



Pengaruh Variasi Radius Fillet Pada Poros Bertingkat Dengan Beban Gabungan Terhadap Faktor Keamanan

Wildan Rahmat Hafidzin¹, Oleh², Viktor Noubnome³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Singaperbangsa Karawang.

Abstract

Received: 11 Desember 2022

Revised: 14 Desember 2022

Accepted: 17 Desember 2022

The shaft is the most important part of a transmission system that functions to continue rotation and mechanical power. In general, shafts are made in stages according to the conditions required. For each multilevel shaft section, radius fillets are always used. The purpose of this fillet is to reduce stress concentrations that occur due to changes in shaft diameter or other geometry. The constraints that arise are how large the size of the fillet must be used and what if the load that occurs is a combination of bending and twisting. From the results of research using the Ansys 14.5 application, it shows that a larger fillet size can distribute the maximum stress that occurs in that area. At a bending load of 250 N mm and a torsional load of 400 N mm with a fillet of 0.2 the maximum stress that occurs is 0.404 N/mm². Whereas in fillet 0.12 the stress that occurs is 0.589 N/mm².

Keywords: Fillet, Tension, Bend, Twist

(*) Corresponding Author: wildan@gmail.com

How to Cite: Hafidzin, W., Oleh, O., & Noubnome, V. (2023). Pengaruh Variasi Radius Fillet Pada Poros Bertingkat Dengan Beban Gabungan Terhadap Faktor Keamanan. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(2), 668-677. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7585078>.

PENDAHULUAN

Poros adalah salah satu komponen yang banyak digunakan pada sistem transmisi dari penggerak ke roda atau yang lainnya yang digerakan. Kekuatan poros tergantung dari beban yang dipikul oleh poros dan material yang digunakan. Pada bagian poros transmisi yang berhubungan langsung dengan beban terjadi pembebanan lentur dan puntiran.

Deformasi yang terjadi pada poros dapat berupa lenturan dan puntiran. Pada daerah yang mengalami deformasi paling besar terjadi pembebanan yang besar pula. Bila tegangan tersebut melebihi tegangan maksimum bahan maka akan terjadi crack. Ini terjadi karena adanya perubahan geometri pada bagian-bagian tersebut

Umumnya deformasi tidak seragam yang terjadi pada poros lebih banyak pada daerah yang memiliki tingkatan poros. Antar tingkatan poros selalu dibuat *fillet* untuk menyebar tegangan terpusat ke beberapa area didekatnya. Sehingga tidak akan terjadi tegangan terpusat yang dapat menghancurkan poros tersebut.

Dalam beberapa literature nilai konsentrasi tegangan baik untuk tegangan akibat lenturan maupun untuk tegangan puntiran dapat ditentukan. Dalam tegangan gabungan, seorang desainer sangat kesulitan dalam menentukan nilai konsentrasi tegangan yang akan digunakan. Sehingga mereka memilih nilai maksimum dari konsentrasi tegangan dari konsentrasi tegangan lentur atau tegangan punter.

Namun untuk beberapa kasus gabungan lenturan dan puntiran belum kami temukan. Sehingga dalam penelitian ini penulis menyajikan penelitian tentang

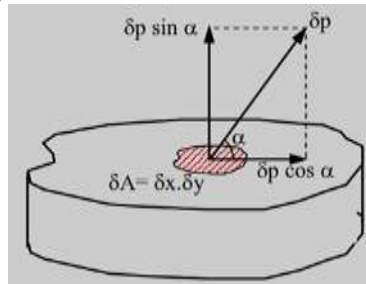


pengaruh fillet pada poros bertingkat terhadap beban lentur dan puntiran. Pada beberapa literatur hanya terdapat konsentrasi tegangan akibat lenturan atau puntiran saja.

Tegangan dan Regangan

• Tegangan

Tegangan dapat didefinisikan sebagai besarnya gaya-gaya yang bekerja pada tiap satuan luas tampang benda yang dikenai suatu besaran gaya tertentu. Tegangan dan regangan hubungannya selalu dipermasalahkan, dihitung dan ditentukan. Hal ini sudah ada sejak hukum Hook dicanangkan, besaran yang menjadi penyambungannya dikenal dengan Modulus Elastis.

