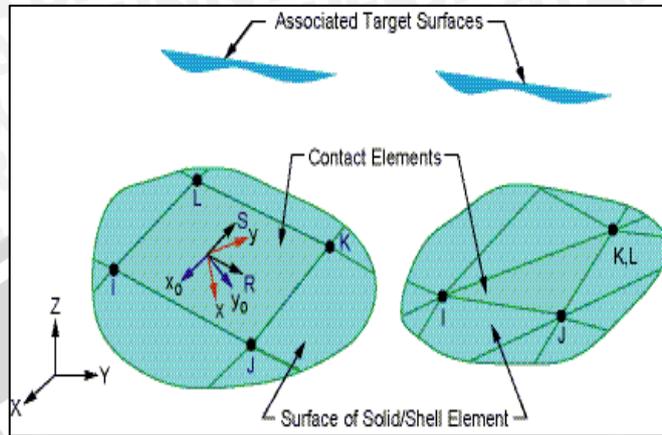
Sumber: *Element Library ANSYS 13*

Elemen ini didefinisikan sebuah node tunggal dengan massa yang terkonsentrasi pada arah sumbunya dan momen inersia terhadap sumbunya. Koordinat dari elemen ini bisa dimulai dari koordinat global ataupun koordinat lokal untuk node selanjutnya. Untuk analisa deformasi yang besar koordinat sistem pada elemen ini akan berotasi dengan koordinat nodal.

2. Elemen *contact*

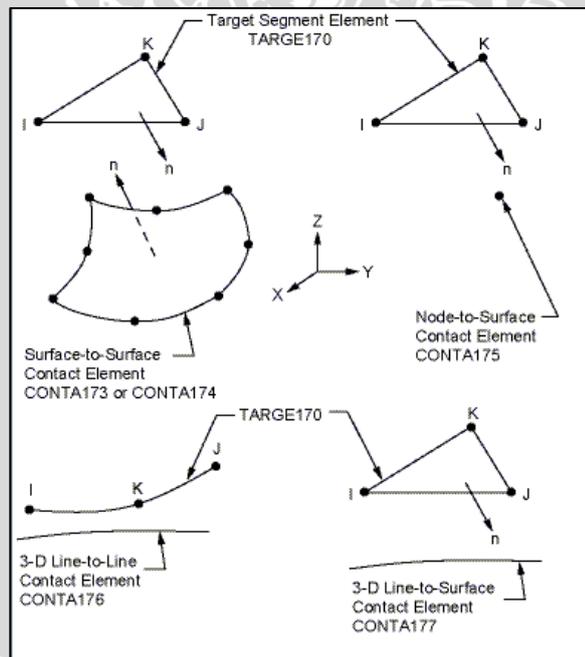
Elemen *contact* yang digunakan adalah CONTA174 yang tergabung dengan TARGE170. Elemen ini digunakan untuk mempresentasikan kontak dan *sliding* dari permukaan antara 2 obyek 3D dengan salah satu permukaan rigid dengan permukaan yang lainnya dapat terdeformasi. Elemen ini diaplikasikan pada *3D structural* dan pada suatu *field contact analysis*. Elemen ini terletak pada permukaan *3D solid* atau *shell element* dengan *midside node*. CONTA174 karakteristik geometrinya sama elemen awalnya. CONTA174 akan aktif bila terjadi penetrasi dari *surface* targe elemen,

misalnya TARGE170. Pada elemen ini user juga dapat memasukkan parameter gesekan pada *surface* tersebut.



