

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Verifikasi Model

Dalam penelitian ini pemodelan diverifikasi dengan menggunakan perhitungan pembebanan tarik dibandingkan dengan hasil simulasi dengan menggunakan ANSYS APDL 14.5 . Geometri pemodelan yang dilakukan yaitu dengan bentuk pipa (L) = 117 mm, diameter dalam (D₂) = 8 mm, diameter luar (D₁) 12 mm dengan bentuk (2c) = 2 mm serta kedalaman retak (a) = 1 mm dan pemberian beban tarik sebesar 20000 N. Perhitungan tegangan yang dihasilkan dari pembebanan tarik dapat dihitung dengan persamaan :

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

Dimana :

σ = Tegangan (Mpa)

F = Beban tarik (N)

A = Luas alas

Contoh perhitungan :

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{20000}{\pi(12^2 - 8^2)} = \frac{20000N}{62.8mm^2} = 318.5MPa$$

Tabel 4.1 Tegangan hasil simulasi pembebanan tarik

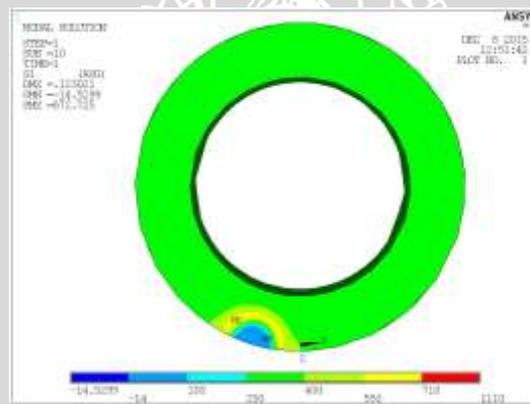
NODE	SY (MPa)	NODE	SY (MPa)	NODE	SY (MPa)
457	371.48	1457	317.72	1672	331.19
475	372.03	1458	317.75	1673	322.33
1428	318.58	1459	315.19	1674	318.72
1429	318.35	1460	316.82	1675	317.80
1430	317.13	1461	318.83	1676	319.46
1453	318.50	1462	319.14	1677	320.96
1454	318.91	1463	319.06	1678	325.62
1455	319.51	1464	318.73	1679	332.63
1456	318.79	1671	348.76	1680	347.61

Dapat dilihat pada Tabel 4.1 pada node 1428 nilai tegangan yang dihasilkan adalah sebesar 318.58 Mpa , nilai ini sama dengan hasil perhitungan. Sehingga pemodelan dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya.

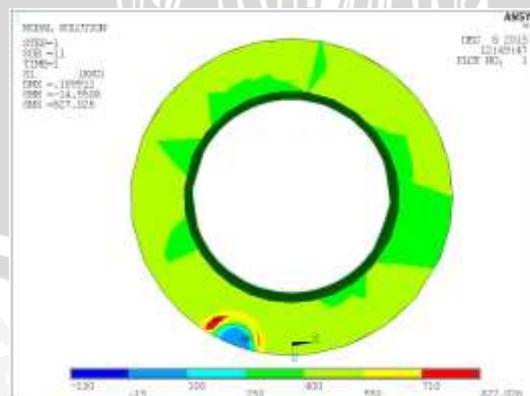
4.2 Data Hasil Simulasi

4.2.1 Kontur *Principle Stress* Hasil Simulasi

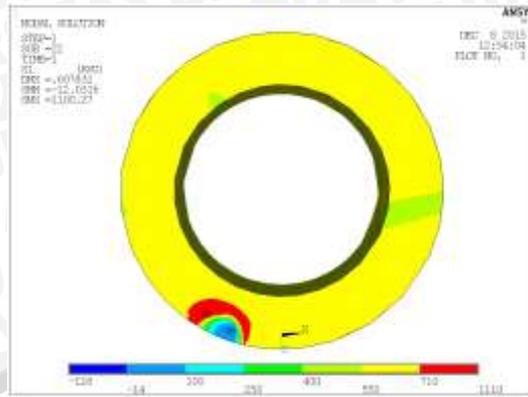
Pengujian dengan menggunakan variasi beban puntir dan bentuk retak menghasilkan nilai *principle stress* yang berbeda. Nilai *principle stress* yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.1 (a) sampai (o) . Pemberian beban puntir yang bervariasi dimaksudkan agar dapat diketahui pengaruh pemberian variasi beban puntir terhadap *principle stress* yang dihasilkan. Pengambilan data dan gambar dilakukan pada setengah bagian bawah dan dilihat dari tampak atas pemodelan.



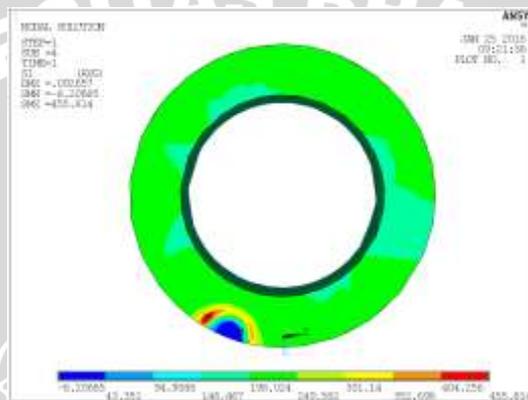
(a) Tarik = 10000 N, Torsi = 5000 Nmm, $a = 1$ mm , $2C = 2$ mm



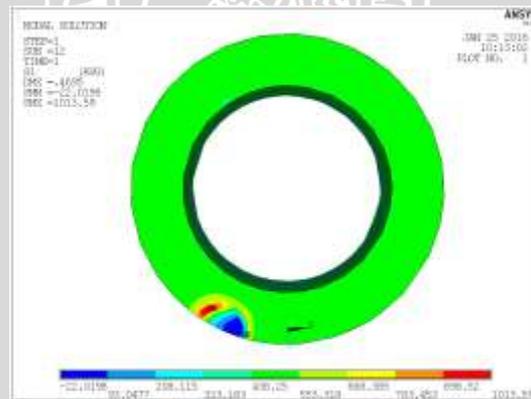
(b) Tarik = 10000 N, Torsi = 10000 Nmm, $a = 1$ mm , $2C = 2$ mm



(c) Tarik = 10000 N, Torsi = 20000 Nmm, a = 1 mm , 2C = 2 mm

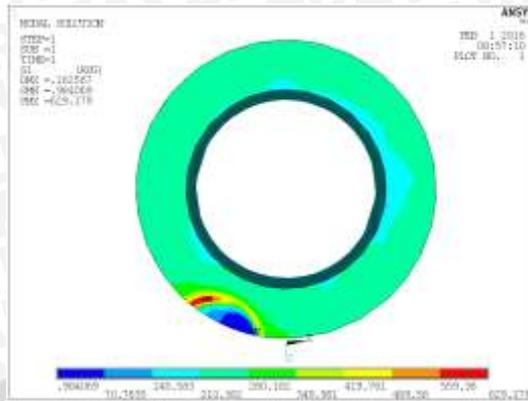


(d) Tarik = 5000 N, Torsi = 10000 Nmm, a = 1 mm , 2C = 2 mm

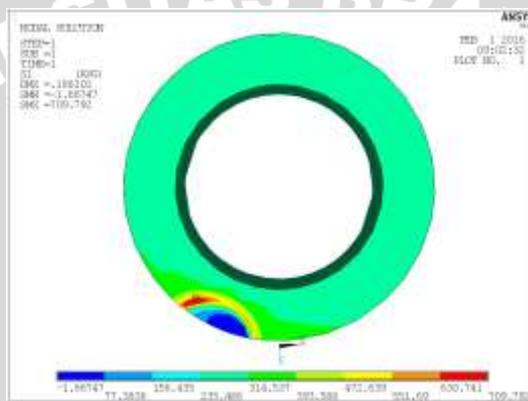


(e) Tarik = 20000 N, Torsi = 10000 Nmm, a = 1 mm , 2C = 2 mm

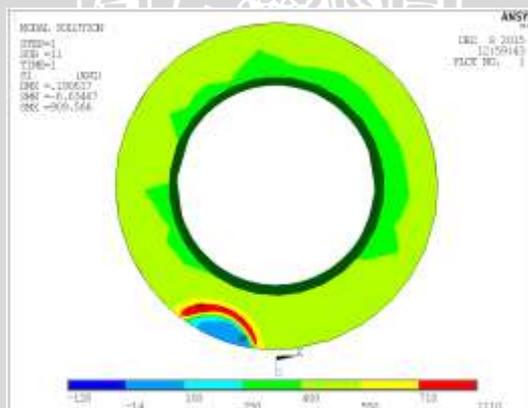




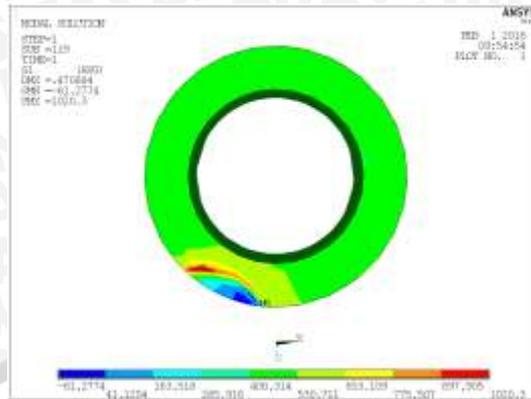
(f) Tarik = 10000 N, Torsi = 5000 Nmm, $a = 1$ mm, $2C = 3$ mm



(g) Tarik = 10000 N, Torsi = 10000 Nmm, $a = 1$ mm, $2C = 3$ mm



(h) Tarik = 10000 N, Torsi = 20000 Nmm, $a = 1$ mm, $2C = 3$ mm

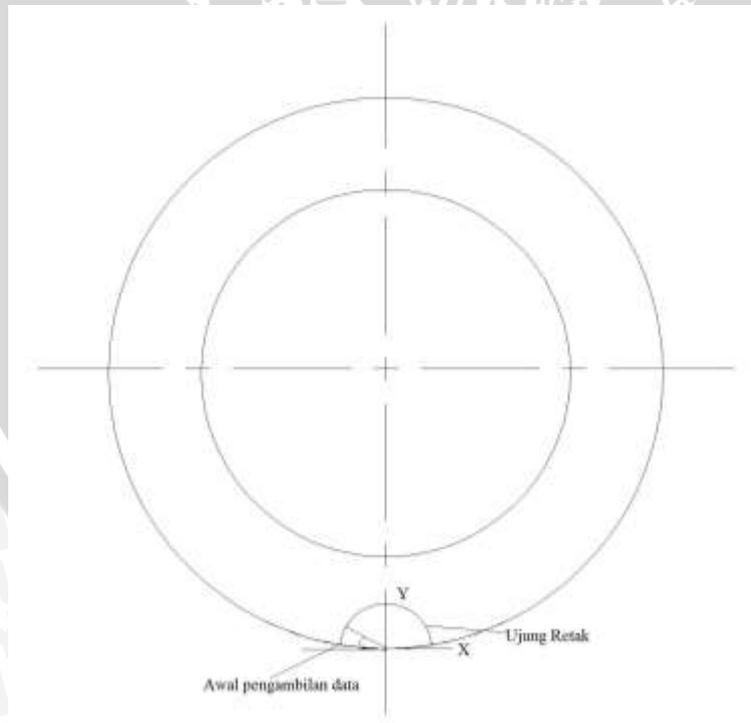


(o) Tarik = 20000 N, Torsi = 10000 Nmm, a = 1 mm , 2C = 4 mm

Gambar 4.1 (a) – (o) Kontur *Principle Stress*.

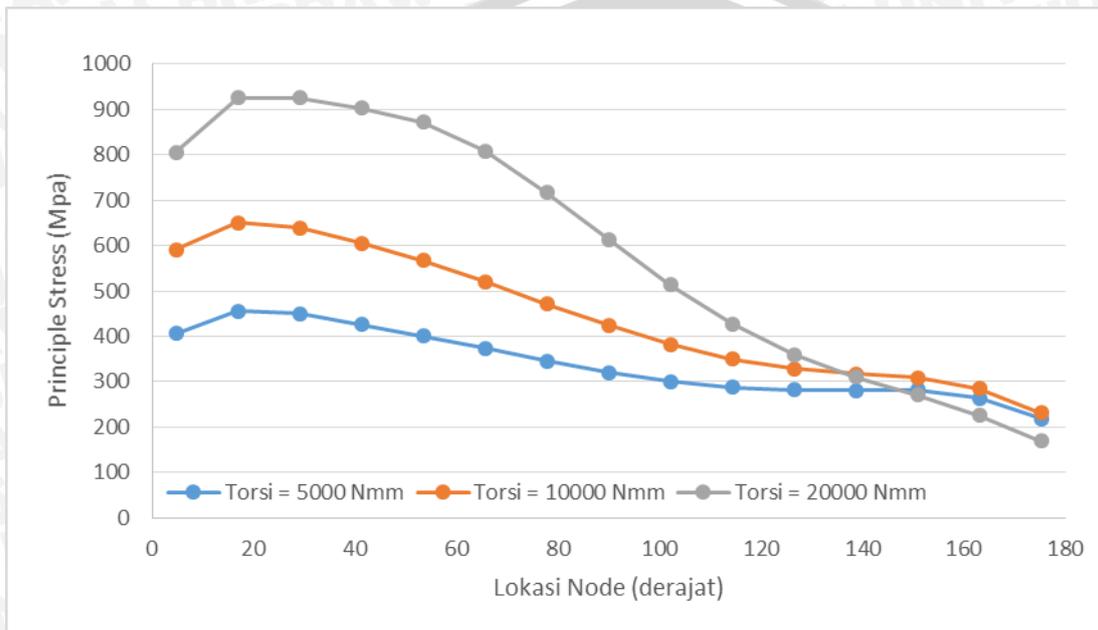
Pada Gambar 4.1 (a) – (o) dapat dilihat nilai *principle stress* yang dihasilkan. Dari keseluruhan gambar dapat dilihat bahwa semakin besar nilai beban torsi yang diberikan dan semakin besar bentuk retak yang terjadi akan membuat persebaran nilai *principle stress* semakin besar.

4.2.2 *Principle Stress* dengan Bentuk Retak 2 mm



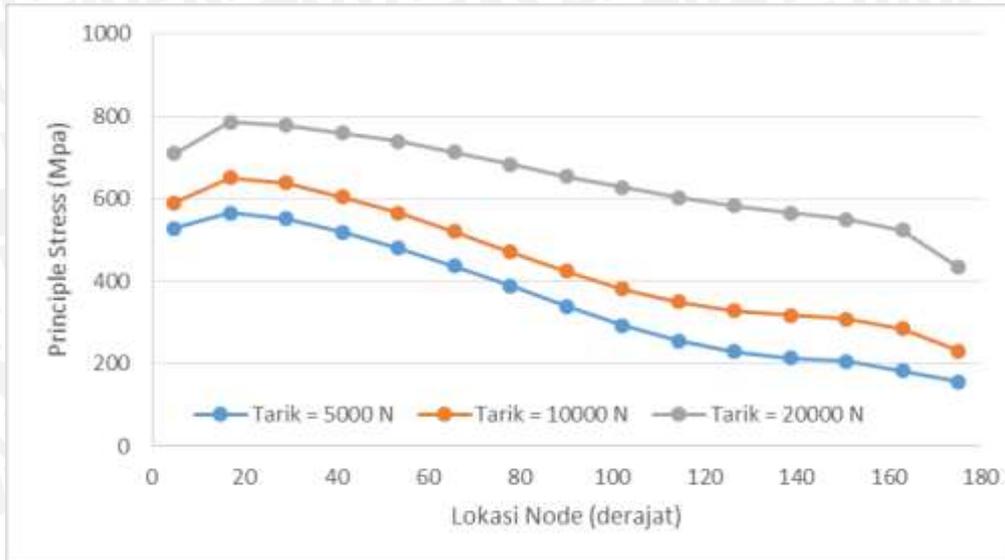
Gambar 4.2 Pengambilan sudut untuk bentuk retak 2 mm.

Pada pengujian dengan dengan variasi kedalaman retak (a) = 1mm, bentuk retak (2c) = 2 mm, beban tarik = 10000 N dan variasi beban puntir sebesar 5000 Nmm, 10000 Nmm, dan 20000 Nmm diambil data berupa nilai *principle stress* pada lokasi node dalam sudut. Pengambilan lokasi node ini dilakukan seperti Gambar 4.2 yaitu dari sumbu titik awal pengambilan data ke arah kanan atau menuju sumbu X (positif) pada ujung retak.



Gambar 4.3 Grafik perbandingan sudut dengan *Principle Stress* pada pengujian dengan bentuk retak 2 mm dan beban puntir yang bervariasi.

Pada gambar 4.3 dapat dilihat data hasil pengujian perbandingan *principle stress* dengan lokasi node dalam sudut pada bentuk retak (2c) = 2 mm, beban tarik yang diberikan adalah 10000 N dengan variasi beban torsi yaitu untuk garis biru = 5000 Nmm; untuk garis berwarna jingga = 10000 Nmm, dan untuk garis berwarna abu-abu dengan = 20000 Nmm. Dapat dilihat pada Gambar 4.3 bahwa *principle stress* mengalami nilai maksimal pada node ke-2 yaitu pada sudut 16.95° . Setelah itu dengan bertambahnya nilai sudut node, nilai *principle stress* akan mengalami penurunan.

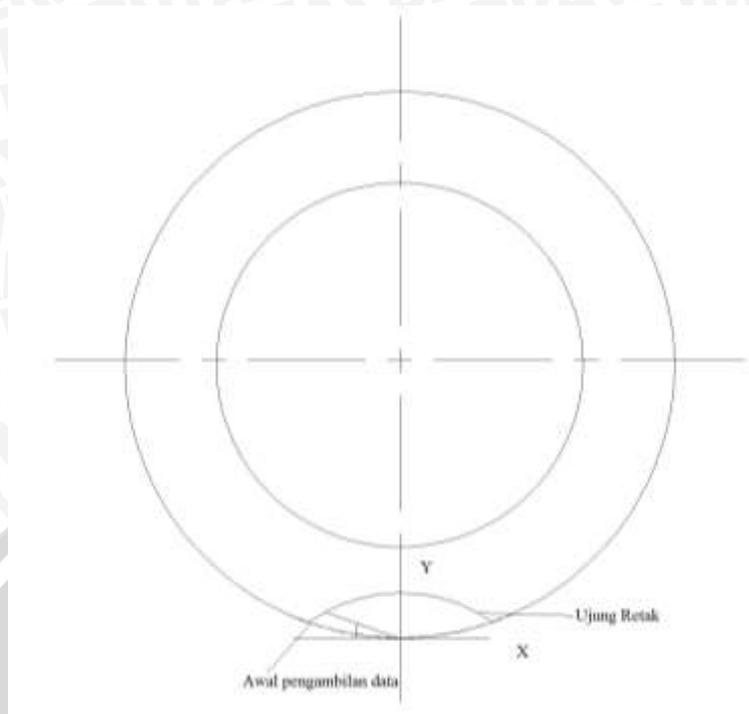


Gambar 4.4 Grafik perbandingan sudut dengan *Principle Stress* pada pengujian dengan bentuk retak 2 mm dan beban tarik yang bervariasi.

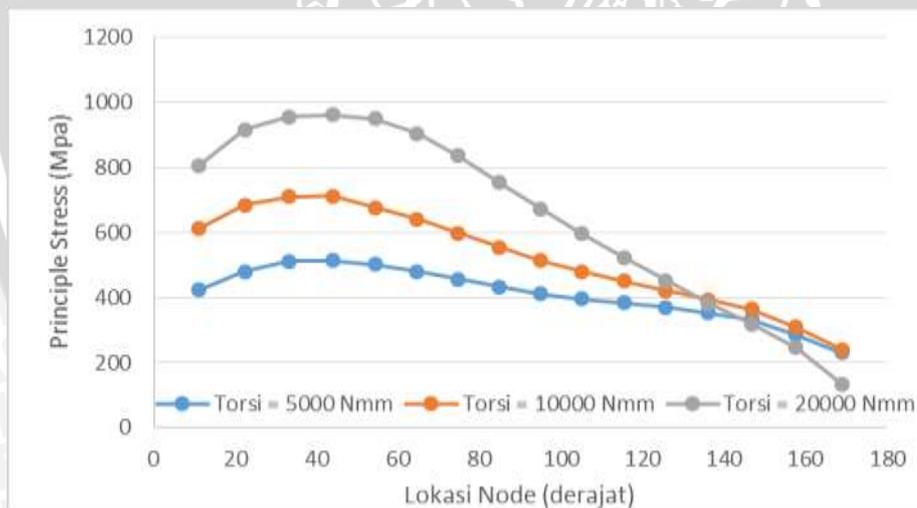
Pada gambar 4.4 dapat dilihat data hasil pengujian perbandingan *principle stress* dengan lokasi node dalam sudut pada bentuk retak ($2c$) = 2 mm, beban torsi yang diberikan adalah 10000 Nmm dengan variasi beban tarik yaitu untuk garis biru = 5000 N; untuk garis berwarna jingga = 10000 N, dan untuk garis berwarna abu-abu dengan = 20000 N. Dapat dilihat pada Gambar 4.4 bahwa *principle stress* juga mengalami nilai maksimal pada node ke-2 yaitu pada sudut 16.95° . Setelah itu dengan bertambahnya nilai sudut node, nilai *principle stress* akan mengalami penurunan.

4.2.3 *Principle Stress* dengan Bentuk Retak 3 mm

Pada pengujian dengan dengan variasi kedalaman retak (a) = 1mm, bentuk retak ($2c$) = 3 mm, beban tarik = 10000 N dan variasi beban puntir sebesar 5000 Nmm, 10000 Nmm, dan 20000 Nmm diambil data berupa nilai *principle stress* pada lokasi node dalam sudut. Pengambilan lokasi node ini dilakukan seperti Gambar 4.5 yaitu dari titik awal pengambilan data ke arah kanan atau menuju sumbu X (positif) pada ujung retak.