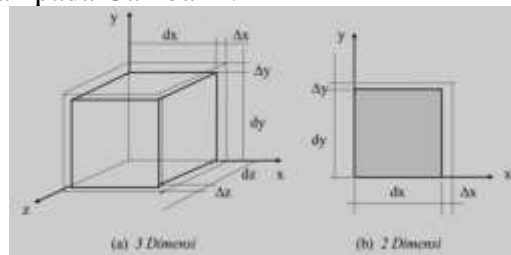


Gambar 1. Potongan balok yang menerima beban normal dan geser

Besar tegangan rata-rata pada suatu bidang dapat didefinisikan sebagai intensitas gaya yang bekerja pada bidang tersebut.

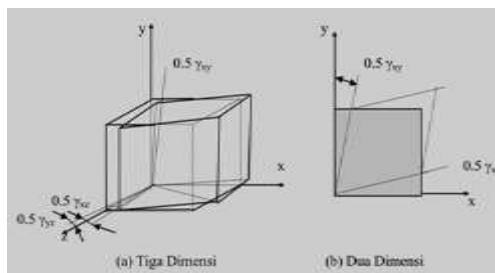
• Regangan

Seperti halnya tegangan, regangan juga merupakan tensor derajat dua. Dengan demikian keadaan regangan ruang, tiga dimensi, pada suatu titik dapat dideskripsikan dengan kesembilan komponennya. Pada sistem koordinat sumbu silang, regangan tersebut adalah ϵ_{xx} , ϵ_{yy} , ϵ_{zz} , ϵ_{xy} , ϵ_{yx} , ϵ_{xz} , ϵ_{zx} , ϵ_{yz} dan ϵ_{zy} , sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Keadaan regangan normal suatu titik

Regangan juga dapat diklasifikasikan menjadi dua, yakni regangan normal, dengan notasi ϵ_{ij} , $i = j$, serta regangan geser dengan simbol γ_{ij} , $i \neq j$. Sebagaimana dengan tegangan, $\gamma_{xy} = \gamma_{yx}$, $\gamma_{xz} = \gamma_{zx}$ dan $\gamma_{yz} = \gamma_{zy}$, maka keadaan regangan ruang pada suatu titik dapat dinyatakan oleh enam komponen, yakni ϵ_{xx} , ϵ_{yy} , ϵ_{zz} , γ_{xy} , γ_{yz} , γ_{zx} . Sedangkan regangan bidang, dua dimensi, dapat dideskripsikan dengan 2^2 komponennya, dan karena $\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$ maka regangan bidang pada suatu titik dapat dideskripsikan dengan hanya tiga komponen.



Gambar 3. Kondisi regangan geser pada suatu titik

Regangan normal merupakan perubahan panjang spesifik. Regangan normal rata-rata dinyatakan oleh perubahan panjang dibagi dengan panjang awal, atau secara matematis dapat dituliskan :

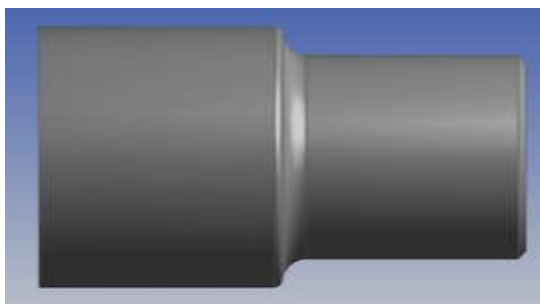
$$\varepsilon_{ij} = \frac{\Delta L_i}{L_i} = \frac{U_i}{L_i}$$

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan, yaitu maret s.d agustus 2022. Penelitian ini dilaksanakan di Universitas Singaperbangsa Karawang dan Penelitian ini memiliki beberapa tahapan yang diantaranya :

Data Eksperimen Geometri Poros

Geometri poros pejal yang digunakan adalah tiga buah poros dengan variasi bentuk alur. Lebar alur 2 mm kedalaman 2 mm, 0,12 mm, 0,14 mm, 0,16 mm, 0,18 mm dan 0,2 mm.