Gambar 3.7 CONTACT174
 Sumber: *Element Library ANSYS 13*

Dan berikut adalah gambar yang menunjukkan geometri TARGE170 :



Gambar 3.8 Geometri TARGE170
 Sumber: *Element Library ANSYS 13*

3.5 Simulasi

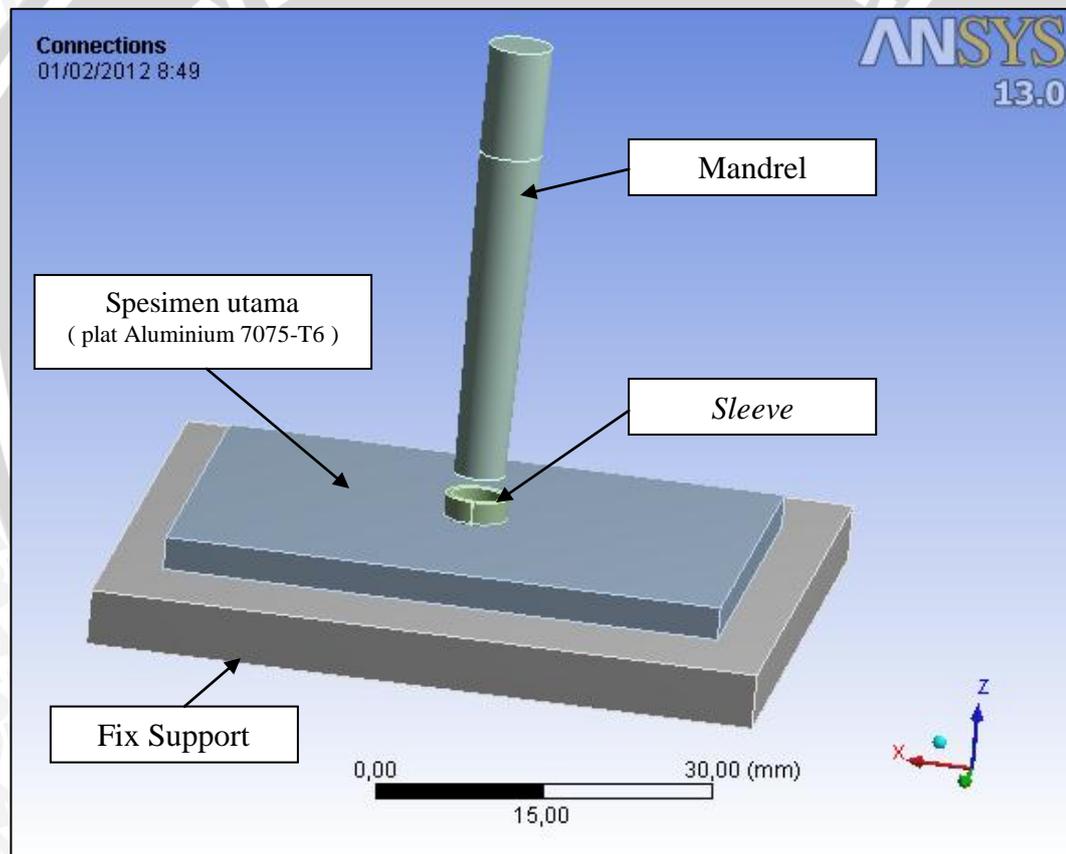
Untuk menganalisa pengaruh tegangan sisa yang terjadi pada plat, pada penelitian ini dilakukan tiga macam simulasi yang berbeda yaitu proses *cold*



expansion hole, proses *cold expansion hole* sekaligus pembebanan, dan yang terakhir adalah proses pembebanan pada plat. Untuk penjelasan dari masing-masing proses ini akan dijelaskan sebagai berikut:

3.5.1 Proses *Cold Expansion Hole*

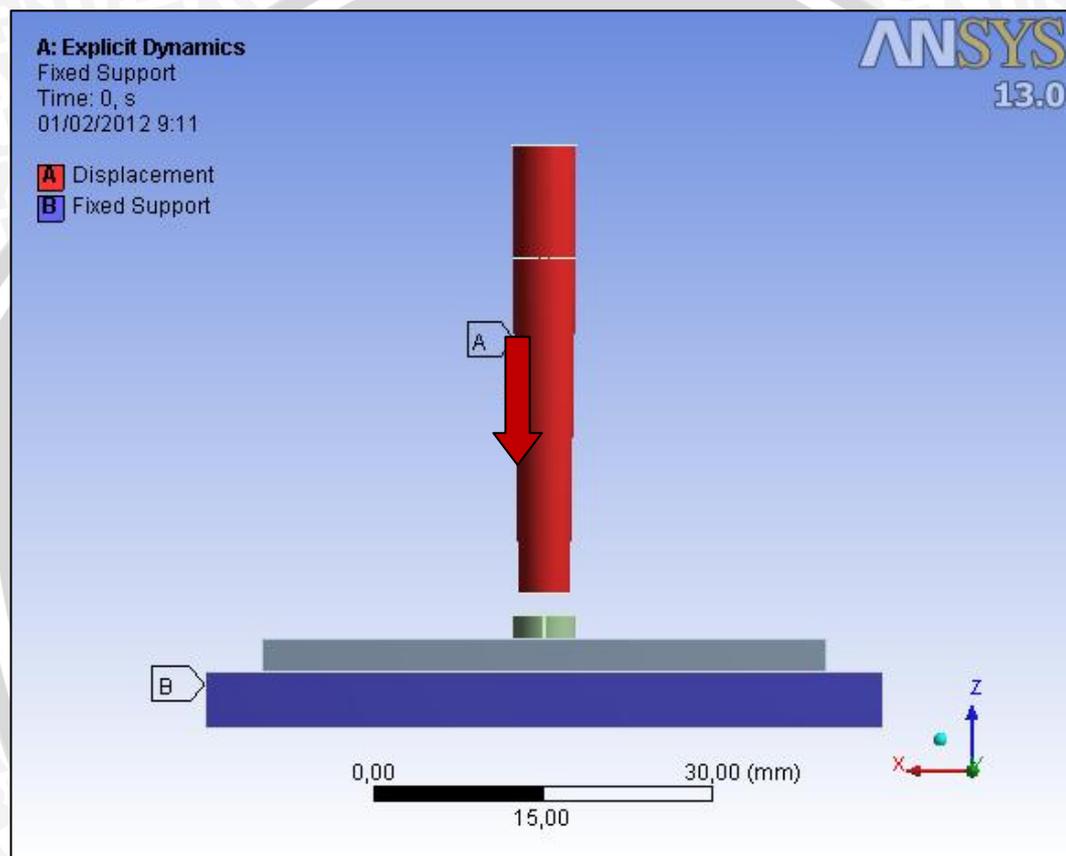
Dalam simulasi ini plat spesimen utama ditumpu oleh plat yang berfungsi sebagai *fix support* di bawahnya. Sementara itu *sleeve* dimasukkan ke dalam hole pada plat sampai sisi-sisinya saling berimpitan. Mandrel diposisikan tegak lurus dengan plat dan searah dengan *hole*. Berikut adalah gambar pemodelan simulasi *cold expansion hole*:



Gambar 3.9 Pemodelan simulasi *cold expansion hole*

Dalam proses ini mandrel yang sebelumnya telah diberikan variasi pada sudut camfernya antara lain sudut 88° , 87° , 86° , 85° dan 84° digerakkan lurus ke bawah searah sumbu y sampai melewati *hole* dengan menggunakan *displacement*.

Sleeve yang digunakan dalam penelitian ini memiliki rongga (*Gap*) sehingga pada saat mandrel diexpansi melewati *hole*, *sleeve* masih dapat mengembang. Sementara itu di bawah spesimen diletakkan balok yang berfungsi sebagai tumpuan (*fix support*) pada saat simulasi berlangsung. Hasil dari simulasi ini digunakan untuk mengetahui distribusi tegangan sisa pada proses *cold expansion hole*. Untuk proses simulasinya dapat ditunjukkan dalam gambar 3.7 berikut:

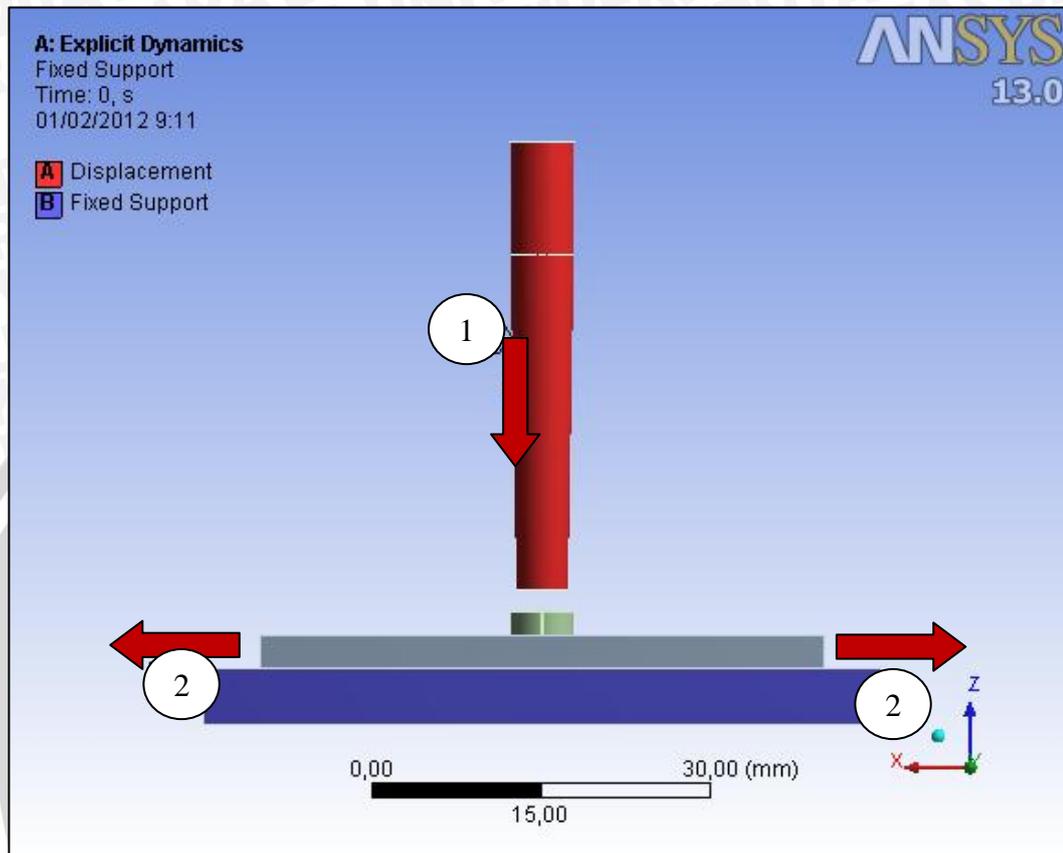


Gambar 3.10 Proses simulasi *Cold Expansion Hole*

3.5.2 Proses *Cold Expansion Hole* dilanjutkan dengan Proses Pembebanan

Dalam proses ini, mandrel yang sudah divariasi tetap diexpansikan ke bawah sampai melewati *hole*. Namun yang berbeda dari proses *cold expansion hole* yang pertama adalah dalam proses ini dilakukan 2 kali *treatment* dalam satu kali running yaitu yang pertama adalah proses *cold expansion hole* kemudian