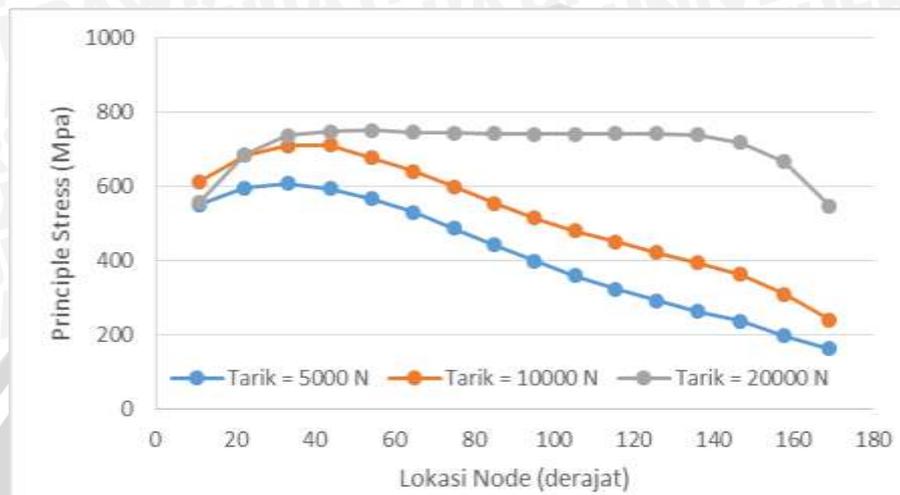
Gambar 4.5 Lokasi pengambilan data untuk bentuk retak 3 mm.



Gambar 4.6 Grafik perbandingan sudut dengan *principle stress* pada pengujian dengan bentuk retak 3 mm dan beban puntir yang bervariasi.

Pada gambar 4.6 dapat dilihat data hasil pengujian perbandingan *principle stress* dengan lokasi node dalam sudut pada bentuk retak ($2c$) = 3 mm, beban tarik yang diberikan adalah 10000 N dengan variasi beban torsi yaitu untuk garis biru = 5000 Nmm; untuk garis berwarna jingga = 10000 Nmm, dan untuk garis berwarna abu-abu dengan =

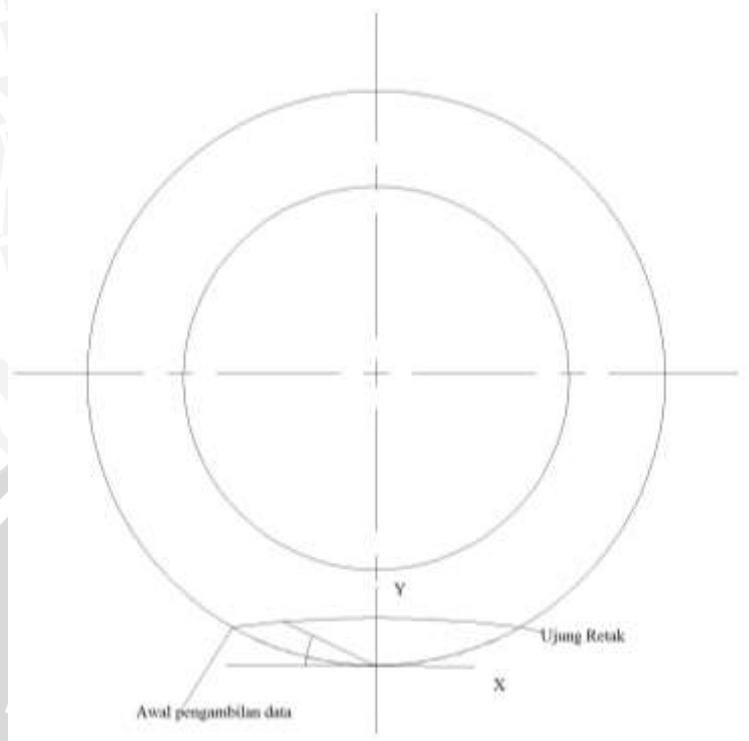
20000 Nmm. Dapat dilihat pada Gambar 4.6 bahwa *principle stress* mengalami nilai maksimal pada node ke-4 yaitu pada sudut 43.87° . Setelah itu dengan bertambahnya nilai sudut node, nilai *principle stress* akan mengalami penurunan.



Gambar 4.7 Grafik perbandingan sudut dengan *principle stress* pada pengujian dengan bentuk retak 3 mm dan beban tarik yang bervariasi.

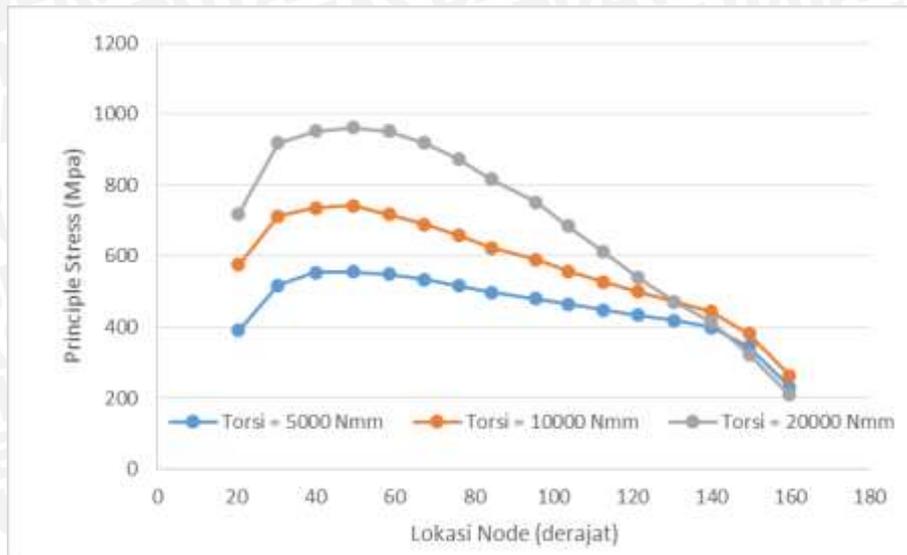
Pada gambar 4.7 dapat dilihat data hasil pengujian perbandingan *principle stress* dengan lokasi node dalam sudut pada bentuk retak $(2c) = 2 \text{ mm}$, beban torsi yang diberikan adalah 10000 Nmm dengan variasi beban tarik yaitu untuk garis biru = 5000 N; untuk garis berwarna jingga = 10000 N, dan untuk garis berwarna abu-abu dengan = 20000 N. Dapat dilihat pada Gambar 4.7 bahwa *principle stress* juga mengalami nilai maksimal pada node ke-4 yaitu pada sudut 43.87° . Setelah itu dengan bertambahnya nilai sudut node, nilai *principle stress* akan mengalami penurunan.

4.2.4 Principle Stress dengan Bentuk Retak 4 mm



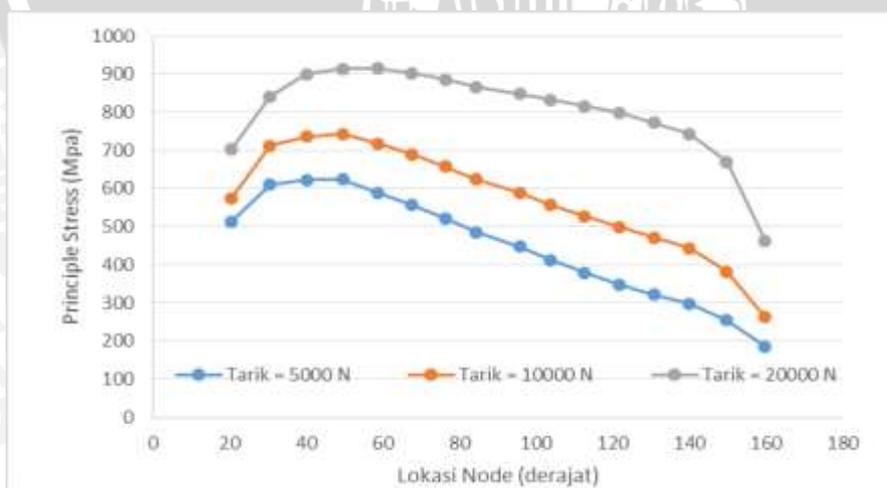
Gambar 4.8 Lokasi pengambilan data untuk bentuk retak 2 mm.

Pada pengujian dengan dengan variasi kedalaman retak (a) = 1mm, bentuk retak ($2c$) = 4 mm, beban tarik = 10000 N dan variasi beban puntir sebesar 5000 Nmm, 10000 Nmm, dan 20000 Nmm diambil data berupa nilai *principle stress* pada lokasi node dalam sudut. Pengambilan lokasi node ini dilakukan seperti Gambar 4.8 yaitu dari titik awal pengambilan data ke arah kanan atau menuju sumbu X (positif) pada ujung retak.



Gambar 4.9 Grafik perbandingan sudut dengan *principle stress* pada pengujian dengan bentuk retak 4 mm dan beban puntir yang bervariasi.

Pada gambar 4.9 dapat dilihat data hasil pengujian perbandingan *principle stress* dengan lokasi node dalam sudut pada bentuk retak $(2c) = 4 \text{ mm}$, beban tarik yang diberikan adalah 10000 N dengan variasi beban torsi yaitu untuk garis biru = 5000 Nmm; untuk garis berwarna jingga = 10000 Nmm, dan untuk garis berwarna abu-abu dengan = 20000 Nmm. Dapat dilihat pada Gambar 4.9 bahwa *principle stress* mengalami nilai maksimal pada node ke-4 yaitu pada sudut 49.38° . Setelah itu dengan bertambahnya nilai sudut node, nilai *principle stress* akan mengalami penurunan.

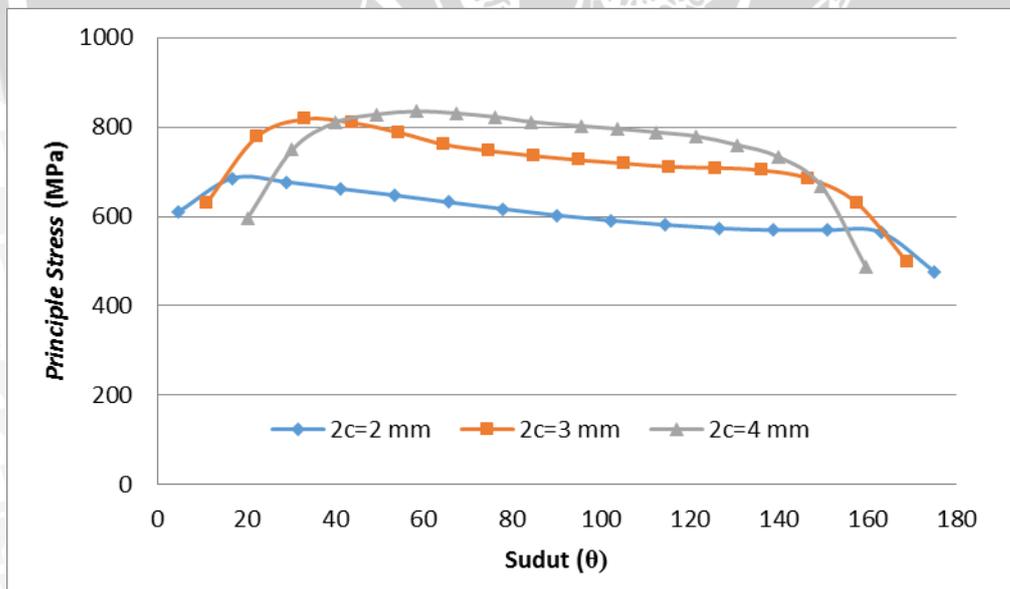


Gambar 4.10 Grafik perbandingan sudut dengan *principle stress* pada pengujian dengan bentuk retak 4 mm dan beban tarik yang bervariasi.

Pada gambar 4.10 dapat dilihat data hasil pengujian perbandingan *principle stress* dengan lokasi node dalam sudut pada bentuk retak ($2c = 4 \text{ mm}$), beban torsi yang diberikan adalah 10000 Nmm dengan variasi beban tarik yaitu untuk garis biru = 5000 N; untuk garis berwarna jingga = 10000 N, dan untuk garis berwarna abu-abu dengan = 20000 N. Dapat dilihat pada Gambar 4.10 bahwa *principle stress* juga mengalami nilai maksimal pada node ke-4 yaitu pada sudut 49.38° . Setelah itu dengan bertambahnya nilai sudut node, nilai *principle stress* akan mengalami penurunan.

4.2.5 Pengaruh Variasi Bentuk Retak

Dapat diketahui dari Gambar 4.11 dengan bertambahnya bentuk retak maka persebaran nilai *principle stress* akan cenderung lebih besar. Pada Gambar 4.11, bentuk retak 2 mm menghasilkan nilai *principle stress* yang paling rendah dan semakin menurun seiring kenaikan sudut. Bentuk retak 3 mm memiliki nilai *principle stress* yang berada diantara bentuk retak 2 mm dan 4 mm. Nilai maksimum *principle stress* dengan bentuk retak 2 mm adalah sebesar 685.46 Mpa, bentuk retak 3 mm sebesar 817.41 Mpa dan bentuk retak 4 mm sebesar 835.02 Mpa.