Gambar 4. Poros dengan variasi *fillet*

Dimana :

Po = panjang poros besar 30 mm

Pi = panjang poros kecil 30 mm

\varnothing_o = diameter besar 32 mm

\varnothing_i = diameter kecil 25 mm

r = fillet 0,10 mm, 0,12 mm, 0,14 mm, 0,16 mm, 0,18 mm dan 0,2 mm

M = Momen lentur = 250 kg mm

T = Momen punter = 400 kg mm

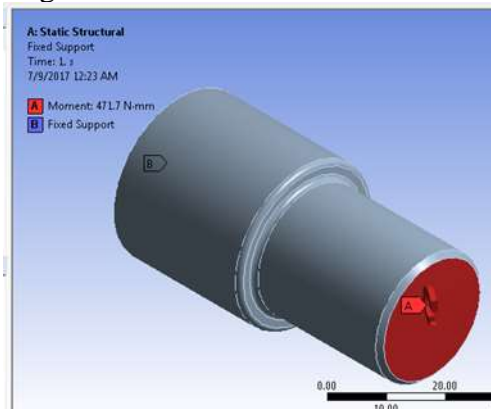
Metode penelitian yang dipilih adalah metode eksperimen, kombinasi tiga *variable* bebas dan tiga *level* penelitian. dibutuhkan perhitungan dengan data (*trial*) yang cukup banyak dalam menentukan nilai maksimum dan minimum dari system yang dibuat. Dengan menggunakan *full factorial methode*. Material yang digunakan dalam pemodelan menggunakan *structural steel* dari ASME dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 1. *Structural steel properties*

No	Propertis	Simbol	Angka
1	Rapat massa	ρ	7850 kg/m ³
2	Kekuatan Tarik luluh	σ_{yp}	2.5 . 10 ⁸ N/m ²
3	Kekuatan Tekan luluh	σ_{ypc}	2.5 . 10 ⁸ N/m ²
4	Kekuatan Tarik luluh	σ_u	4.6 . 10 ⁸ N/m ²

Prinsip Dasar Eksperimen

Prinsip dasar dari eksperimen adalah memberikan beban lentur M dan puntir T dengan nilai fillet r variasi dibuatkan dalam bentuk simulasi dari Ansys 14.5 untuk structural static. Ujung bagian poros kecil diberi beban M dan T pada setiap sumbu koordinatnya. Lihat gambar 3.3 berikut :

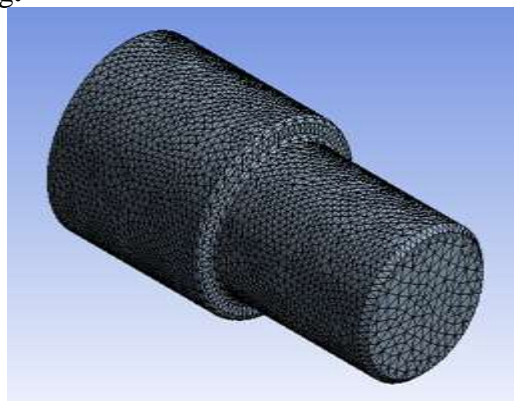


Gambar 5. Beban lentur dan punter pada poros

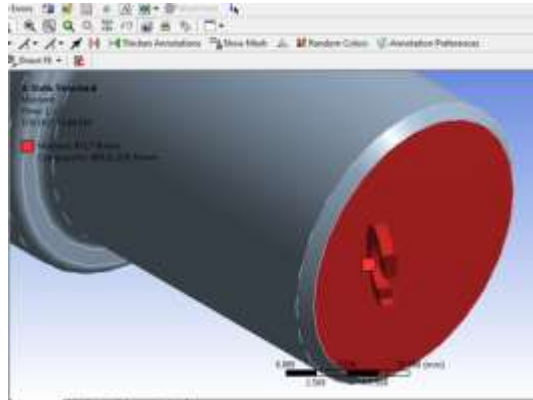
Beban M dan T adalah beban yang diberikan pada material uji dimulai dari M = 250 Nmm dan T 400 N mm.

Model, Mesh, Setup dan Solution

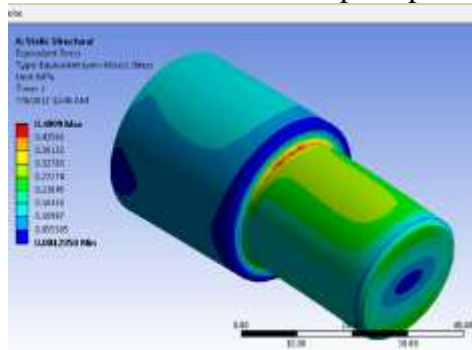
Tahap ini adalah tahap membuat model, diskritisasi pemilihan analisis dan hasil yang akan dihitung.



Gambar 6. Mesh poros dengan fillet



Gambar 7. Letak momen pada poros



Gambar 8. Tegangan maksimum dan minimum pada momen gabungan

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Tegangan akibat Momen Lentur M

Tegangan akibat momen lentur untuk poros yang kecil dihitung dengan persamaan :

$$\sigma = \frac{32 M}{\pi d^3}$$

$$\sigma = \frac{32 (250 \text{ N mm})}{\pi (25)^3 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma = 0.163057325 \text{ N/mm}^2$$

Rasio perbandingan D_o/D_i diperoleh :

$$\frac{D_o}{D_i} = \frac{32 \text{ mm}}{25 \text{ mm}}$$

$$\frac{D_o}{D_i} = 1.28$$

Dan perbandingan r/D_i diperoleh :

$$\frac{r_1}{D_i} = 0.0048$$

konsentrasi tegangan sebesar $K_t = 2.35$, maka tegangan maksimum akibat lenturan adalah :

$$\sigma_{maks} = 2.35 (0.163057325) \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{maks} = 0.383 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

2. Tegangan akibat Momen Puntir T

Tegangan akibat momen puntir untuk poros yang kecil dihitung dengan persamaan :

$$\tau = \frac{16 T}{\pi d^3}$$

$$\tau = \frac{16 (400 N mm)}{\pi (25)^3 mm^3}$$

$$\tau = 0.26089172 N/mm^2$$

Rasio perbandingan Do/Di diperoleh :

$$\frac{D_o}{D_1} = \frac{32 mm}{25 mm}$$

$$\frac{D_o}{D_1} = 1.28$$

Dan perbandingan r/Di diperoleh :

$$\frac{r_1}{D_1} = 0.0048$$

konsentrasi tegangan sebesar $K_t = 1.65$, maka tegangan maksimum akibat lenturan adalah :

$$\tau_{maks} = 1.65 (0.26089172) N/mm^2$$

$$\tau_{maks} = 0.430 \frac{N}{mm^2}$$

Tegangan maksimum gabungan antara momen lentur dan momen puntir pada daerah kritis adalah :

$$S = \sqrt{\sigma_{maks}^2 + \tau_{maks}^2}$$

$$S = \sqrt{\left(0.383 \frac{N}{mm^2}\right)^2 + \left(0.430 \frac{N}{mm^2}\right)^2}$$

$$S = 0.5763 \frac{N}{mm^2}$$

Selanjutnya untuk hasil perhitungan tegangan untuk fillet yang lain dapat dilihat dalam tabel 2.

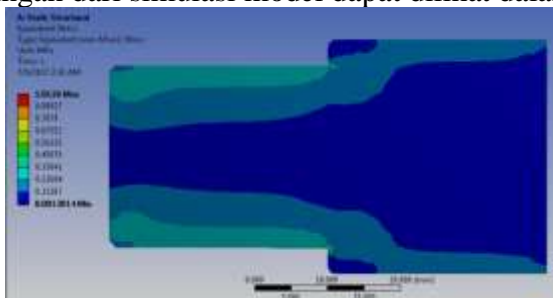
Tabel 2. Tegangan

No uji	R (m m)	σ_{maks} (N/mm ²)	τ_{maks} (N/mm ²)	S (N/m m ²)
1	0.12	0.383184713	0.430471338	0.5763
2	0.14	0.358726115	0.386119745	0.5270
3	0.16	0.334267516	0.378292994	0.5048
4	0.18	0.32611465	0.331332484	0.4648
5	0.2	0.309808917	0.331332484	0.4536

3. Tegangan Hasil Simulasi

a. Tegangan maksimum pada fillet 0,12

Hasil yang diperoleh untuk tegangan minimum, tegangan maksimum dan konsentrasi tegangan dari simulasi model dapat dilihat dalam gambar 9.

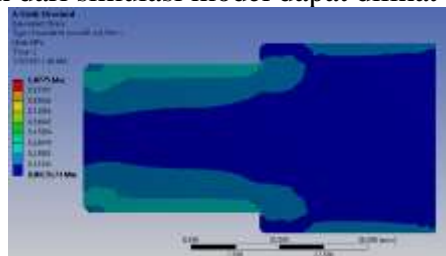


Gambar 9. Tegangan maksimum dan minimum pada fillet 0.12 mm

Tegangan gabungan antara $M = 250 \text{ N mm}$ dan Momen punter $T = 400 \text{ N mm}$ pada material uji nomor 1, tegangan maksimum yang terjadi terdapat sudut fillet sebesar $S = 1.0216 \text{ N/mm}^2$. Hasil dari perhitungan bahwa tegangan maksimum yang terjadi pada bagian kritis untuk fillet sebesar 0.5763 N/mm^2 .

b. Tegangan maksimum pada fillet 0,14

Hasil yang diperoleh untuk tegangan minimum, tegangan maksimum dan konsentrasi tegangan dari simulasi model dapat dilihat dalam gambar 10.

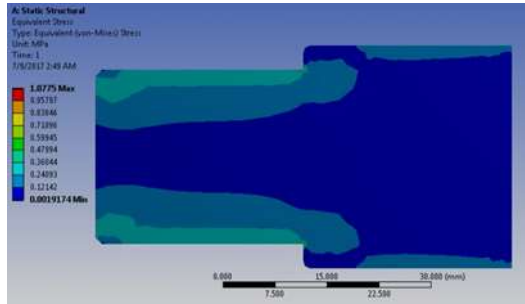


Gambar 10. Tegangan maksimum dan minimum pada fillet 0.14 mm

Tegangan gabungan antara $M = 250 \text{ N mm}$ dan Momen punter $T = 400 \text{ N mm}$ pada material uji nomor 1, tegangan maksimum yang terjadi terdapat sudut fillet sebesar $S = 1.0775 \text{ N/mm}^2$. Hasil dari perhitungan bahwa tegangan maksimum yang terjadi pada bagian kritis untuk fillet sebesar 0.5270 N/mm^2 .

c. Tegangan maksimum pada fillet 0,16

Hasil yang diperoleh untuk tegangan minimum, tegangan maksimum dan konsentrasi tegangan dari simulasi model dapat dilihat dalam gambar 11.

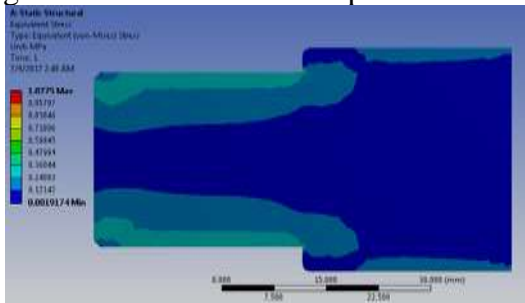


Gambar 11. Tegangan maksimum dan minimum pada fillet 0.16 mm

Tegangan gabungan antara $M = 250 \text{ N mm}$ dan Momen punter $T = 400 \text{ N mm}$ pada material uji nomor 1, tegangan maksimum yang terjadi terdapat sudut fillet sebesar $S = 0.912 \text{ N/mm}^2$. Hasil dari perhitungan bahwa tegangan maksimum yang terjadi pada bagian kritis untuk fillet sebesar 0.5048 N/mm^2 .

d. Tegangan maksimum pada fillet 0,18

Hasil yang diperoleh untuk tegangan minimum, tegangan maksimum dan konsentrasi tegangan dari simulasi model dapat dilihat dalam gambar 12.