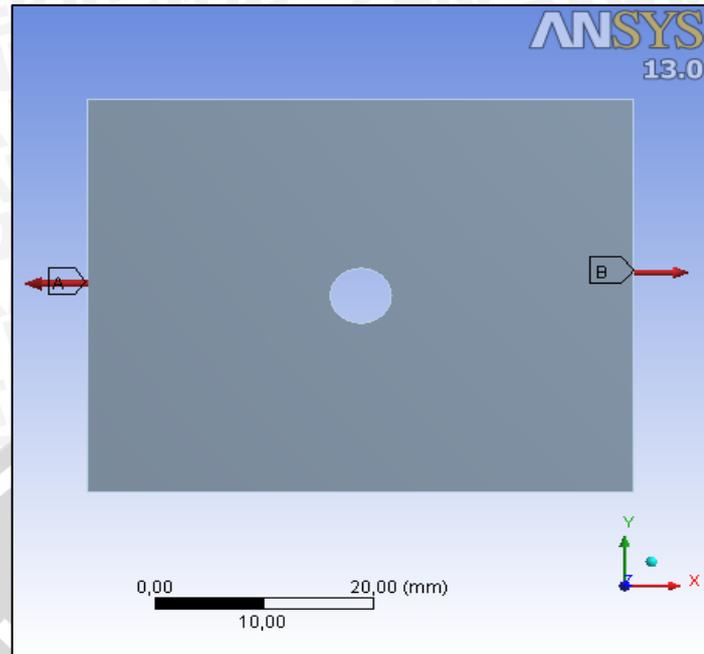
dilanjutkan dengan pemberian pembebanan axial sebesar 140 Mpa. Proses ini digambarkan dalam gambar berikut:



Gambar 3.11 Proses *Cold Expansion Hole* dilanjutkan dengan proses pembebanan

3.5.3 Pembebanan

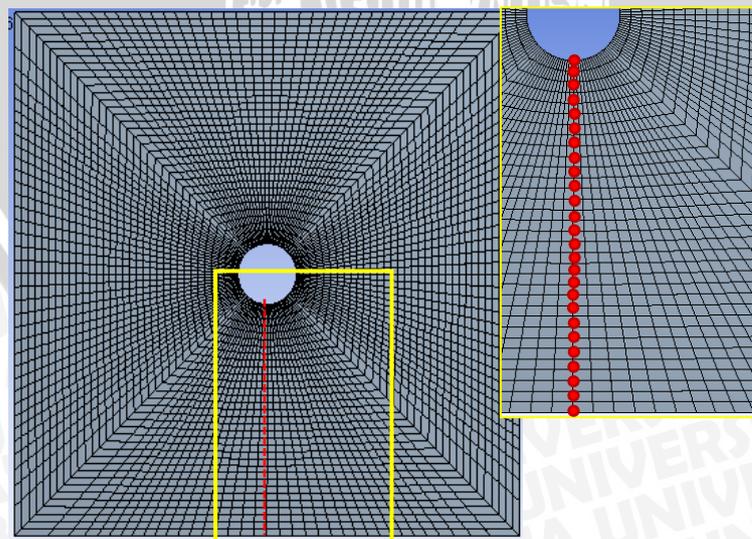
Pembebanan dilakukan dengan pemberian beban pada kedua sisi samping pelat. Besar beban yang diberikan sebesar 140 MPa, besar beban tegangan tarik ini kurang-lebih sepertiga dari *yield stress* material yang biasanya diaplikasikan pada kehidupan nyata. Untuk lebih detilnya dapat dilihat pada gambar 3.9 berikut ini:



Gambar 3.12 Simulasi Pembebanan

3.6 Pengeplotan Titik Distribusi Tegangan

Setelah proses selesai maka tahap selanjutnya adalah proses pengeplotan. Titik-titik ini diambil secara manual pada daerah sumbu y negatif mulai dari tepi lubang sambungan sampai tepi terluar plat karena daerah ini memiliki tegangan yang paling besar jika diberi beban aplikatif. Arahnya tegak lurus dengan arah pembebanan. Berikut proses pengeplotan:



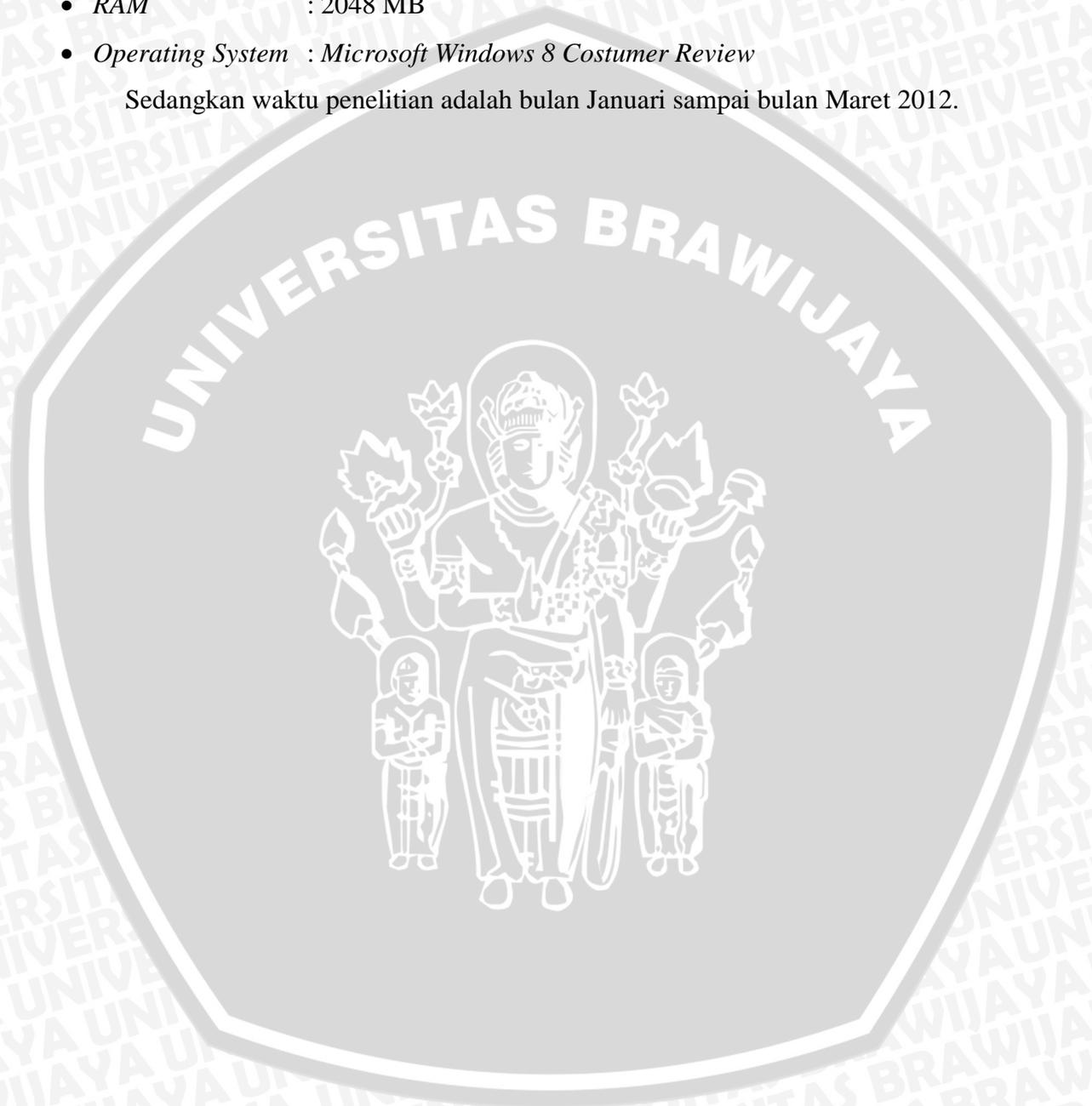
Gambar 3.13 Daerah pengeplotan pada plat

3.7 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Komputer Mesin Universitas Brawijaya dengan spesifikasi komputer sebagai berikut:

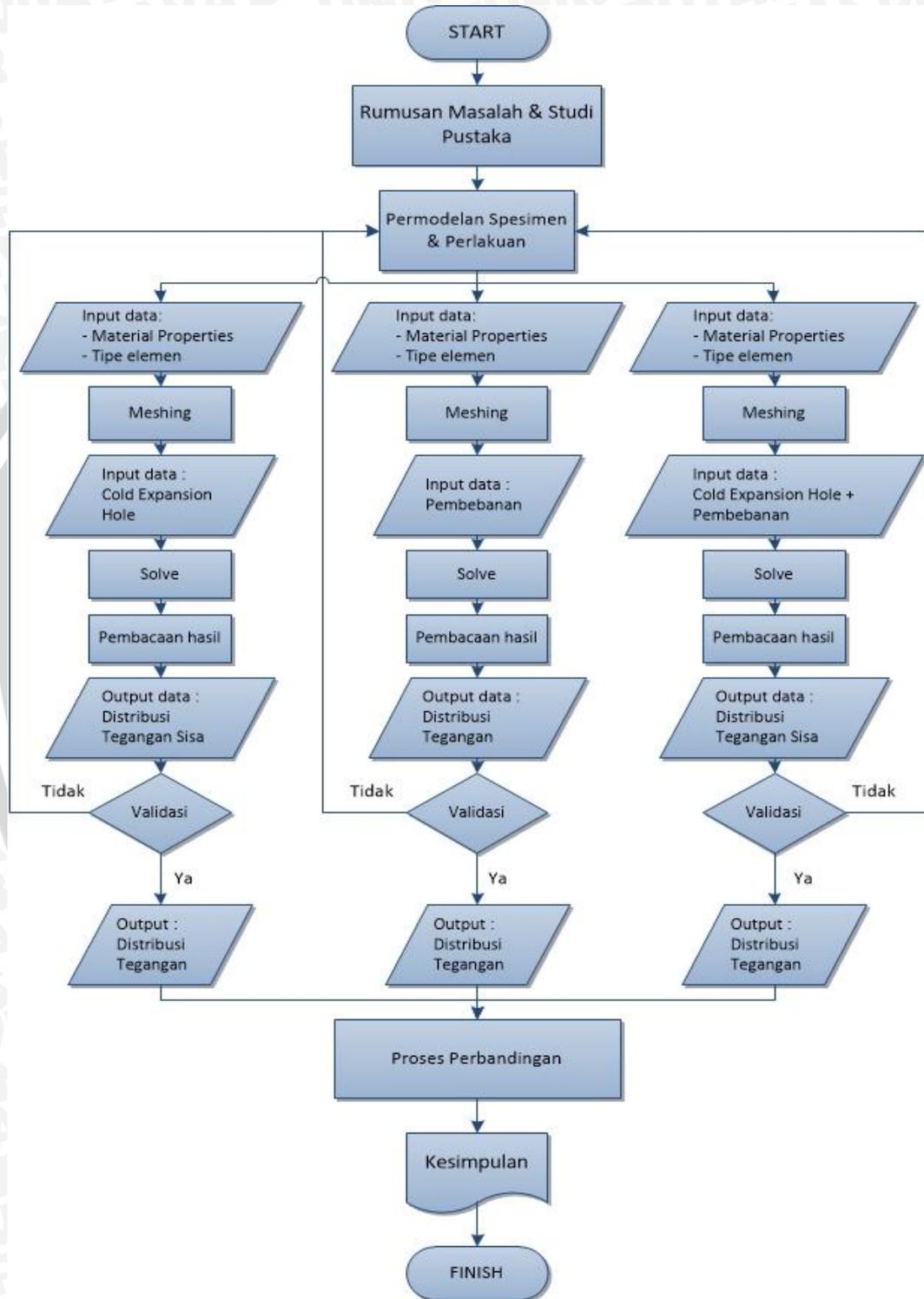
- *Processor* : Intel(R) Core TM (i3)-2100 CPU @3.10 GHz
- *RAM* : 2048 MB
- *Operating System* : *Microsoft Windows 8 Costumer Review*

Sedangkan waktu penelitian adalah bulan Januari sampai bulan Maret 2012.



3.8 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

Alur pemikiran yang dilakukan pada penelitian ini sesuai dengan diagram alir (*flow chart*) pelaksanaan penelitian sebagai berikut:



Gambar 3.14. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian