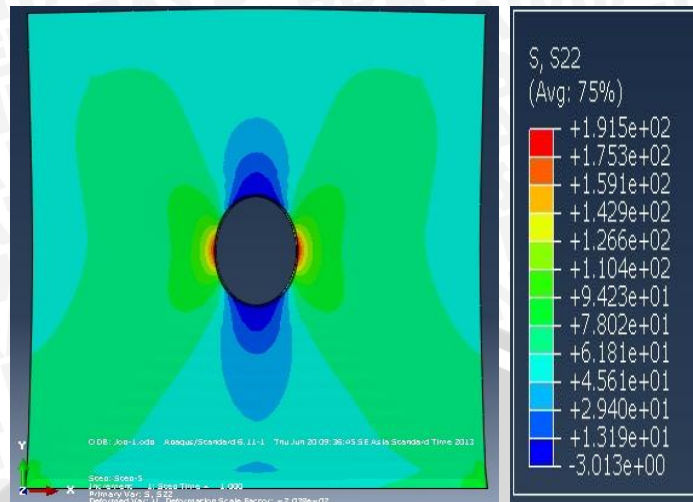


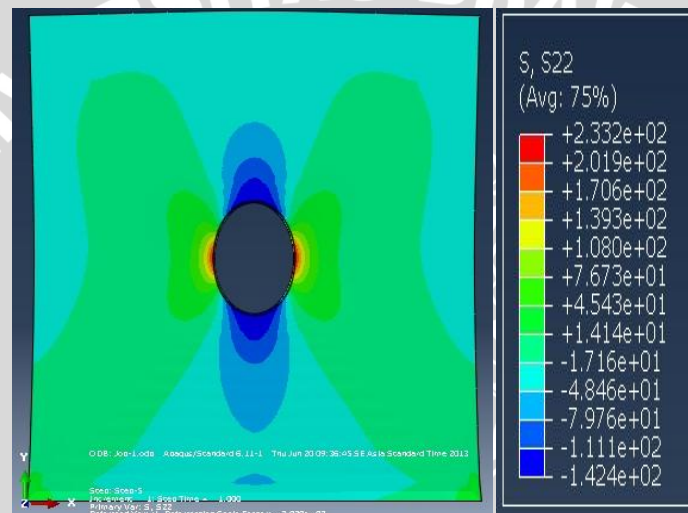
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Simulasi Pembebanan *Single Overload* pada Spesimen Tanpa *Cold Expansion Hole*

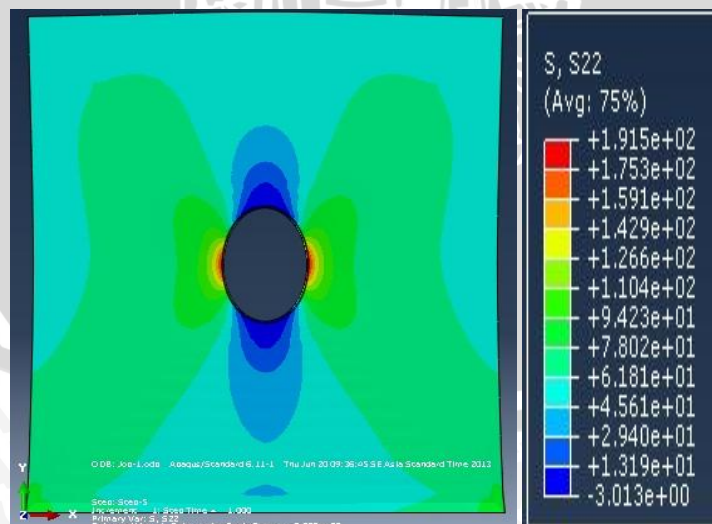
Gambar 4.1 menunjukkan *contour* distribusi tegangan pada spesimen tanpa *cold expansion hole* dengan tebal 5 mm setelah dilakukan pembebanan berulang dengan $S_{max} = 30$ dan $S_{min} = -30$ dan $R = -0.1$. Tegangan yang terjadi bervariasi mulai dari tegangan kecil dan besar, dapat dilihat dari gambar tersebut terjadi konsentrasi tegangan pada daerah sekitar lubang. Warna merah pada gambar menunjukkan tegangan tarik pada plat dengan nilai 91.58 MPa pada sisi lubang. Pada daerah ini tegangan akan dianalisa, setelah terjadi pemusatan tegangan disisi lubang warna merah ini akan memudar menjadi warna hijau bila semakin menjauh dari lubang. Hal ini menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi akan semakin turun dan juga warna biru yang menunjukkan terjadinya tegangan sisa tekan pada plat. Pada saat diberikan beban berikutnya berupa beban tekan pada spesimen juga mengalami tegangan sisa tekan yang nilainya juga 91.58 MPa dan dapat dilihat pada gambar 4.1 bahwa konsentrasi tegangan sisa tekan berada pada sisi lubang yang sebelumnya mengalami tegangan sisa tarik dan semakin jauh dari lubang nilai tegangan sisa tekan menjadi semakin rendah. Pada kondisi pembebanan tidak berubah nilai tegangan sisa tarik dan tegangan sisa tekan akan bernilai sama berdasarkan jenis dan besar gaya yang bekerja.



a. Sebelum overload



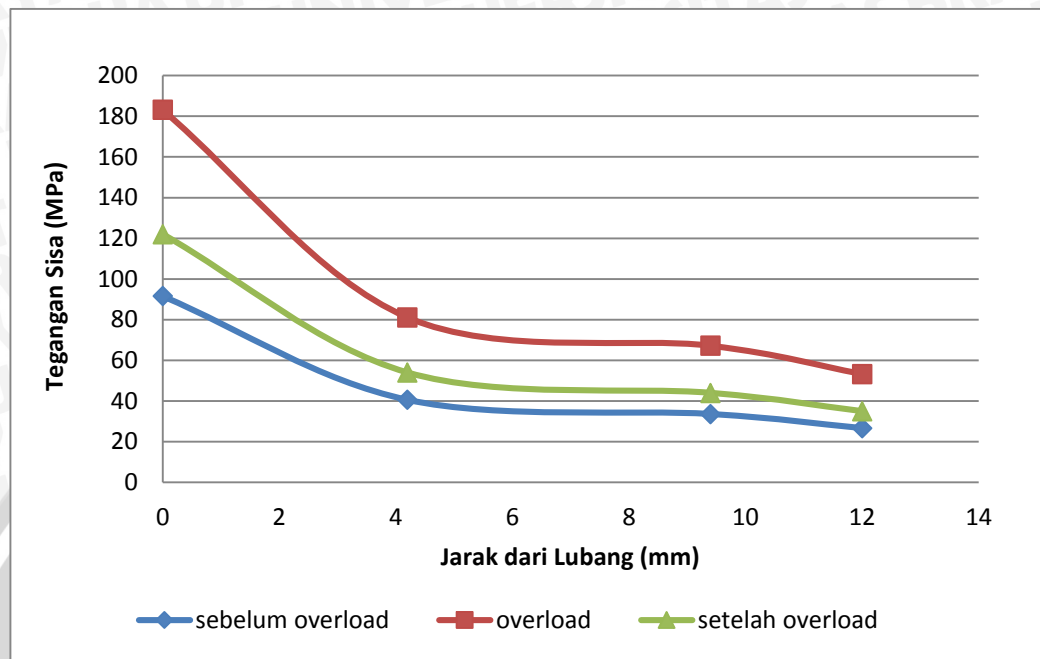
b. Overload



c. Setelah overload

Gambar 4.1 Contour distribusi tegangan pada setiap siklus a. sebelum overload, b. overload dan c. setelah overload

Bila distribusi tegangan di setiap siklus diplot dalam grafik besar tegangan terhadap jumlah siklus, maka akan didapatkan hasil seperti pada gambar 4.2 :