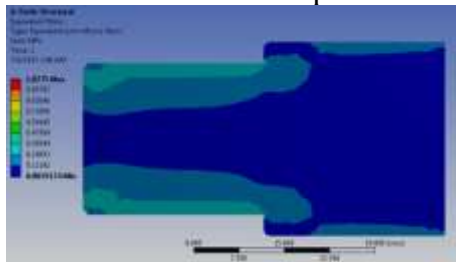


Gambar 12. Tegangan maksimum dan minimum pada fillet 0.18 mm

Tegangan gabungan antara $M = 250 \text{ N mm}$ dan Momen punter $T = 400 \text{ N mm}$ pada material uji nomor 1, tegangan maksimum yang terjadi terdapat sudut fillet sebesar $S = 0.843 \text{ N/mm}^2$. Hasil dari perhitungan bahwa tegangan maksimum yang terjadi pada bagian kritis untuk fillet sebesar 0.4648 N/mm^2 .

e. Tegangan maksimum pada fillet 0,2

Hasil yang diperoleh untuk tegangan minimum, tegangan maksimum dan konsentrasi tegangan dari simulasi model dapat dilihat dalam gambar 13.



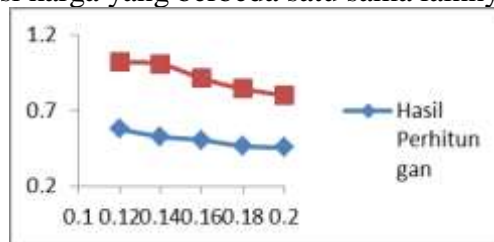
Gambar 13. Tegangan maksimum dan minimum pada fillet 0.20 mm

Tegangan gabungan antara $M = 250 \text{ N mm}$ dan Momen punter $T = 400 \text{ N mm}$ pada material uji nomor 1, tegangan maksimum yang terjadi terdapat sudut fillet sebesar $S = 0.980 \text{ N/mm}^2$. Hasil dari perhitungan bahwa tegangan maksimum

yang terjadi pada bagian kritis untuk fillet sebesar 0.4536 N/mm².

4. Pengaruh Fillet pada Tegangan Maksimum

Pengaruh variasi fillet yang terjadi pada poros untuk semua variable r memberikan variasi harga yang berbeda satu sama lainnya.



Gambar 13. Perbandingan hasil perhitungan dan simulasi

5. Distribusi Tegangan

Pada penelitian ini dengan material structural steel masih sangat kecil. Deformasi pada fillet hamper tidak terlihat. Pada gambar 14.



Gambar 14. Distribusi tegangan sepanjang selimut poros kecil

KESIMPULAN

Poros adalah bagian dari sistim transmisi yang digunakan untuk meneruskan daya mekanis. Umumnya poros transmisi dibuat bertingkat dan pada bagian tingkat tersebut dibuat fillet. Tujuan dari pembuatan fillet adalah untuk mengurangi konsentrasi pada bagian tersebut.

Dari hasil pembahasan, pengaruh variasi fillet 0.12 mm, 0.14 mm, 0.16 mm, 0.18 mm dan 0.20 mm dengan beban lenturan M sebesar 250 N mm dan beban punter T sebesar 400 N mm menunjukan tegangan yang bervariasi. Pada fillet 0.12 mm tegangan maksimum jauh lebih besar dibandingkan dengan fillet yang lebih besar. Hal tersebut terjadi karena distribusi tegangan pada fillet yang kecil lebih terpusat. Ini dapat dilihat dari distribusi tegangan yang terjadi pada poros kecil.

Pengaruh yang paling besar pada beban gabungan terjadi pada beban lentur. Dampak yang terjadi dapat dilihat dari posisi poros dekat bagian atas dan bawah poros kecil. Pada bagian tengah hanya terjadi beban torsi saja. Sedangkan untuk beban punter mempengaruhi permukaan poros kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Popov, E, P, dan Astamar Zainul, "Mekanika Teknik", Edisi kedua Penerbit Erlangga, Jakarta, 1991.
- Shigley, Joseph and Mischke, Charles, "Standard Handbook of Machine Design", Second Edition, Mic Graw Hill, NY, 1996
- Spotts, F, M, " Design Of Machine Elements" Third Edition, Prentice-Hall inc, England.

Suga, Kiyokatsu dan Sularso, “Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin”
Cetakan kesebelas, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 2013
Pilkey D, Walter and Pilkey F, Deborah “Stress Concentration Factors” Third
Edition, Jhon Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey, Canada