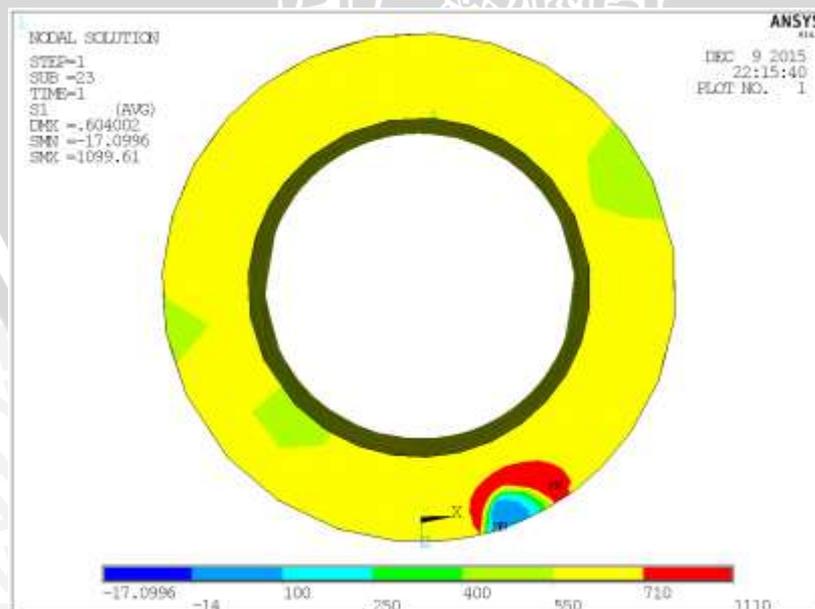


Gambar 4.11 Grafik distribusi tegangan dengan beban puntir 5000 Nmm

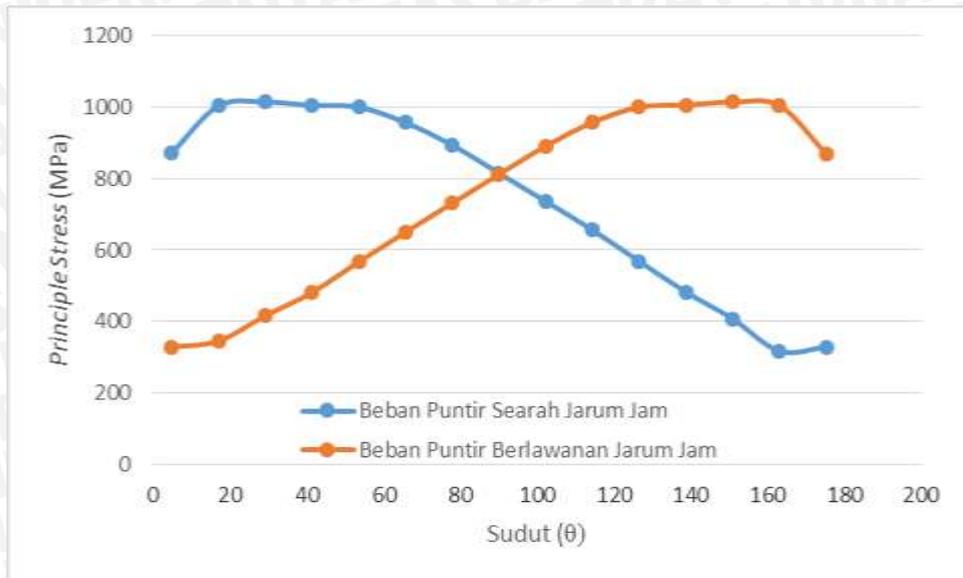
4.3 Pembahasan

4.3.1 Lokasi *Principle Stress* Maksimum

Seperti yang terlihat pada Gambar 4.3 dan 4.4 nilai tegangan maksimum pada $2c=2$ mm dengan variasi beban puntir yang akan terjadi pada sudut 16.95° . Pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 dengan nilai $2c=3$ mm nilai maksimal *principle stress* akan terjadi pada sudut 43.87° sedangkan pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10 dengan $2c=4$ mm pemberian variasi beban puntir dan tarik akan memberikan nilai tegangan maksimal pada sudut 49.38° . Dapat diketahui bahwa lokasi nilai maksimum *principle stress* yang dihasilkan tidak melebihi 90° . Hal ini disebabkan karena pemberian beban puntir yang searah dengan arah jarum jam. Akibat pemberian beban puntir yang searah jarum jam ini, tegangan akan terpusat pada node ujung retakan yang kurang dari 90° . Akibatnya, nilai *principle stress* terbesar akan berada pada daerah ini dan akan mengalami penurunan dengan bertambahnya besar sudut dari lokasi *node* ujung retakan. Arah pemberian beban berpengaruh terhadap lokasi *node* dengan nilai *principle stress* yang besar. Hal ini dibuktikan apabila dilakukan simulasi terhadap pemodelan dengan $2c=2$ mm dengan besar beban puntir = 20000 Nmm namun dengan arah pembebanan yang berlawanan jarum jam, maka nilai *principle stress* yang terbesar akan terdapat pada sudut 163.05° seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.12 dan Gambar 4.13.



Gambar 4.12 *Principle Stress* dengan arah pemberian beban puntir berlawanan jarum jam.

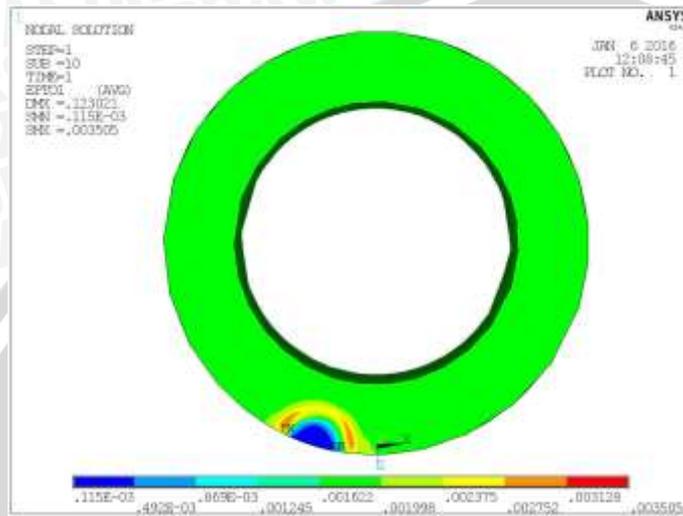


Gambar 4.13 Grafik perbandingan pemberian beban puntir searah jarum dan berlawanan jarum jam dengan $2c = 2$ mm dan beban puntir sebesar 20000 Nmm.

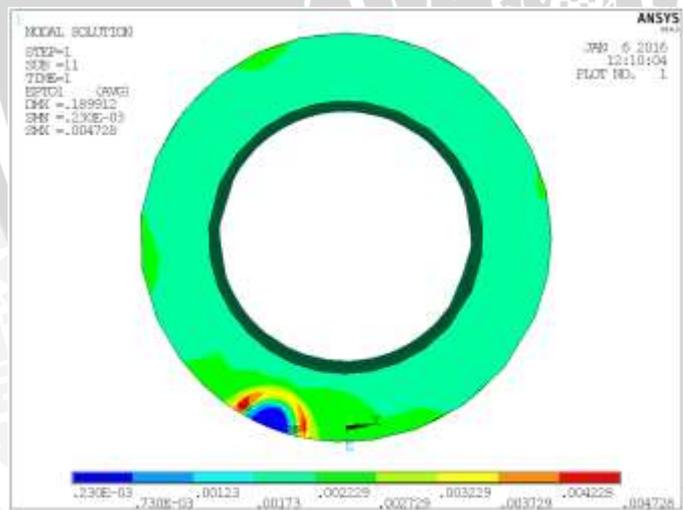
4.3.2. Distribusi Nilai *Principle Stress* Akibat Pembebanan