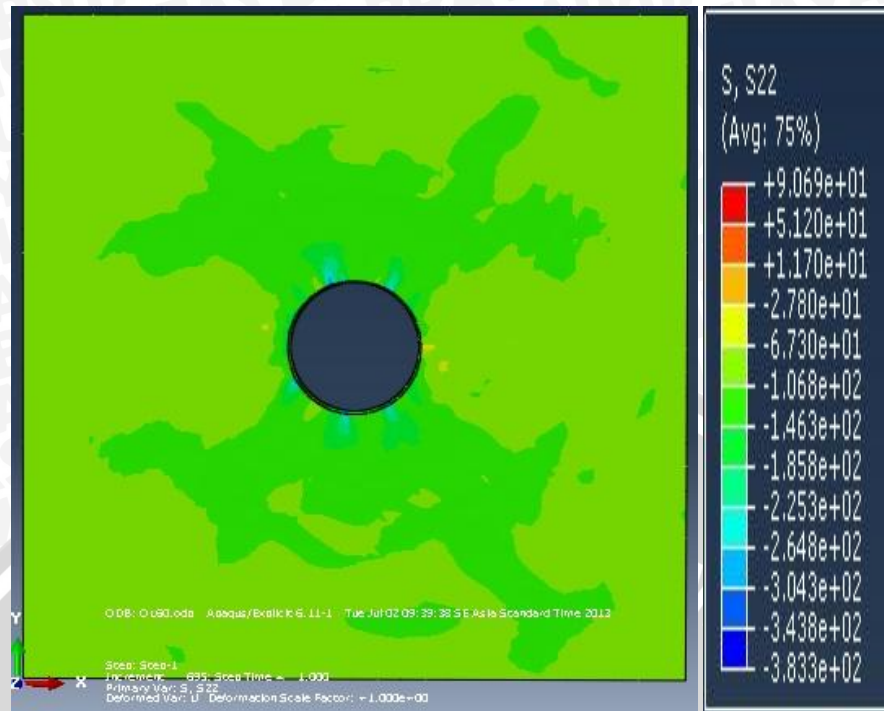


Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara pembebanan dan Tegangan Sisa di daerah lubang pada Spesimen Tanpa *Cold Expansion Hole*

Pada gambar 4.2 menunjukkan tegangan sisa tarik sebelum *overload* pada plat sebesar 91.58 MPa. Pada pemberian *overload* Tegangan sisa tarik yang dihasilkan sebesar 183.17 MPa dan dapat dilihat bahwa nilai tegangan sisa tarik menjadi lebih besar dari pembebanan sebelumnya, hal ini dikarenakan beban yang diberikan juga lebih besar (*overload*) tetapi besarnya masih dibawah tegangan yield jadi belum terjadi deformasi plastis pada spesimen dan setelah pemberian *overload* pada pembebanan berikutnya menghasilkan tegangan sisa tarik sebesar 122 MPa.

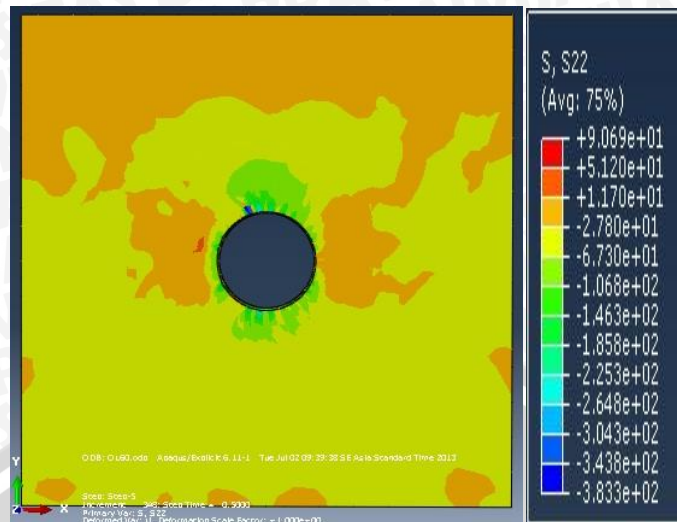
4.2 Hasil Simulasi Pembebanan *Single Overload* pada Spesimen dengan *Cold Expansion Hole*

Setelah pemberian *Cold Expansion Hole* pada spesimen, maka terbentuk daerah yang mengalami deformasi plastis di sekitar lubang (*CEAZ*) sehingga terdapat tegangan sisa tekan yang nilainya sebesar 383 MPa. Pada daerah inilah yang akan menghambat terjadinya retakan apabila diberi pembebanan dari luar sedangkan daerah yang semakin jauh dari lubang, tegangan sisa tekan akan bertransisi menjadi tegangan sisa tarik seperti pada gambar 4.3

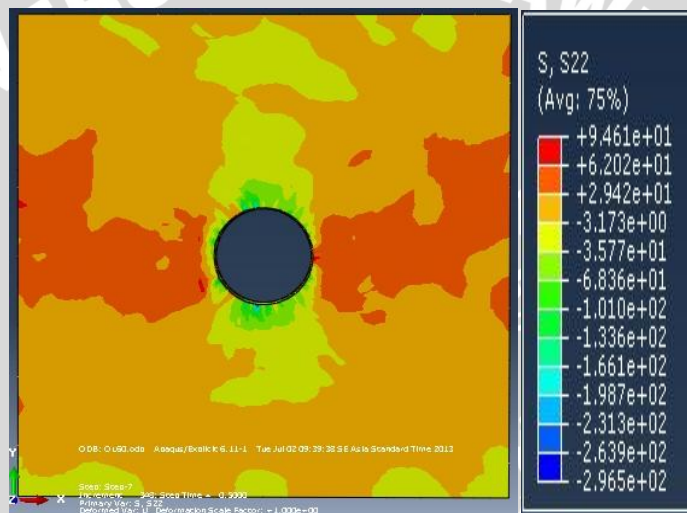


Gambar 4.3 *Contour* distribusi tegangan setelah proses *Cold expansion Hole*

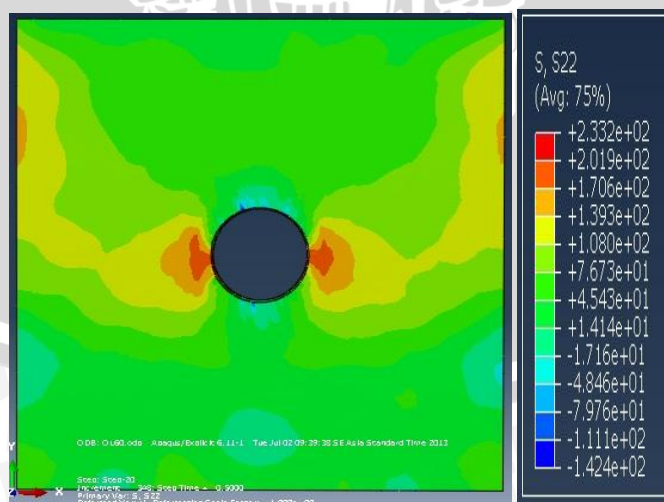
Gambar 4.3 menunjukkan *contour* distribusi tegangan pada spesimen dengan *cold expansion hole* dengan tebal 5 mm sebelum dilakukan pembebanan berulang dengan $S_{max} = 30$ dan $S_{min} = -30$ dan $R = -0.1$. Tegangan yang terjadi bervariasi mulai dari tegangan kecil dan besar, dapat dilihat dari gambar tersebut terjadi konsentrasi tegangan pada daerah sekitar lubang. Warna merah pada gambar menunjukkan tegangan tarik pada plat dengan nilai 92.81 MPa pada sisi lubang. Setelah terjadi pemusatan tegangan pada daerah disekitar lubang, warna merah ini akan memudar menjadi warna hijau bila semakin menjauh dari lubang. Hal ini menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi akan semakin turun dan juga warna biru yang menunjukkan terjadinya tegangan sisa tekan pada plat. Sedangkan pada saat diberikan beban berikutnya berupa beban tekan pada spesimen juga mengalami tegangan sisa tekan yang nilainya juga 89.43 MPa dan dapat dilihat pada gambar 4.4 bahwa konsentrasi tegangan sisa tekan berada pada sisi lubang yang sebelumnya mengalami tegangan sisa tarik dan semakin jauh dari lubang nilai tegangan sisa tekan menjadi semakin rendah. Pada kondisi pembebanan tidak berubah nilai tegangan sisa tarik dan tegangan sisa tekan akan bernilai sama berdasarkan jenis dan besar gaya yang bekerja.



a. sebelum overload



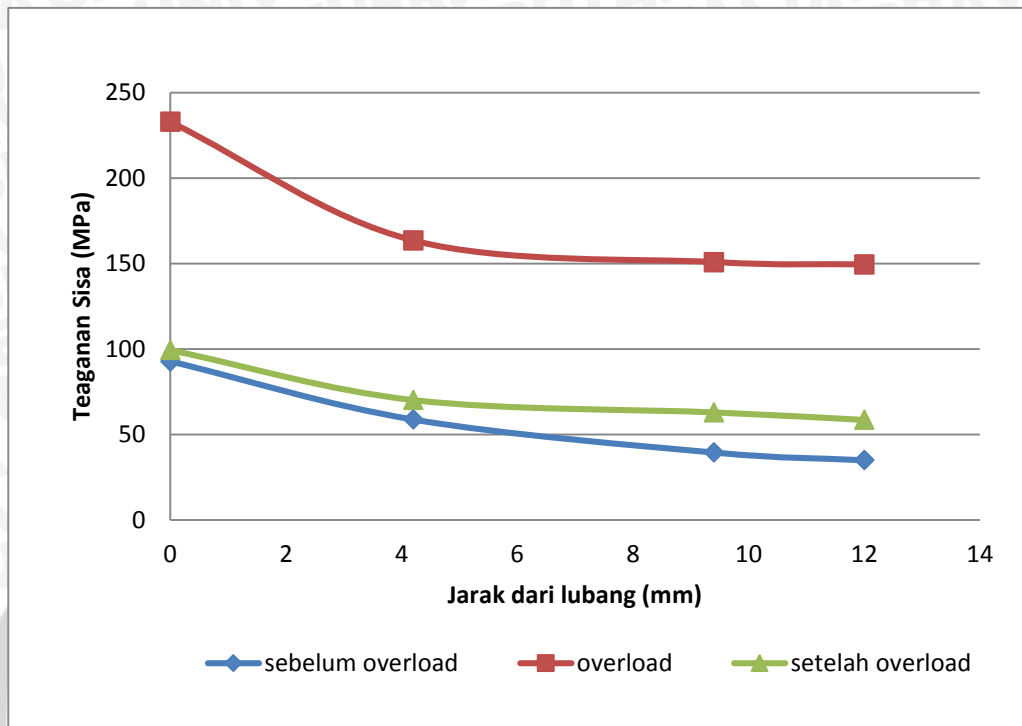
b. overload



c. setelah overload

Gambar 4.4 Contour distribusi tegangan pada setiap siklus a. sebelum overload, b. overload dan c. setelah overload

Bila distribusi tegangan di setiap siklus diplot dalam grafik besar tegangan terhadap jumlah siklus, maka akan didapatkan hasil seperti pada gambar 4.5 :

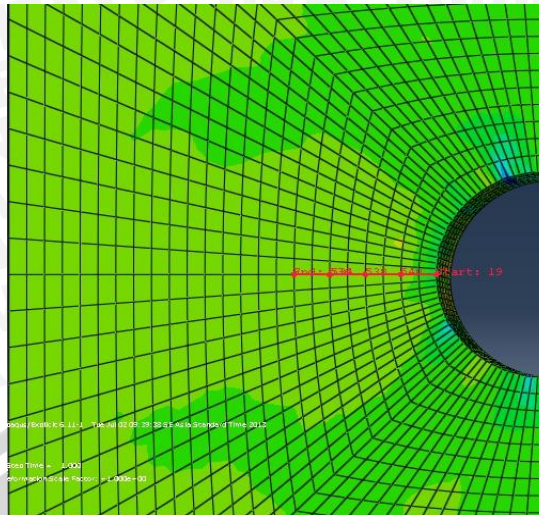


Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara pembebanan dan Tegangan Sisa di daerah lubang Spesimen dengan *Cold Expansion Hole*

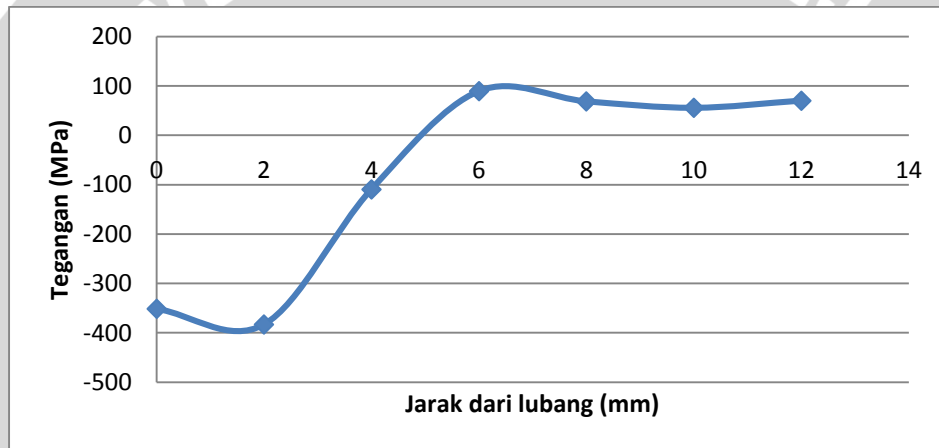
pada gambar 4.5 menunjukkan tegangan sisa tarik pada plat sebelum pemberian overload sebesar 92.81 MPa. Pada pemberian *overload* Tegangan sisa tarik yang dihasilkan sebesar 233 MPa dan dapat dilihat bahwa nilai tegangan sisa tarik menjadi lebih besar dari pembebanan sebelumnya, hal ini dikarenakan beban yang diberikan juga lebih besar (*overload*) dan juga adanya tegangan sisa dari proses *cold expansion hole*. Setelah pemberian overload pada pembebanan berikutnya menghasilkan tegangan sisa tarik sebesar 89.43 MPa.

4.3 Validasi dengan penelitian sebelumnya

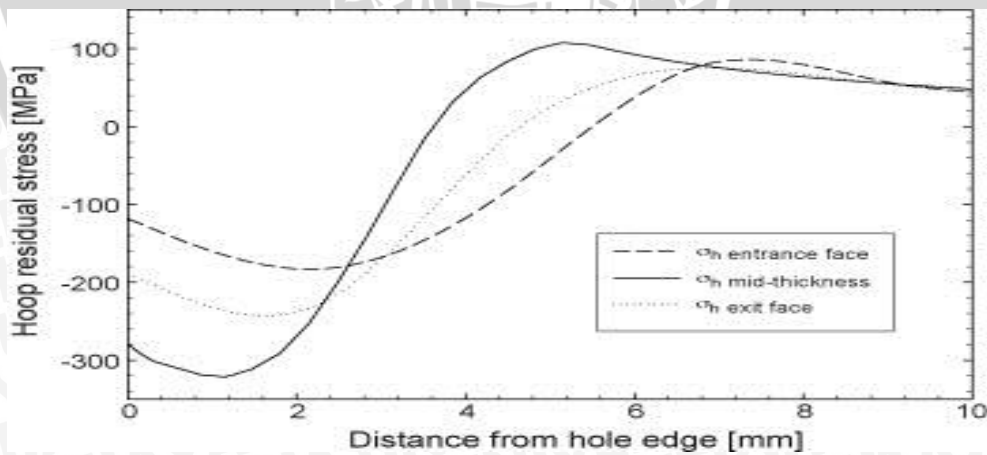
Untuk memvalidasi hasil simulasi ini maka dilakukan perbandingan hasil grafik tegangan sisa terhadap jarak dari lubang, dimana diambil beberapa titik tegangan seperti pada gambar 4.5 yang terjadi pada simulasi ini dengan hasil distribusi tegangan sisa hasil perhitungan pada penelitian V. Nigrelli dan Pasta S. Jika hasil simulasi ini memiliki distribusi tegangan sisa dengan bentuk grafik yang mirip maka hasil simulasi ini dengan hasil distribusi dapat diterima.



Gambar 4.6 Distribusi tegangan terhadap jarak dari lubang



(a) hasil penelitian



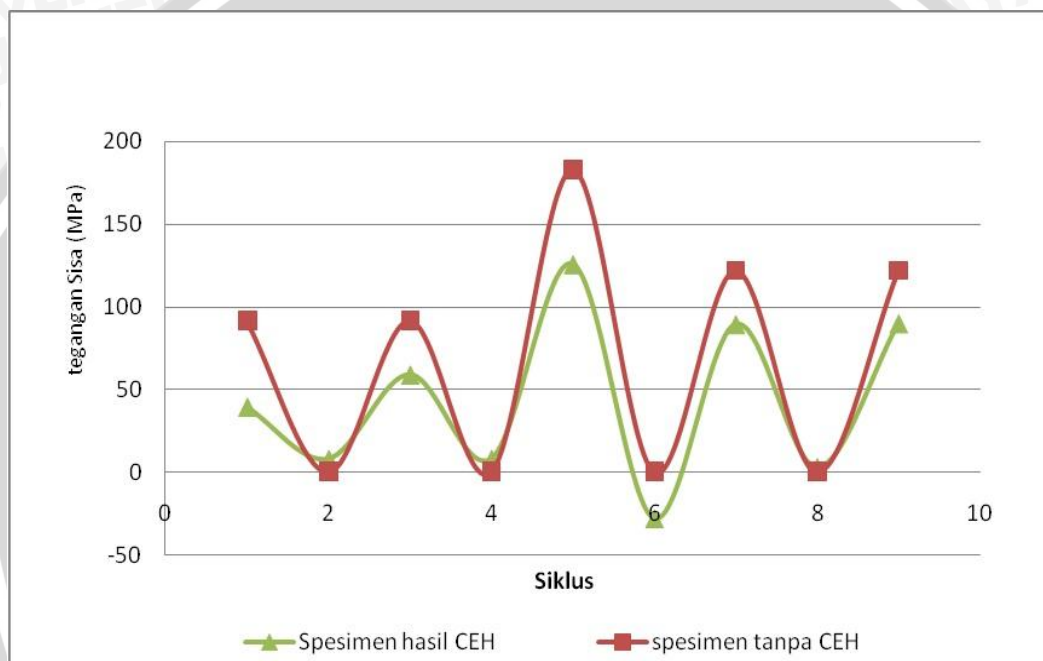
(b) hasil pada *journal* V. Nigrelli dan Pasta S

Gambar 4.7 Grafik perbandingan distribusi tegangan sisa (a) hasil penelitian (b) hasil pada *journal* V. Nigrelli dan Pasta S.

Bila dilihat pada gambar 4.7 bentuk kecenderungan grafik yang dihasilkan pada simulasi ini adalah mirip dengan grafik analisa pada jurnal, yaitu sama-sama terbentuk tegangan sisa tekan pada daerah di sekitar lubang dan akan bertransisi menjadi tegangan sisa tarik setelah menjauhi lubang.

4.4 Perbandingan Tegangan Sisa

Bila distribusi tegangan di setiap siklus diplot dalam grafik besar tegangan terhadap jumlah siklus, maka akan didapatkan hasil seperti pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Hubungan Antara tegangan Sisa pada Spesimen tanpa CEH dan dengan CEH

Dapat dilihat bahwa pada siklus pembebanan awal sebelum *overload*, besarnya tegangan sisa tarik maupun tegangan sisa tekan cenderung tetap di setiap siklusnya, tegangan sisa tarik maksimal sebesar 91.58 MPa. Sedangkan setelah pemberian *overload* besarnya tegangan sisa tarik menjadi lebih tinggi dari pada besarnya tegangan tarik pada setiap siklus sebelum *overload* sebesar 183.17 MPa. Setelah pemberian *overload* tegangan sisa tarik meningkat sebesar 122 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian *overload* pada spesimen tanpa *cold expansion hole* dapat menyebabkan semakin meningkatnya tegangan sisa tarik.

Pada spesimen hasil *cold expansion hole* dapat dilihat bahwa tegangan sisa tarik meningkat sebesar 92.81 MPa begitu pula pemberian *overload* juga memperbesar nilai tegangan sisa tarik 78 % atau sebesar 233 MPa dari pada spesimen tanpa *cold expansion hole* sedangkan tegangan sisa tarik setelah pemberian *overload* menjadi lebih rendah 73% dari pada tegangan sisa tarik pada spesimen tanpa *cold expansion hole* atausebesar 89.43 MPa. Hal ini dapat dikarenakan adanya tegangan sisa tekan pada daerah lubang hasil proses *cold expansion hole* sehingga tegangan ini akan memperkecil resultan tegangan tarik apabila dikenai beban dari luar dan juga memperkecil konsentrasi tegangan pada daerah lubang.