Dari Gambar 4.3 dapat diketahui bahwa nilai maksimum *principle stress* pada bentuk retak ($2c$) = 2 mm, beban tarik yang diberikan adalah 10000 N dengan variasi beban torsi semakin besar seiring dengan bertambahnya beban torsi yang diberikan.. Pemberian beban yang semakin besar akan membuat persebaran distribusi tegangan pada ujung retak semakin luas dan menghasilkan nilai tegangan yang lebih besar. Hal ini dibuktikan dengan analisa mengenai *strain* yang dihasilkan. Pada Gambar 4.3 yaitu benda uji dengan bentuk retak = 2 mm, nilai maksimal *principle stress* yang dihasilkan berada pada node ke- 2 yaitu pada sudut 16.95° . Pada sudut ini nilai *strain* yang dihasilkan yaitu juga berada pada nilai maksimum dengan nilai *strain* = 0.0030876 mm untuk pembebanan torsi = 5000 Nmm, 0.0045113 mm untuk pembebanan torsi = 10000 Nmm. Hal ini juga berlaku untuk pembebanan pada variasi bentuk retak 3 mm dan 4 mm. Pada bentuk retak 3 mm, nilai maksimum *strain* juga ditunjukkan pada node ke -4 atau pada sudut 43.87° yaitu sebesar 0.0034888 mm pada pembebanan torsi 5000 Nmm dan pada pembebanan 10000 Nmm menghasilkan nilai maksimal *strain* sebesar 0.0052804 mm. Pada bentuk retak ini perbedaan nilai *principle stress* yang terjadi tidak terlalu besar dikarenakan nilai *strain* yang terjadi pada tiap node memiliki nilai perbedaan yang kecil pula. Pada bentuk retak 4 mm juga menghasilkan nilai *strain* maksimum pada daerah node dengan nilai *principle stress* maksimum. Hal ini menunjukkan bahwa nilai *principle stress* yang maksimum akan menghasilkan nilai *strain* yang maksimum pula.

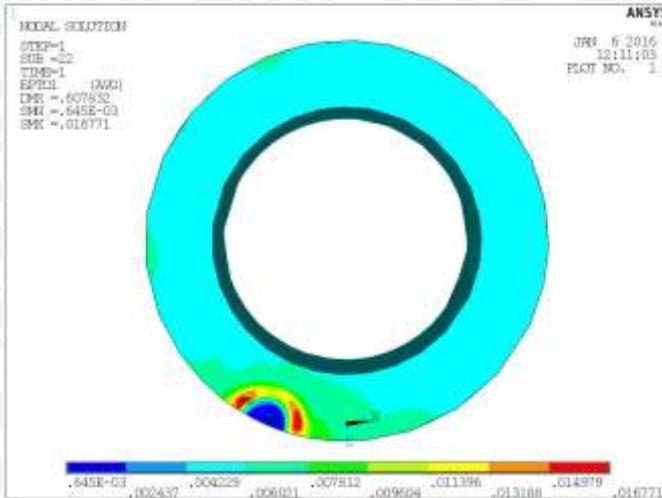
Pada gambar 4.3 juga terlihat pada semua variasi pembebanan semakin besar nilai sudut lokasi pengambilan data maka nilai *principle stress* yang dihasilkan juga semakin kecil setelah melewati nilai maksimum *principle stress*. Hal ini dikarenakan dengan bertambahnya sudut, maka deformasi yang terlihat dari nilai strain semakin rendah pula. Kontur strain dapat dilihat pada Gambar 4.14 – Gambar 4.16.



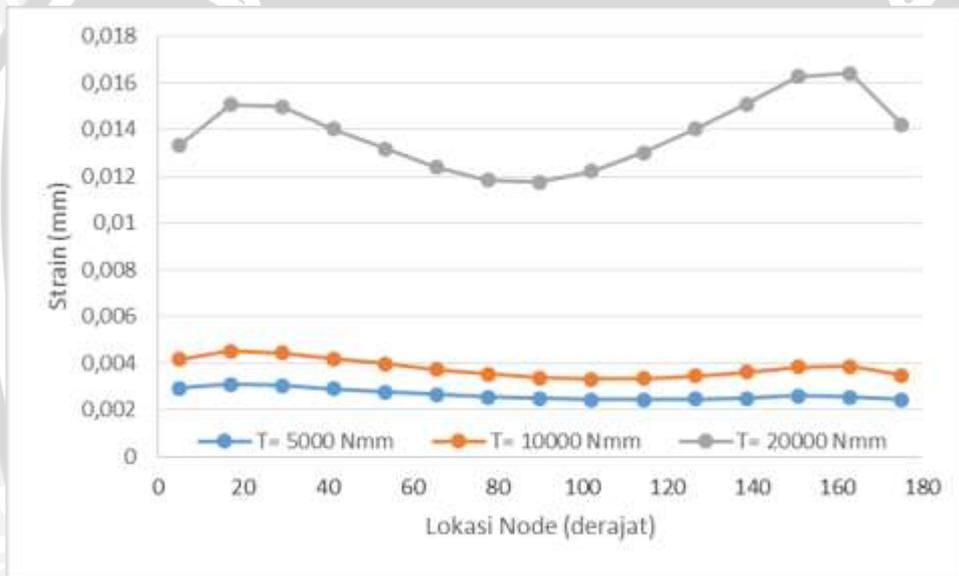
Gambar 4.14 *Strain* dengan beban puntir 5000 Nmm



Gambar 4.15 *Strain* dengan beban puntir 10000 Nmm



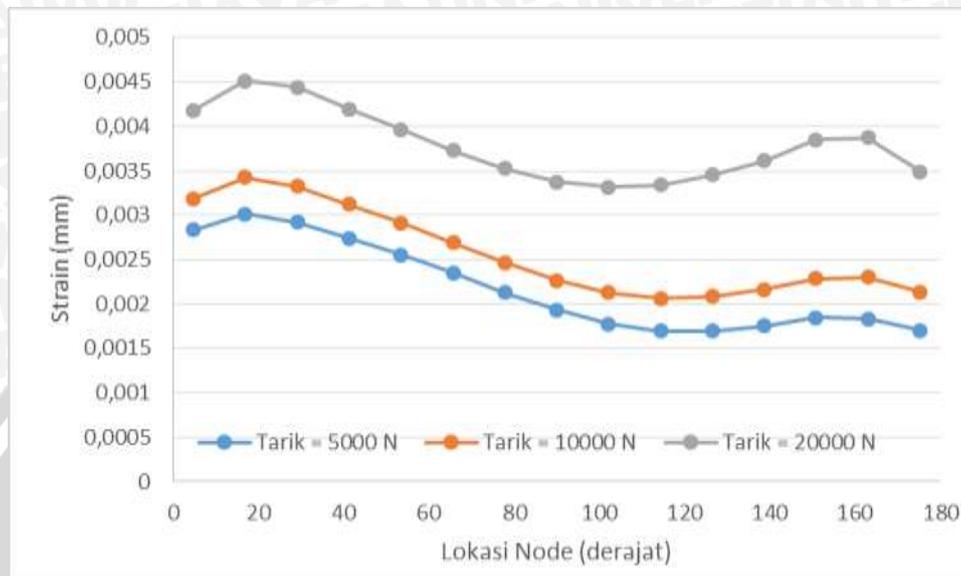
Gambar 4.16 *Strain* dengan beban puntir 20000 Nmm



Gambar 4.17 Grafik *Strain* pada bentuk retak 2 mm variasi beban torsi.

Pada gambar 4.14 terlihat bahwa nilai *strain* yang terjadi pada pembebanan torsi = 20000 Nmm tidak serupa dengan nilai *principle stress* yang ditunjukkan pada gambar 4.3. Hal ini dikarenakan pada pembebanan ini, setelah melewati node ke-2 nilai *strain* berkurang karena nilai total *strain* total yang dihasilkan dari pembebanan juga berkurang setelah melewati node kedua yaitu dengan nilai 0.016191 mm kemudian turun hingga mencapai nilai minimum pada node ke-8 sebesar 0.013214 mm kemudian nilai total *strain* kembali meningkat hingga node ke-9 dengan nilai maksimum sebesar 0.02165 mm.

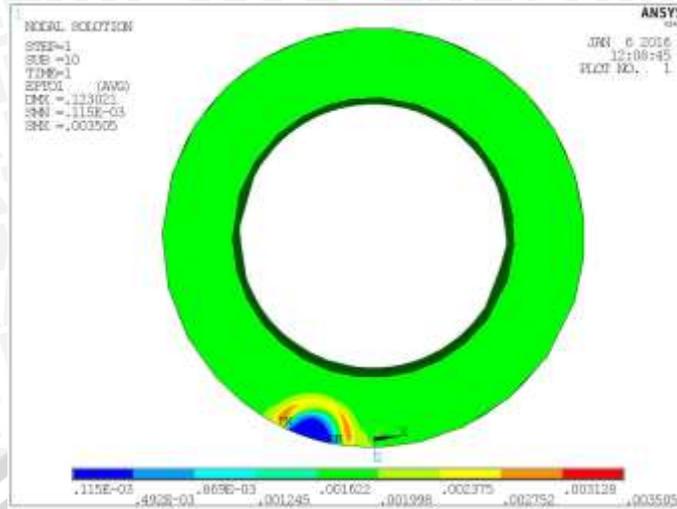
Pada gambar 4.4 dapat dilihat bahwa pemberian beban tarik yang semakin besar akan menghasilkan nilai *principle stress* yang semakin besar pula, ini dikarenakan nilai dari *strain* yang dihasilkan juga semakin besar. Hal ini dibuktikan dalam gambar 4.18



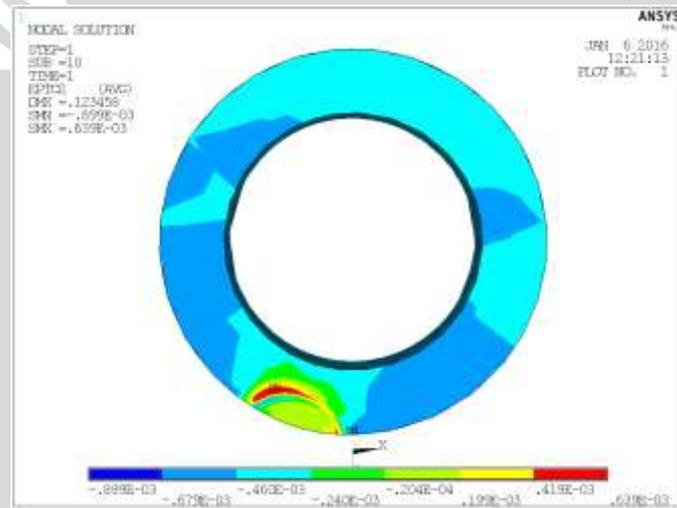
Gambar 4.18 Grafik *Strain* pada bentuk retak 2 mm variasi beban tarik.

4.3.2 Distribusi Nilai *Principle Stress* Akibat Variasi Bentuk Retak

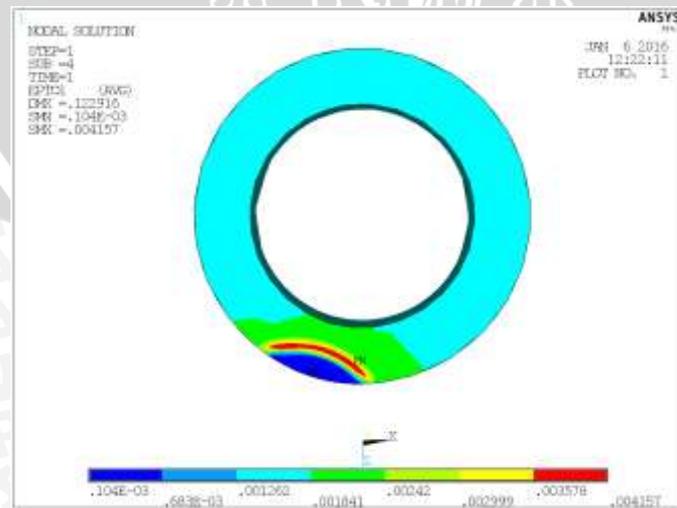
Gambar 4.11 merupakan perbandingan nilai *principle stress* dengan $2c=2$ mm, $2c=3$ mm dan $2c=4$ mm dengan nilai beban puntir yang diberikan adalah 5000 Nmm. Perbedaan besar nilai *principle stress* akibat variasi bentuk retak tersebut dapat diketahui pula dari nilai *strain* yang dihasilkan. Kontur *strain* dalam kasus ini dapat dilihat pada Gambar 4.19 – Gambar 4.21 dengan pembebanan torsi sebesar 5000 Nmm.



Gambar 4.19 Strain dengan bentuk retak 2 mm

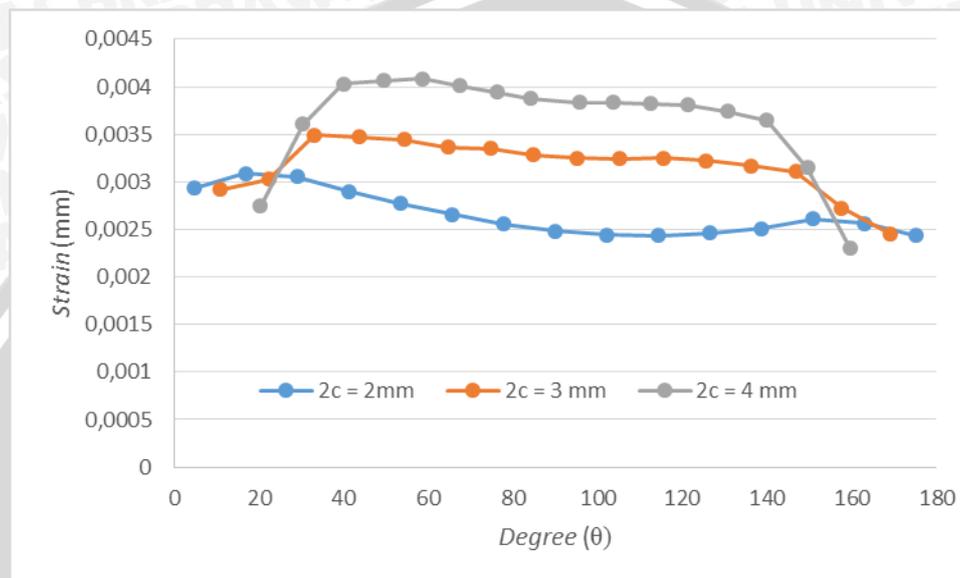


Gambar 4.20 Strain dengan bentuk retak 3 mm



Gambar 4.21 Strain dengan bentuk retak 4 mm

Dapat dilihat dari Gambar 4.22 dengan menggunakan beban torsi sebesar 5000 Nmm dan beban tarik sebesar 10000 Nmm, semakin besar bentuk retak yang diberikan, maka nilai *strain* yang dihasilkan akan semakin besar pula, hal ini membuktikan bahwa semakin besar bentuk retak yang diberikan maka semakin besar juga nilai *principle stress* yang dihasilkan akibat dari *strain* yang terjadi.



Gambar 4.22 Grafik *strain* dengan variasi bentuk retak