

Evaluasi terhadap *Service-Stress* untuk *Achor-Pin* Rem Sepeda Motor Tipe Drum

Gatot Prayogo, Ramadanus Gholib

Departemen Teknik Mesin UI, Kampus Baru UI, Depok 16424

Telp. : 021-7270032 (ext. :246), Fax. : 021-7270033

E-mail : gatot@eng.ui.ac.id

Abstrak

Anchor pin adalah salah satu komponen drum brake yang umumnya dipakai pada sepeda motor. Selama pemakaiannya telah didapatkan sering terjadi kegagalan (patah) pada komponen tersebut, oleh karena itu dalam rangka untuk melakukan analisa kegagalan maka diperlukan suatu evaluasi terhadap tegangan yang bekerja (*service stress*) pada komponen tersebut. Tujuan dari pekerjaan evaluasi ini adalah untuk mengklarifikasi nilai *service stress* dari komponen *anchor pin* tersebut. Metoda eksperimen dengan menggunakan strain-gage dan simulasi tegangan dengan menggunakan FEM telah digunakan selama penelitian. Uji tarik telah dilakukan untuk mendapatkan sifat mekanis dari material *anchor pin* yang selanjutnya itu akan dipakai sebagai *constitutive materials* pada proses komputasi. Analisa tegangan secara eksperimen dengan menggunakan strain gage telah dilakukan pada beberapa titik kritis untuk beberapa kondisi pembebanan yaitu *impact brake*, *drive brake*, dan *static brake*, sesuai dengan standar pengujian dari pihak *principle*. Simulasi tegangan dengan FEM telah dilakukan untuk memverifikasi penentuan beberapa titik kritis padai *anchor pin* dan nilai tegangannya. Sebagai hasil, itu dapat disimpulkan bahwa nilai *maximum service stress* pada titik-titik kritis *anchor pin* adalah sekitar 30% dari tegangan ijinnya (*allowable stress*), dan itu berarti bahwa nilai *service stress* masih dalam batas sangat aman. Pada daerah kritis, nilai tegangan yang didapat dari hasil analisa dengan menggunakan FEM dan dari hasil eksperimen menunjukkan bahwa nilainya sangat mendekati, yaitu dengan perbedaan sekitar 6 %.

Keywords : *Anchor Pin, Service Stress, Strain-gage, Drum-brake, FEM*

1. Pendahuluan

Meningkatnya perkembangan industri otomotif di Indonesia dapat memacu persaingan antar perusahaan untuk meningkatkan kualitas serta inovasi di setiap aspek pendukungnya, sebagai contoh, itu terlihat pada perusahaan-perusahaan manufaktur dibidang otomotive misalnya industri sepeda motor di Indonesia. PT. X merupakan salah satu contoh dari perusahaan yang berusaha dengan keras untuk semakin maju dan inovatif dalam perkembangan teknologi produknya, yaitu dalam bidang otomotif (sepeda motor), dengan membentuk Divisi Research & Development (R&D Division).

Salah satu aktivitas Divisi *Research and Development* tersebut adalah untuk menganalisa kasus – kasus yang ditemukan di pasar yang selanjutnya itu dapat digunakan sebagai bahan masukan untuk melakukan perubahan atau perbaikan produk berikutnya. Dari berbagai macam kasus yang ada, salah satunya adalah telah ditemukannya suatu kasus patahnya anchor pin untuk drum brake sepeda motor seperti tertulis dalam laporan customer¹⁾. Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu analisa kegagalan terhadap komponen tersebut sebagai salah satu upaya untuk memperbaikinya.

Ada berbagai macam langkah standard yang diperlukan dalam analisa kegagalan, antara lain adalah visually dan microscopically examination terhadap fracture surface, laboratory testing terhadap material komponen yang patah, fatigue life dan service stress evaluation terhadap fractured part, dan operation dan maintenance evaluation, dls^{2,3)}.

Dalam rangka untuk melakukan salah satu langkah analisa kegagalan dari komponen tersebut (anchor pin), maka dalam tulisan ini akan dibahas tentang evaluasi tegangan yang bekerja (*service stress*) pada *Anchor Pin* Rem sepeda motor tipe drum.

Anchor Pin merupakan salah satu *part* dari sistem pengereman roda belakang sepeda motor yang berfungsi sebagai penopang *brake shoe*. Dalam pengoperasiannya anchor pin tersebut mempunyai fungsi yang sangat vital sehingga jika terjadi kegagalan (patah) pada komponen tersebut maka dapat menimbulkan kecelakaan pada sepeda motor.

2. Metoda pengujian

Metode yang digunakan dalam evaluasi ini adalah meliputi pengujian di laboratorium dan simulasi tegangan. Serangkaian pengujian yaitu uji tarik (tension testing) terhadap material *anchor pin*, dan uji pengereman (*brake test*) meliputi *impact brake*, *drive brake*, dan *static brake*, sesuai dengan standar pengujian dari pihak *principle*.

2.1 Uji tarik

Uji tarik dilakukan untuk mendapatkan nilai *mechanical properties* dari materials *Anchor Pin*, yang selanjutnya itu akan dipakai sebagai *constitutive materials* untuk simulasi tegangan. Standar pengujian menggunakan JIS Z-2201. Dari hasil uji tarik yang telah dilakukan didapatkan *mechanical properties* dari material SCM 435H sebagai berikut :

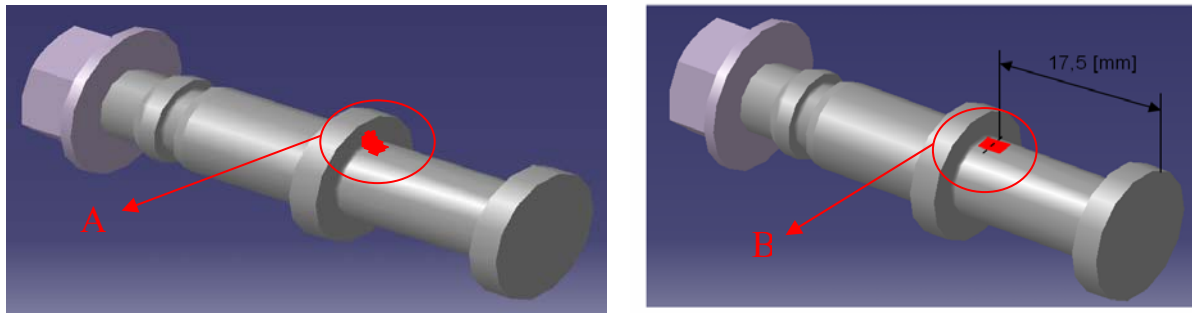
| SAMPLE | Hardness (HRC) | Max. Stress (N/mm ²) | Max. Strain (%) | Elongation (%) | Yield Point Stress (N/mm ²) | Reduc. Of Area (%) | Poisson Ratio | Modulus of Elasticity (N/mm ²) |
|---------|-------------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------|--|-----------------------|---------------|---|
| Average | 34.1 | 1021.3 | 18 | 18 | 934 | 53.06 | 0.34 | 200002.6 |

Tabel 1. *Mechanical Properties* dari Material SCM 435H

2.2 Pengukuran Regangan

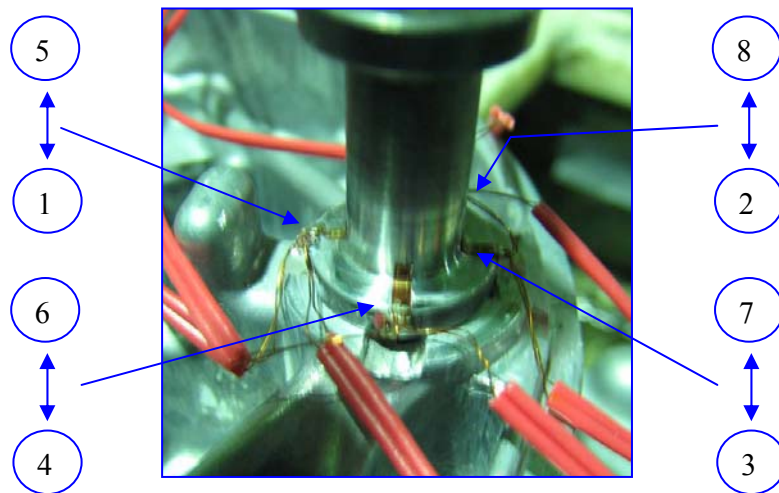
2.2.1 Pemasangan strain gage

Pemasangan *strain gage* pada *anchor pin* dilakukan pada 2 lokasi yang berbeda, yaitu pada titik A, sebagai daerah kritis untuk dianalisa *working stress* nya, dan titik B, dimana *strain* yang terukur digunakan sebagai *external load* pada saat melakukan simulasi tegangan (lihat gambar 1, dibawah). Tipe strain gage yang dipakai adalah KYOWA KFG-2N-120-C1-11L3M2R.

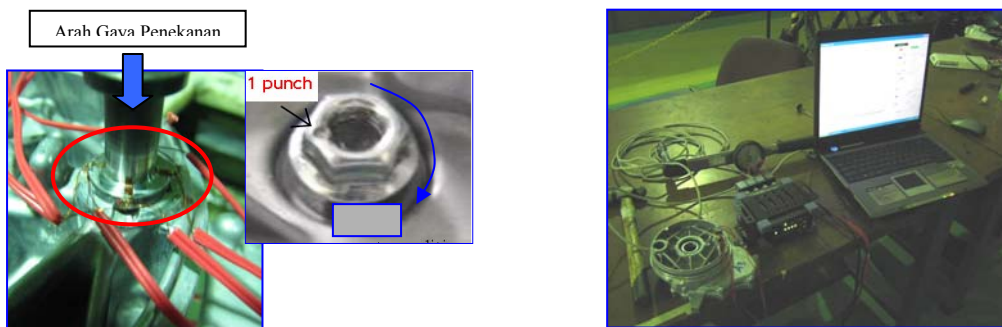


Gambar 1, Titik Ukur Strain

Data strain diambil dalam 4 kondisi yaitu : *initial stress*, *single brake*, *brake impact*, dan *running test* sesuai dengan standard pihak principle. *Initial stress* adalah *stress* yang timbul saat proses pemasangan *pin anchor* ke dalam *case mission*. *Pin anchor* tersebut di masukkan dengan cara di *press* kemudian di kencangkan menggunakan *nut* dengan torsi pengencangan 175 [kgf.cm]. Saat proses pemasangan *pin anchor* ke *case mission*, *strain* yang terjadi di *anchor pin* direkam dengan menggunakan *strain meter*, KYOWA EDS-400.



Gambar 2. Posisi *strain gages* pada *pin anchor*



Gambar 3, Proses pemasangan *anchor pin* ke *case mission*, dan pengukuran *strain*-nya

2.2.2 Single brake

Single brake atau static brake adalah salah satu metode pengujian yang dipakai untuk menguji ketahanan pengereman (brake durability) dari sistem rem terhadap beban statis. Pada prinsipnya, metoda yang dipakai pada pengujian ini adalah dengan pemberian beban statis (momen statis) terhadap rem. Gaya pada aktuator untuk menimbulkan momen adalah sebesar jumlah total beban rem yang meliputi berat unit motor ditambah asesoris ditambah berat rider dan penumpang dan full baggage. Metoda pengujian berikut ini meliputi single, impact, dan running brake, sesuai dengan standar pengujian dari principle⁶⁾. Gambar foto saat melakukan pengujian dapat dilihat pada gambar 4 dibawah.

Gambar 4. Pengujian *Single Brake*



2.2.3 Impact Brake

Impact brake adalah salah satu metode pengujian yang dipakai untuk menguji ketahanan dari sistem pengereman terhadap beban *impact*. Roda motor yang diuji rem-nya diletakan diatas drum yang dihubungkan ke bench dyno drum. Roda diputar sesuai dengan kecepatan motor 80 km/h, kemudian pedal rem ditekan dengan gaya pengereman 60 kg dan waktu pengereman sekitar 0,5 detik. Gaya pengereman tersebut diulangi beberapa kali, sekitar 50 kali dengan selang waktu 30 detik untuk proses pendinginannya. Setelah itu, brake dibongkar untuk diamati kerusakanya. Dalam kasus ini, selama proses impact brake tersebut nilai strain pada anchor pin direkam dengan menggunakan data logger.



Gambar 5. Pengujian Brake Impact

2.2.4 Running test

Running test adalah salah satu metode pengujian yang dipakai untuk menguji ketahanan dari sistem pengereman terhadap beban aktual saat jalan. Metoda pengujian yang dipakai meliputi pembebanan pada pedal brake, kecepatan motor, dls., adalah sama dengan impact brake. Tetapi perbedaanya adalah hanya pada pengopersian motor yaitu dengan dikendarai secara langsung. Gambar foto saat melakukan pengujian dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 6, Pengujian *Running Test*

3. Hasil Pengujian dan Pembahasan

3.1 Initial stress

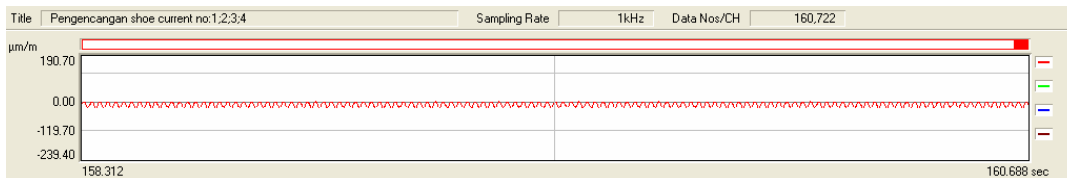
Berikut merupakan grafik hasil pengukuran *strain* (initial strain) pada saat proses pemasangan *pin anchor* ke dalam *case mission*. Untuk *initial stress*, nilai *strain* yang diambil adalah nilai maksimum dari grafik. Nilai maksimum untuk posisi strain nomer 1 yang terbaca dari hasil analisa statistik yang dilakukan oleh *software* itu sendiri (EDS 400 *Control Software*) adalah $665,33 \mu\epsilon$.



Gambar 7 *Strain* yang direkam saat *Initial Stess*

3.2 Single brake

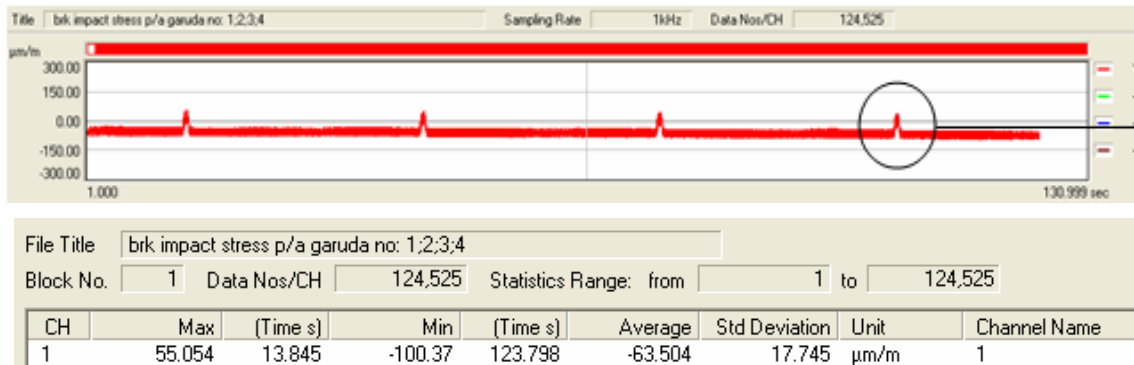
Berikut merupakan grafik hasil pengukuran *strain* pada saat posisi rem terkunci. Nilai strain maksimum untuk posisi strain-gage nomer 1 yang terbaca dari hasil analisa statistik yang dilakukan oleh *software* itu sendiri (EDS 400 *Control Software*) adalah $-23,331 \mu\epsilon$.



Gambar 8, *Strain* Titik 1 saat pengencangan *Brake Shoe*.

3.3 Brake impact

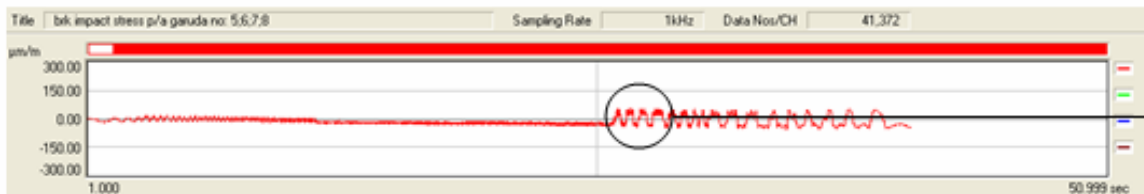
Berikut merupakan grafik hasil pengukuran strain pada saat pengujian *brake impact*. Nilai maksimum dan minimum untuk posisi *strain* nomer 1 yang terbaca dari hasil analisa statistik yang dilakukan oleh *software* itu sendiri (EDS 400 *Control Software*) adalah $55,054 \mu\epsilon$ dan $-100,37 \mu\epsilon$.



Gambar 9 *Strain* Titik 1 saat pengujian *Brake Impact*

3.4 Running test

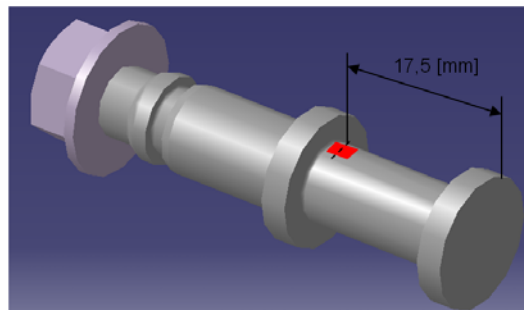
Berikut merupakan grafik hasil pengukuran *strain* pada saat *running test*. Nilai maksimum dan minimum untuk posisi *strain* nomer 1 yang terbaca dari hasil analisa statistik yang dilakukan oleh *software* itu sendiri (EDS 400 *Control Software*) adalah 56,565 $\mu\epsilon$ dan -56,565 $\mu\epsilon$.



Gambar 10, *Strain* Titik 1-4 Saat *Running Test*

3.5 Pengukuran *Strain* Pada Sisi Datar *Pin Anchor*

Pengukuran *strain* ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan gaya pengereman yang nantinya akan dipakai dalam *software analysis*. *Strain* dipasang pada sisi datar dengan tujuan untuk menghindari kesalahan dalam pengukuran gaya. Hasil dari simulasi tegangan yang dilakukan akan menjadi pembanding data hasil pengukuran aktual. Dari hasil pengukuran, didapatkan ϵ_{max} pada jarak 17,5 [mm] dari sisi paling tepi (seperti pada gambar) yaitu sebesar 631 $\mu\epsilon$.



Gambar 11, Posisi *Strain Gage* Pada Sisi Datar

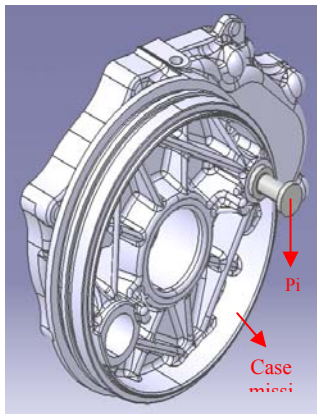


Gambar 12, *Strain* pada sisi datar

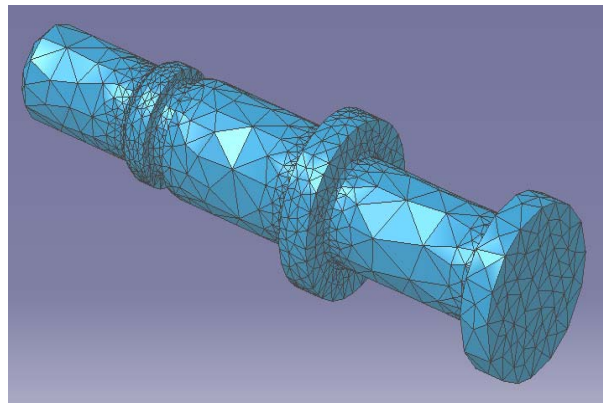
4. Simulasi Tegangan

4.1 Mesh generation

Simulasi tegangan dengan menggunakan FEM software SA2-CATIA V5R17 telah dilakukan untuk menganalisa distribusi tegangan pada anchor pin. Beban anchor pin diambil dari nilai strain yang didapat pada pengukuran di titik B, lihat item 3.5 diatas. Pada titik yang diprediksikan kritis dimana strain gage dipasang, nilai stress hasil simulasi tegangan pada titik tersebut akan dibandingkan satu sama lain. Hal ini dimaksudkan untuk meklarifikasi hasil pengukuran starin gage pada titik tersebut. Mechanical properties material anchor-pin yang dipakai pada proses simulasi adalah linear-elastic dengan nilai Poisson's ratio adalah 0,34 dan Modulus of Elasticity adalah 200002,6 N/mm², seperti ditunjukkan pada tabel 1 diatas.



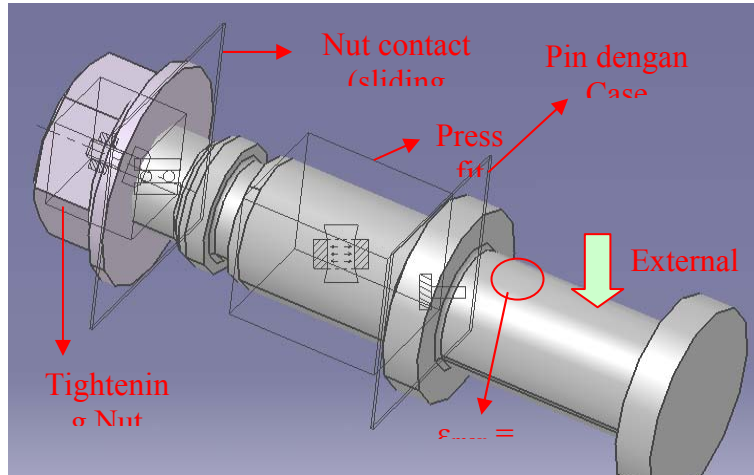
Gambar 13, Posisi *Anchor Pin* yang terpasang pada *case mission*.



Gambar14 , Meshing pada *Anchor Pin*.

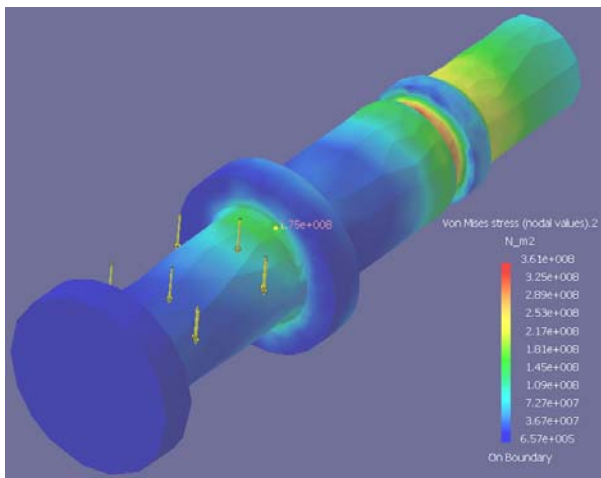
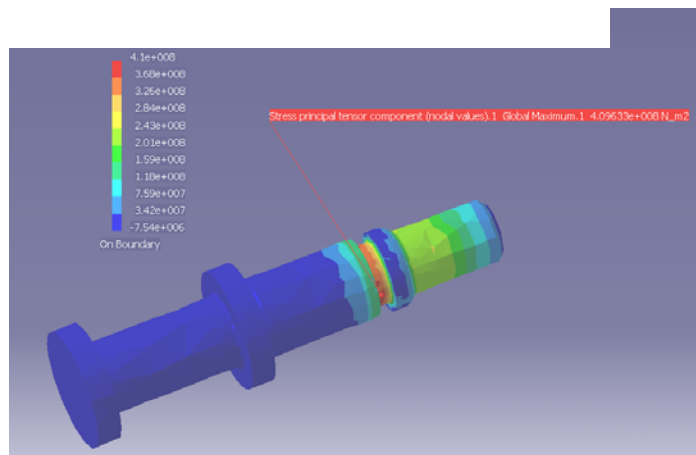
4.2 Boundary Condition

Boundary Condition merupakan batasan dan perlakuan yang nantinya diaplikasikan dalam simulasi *software*.

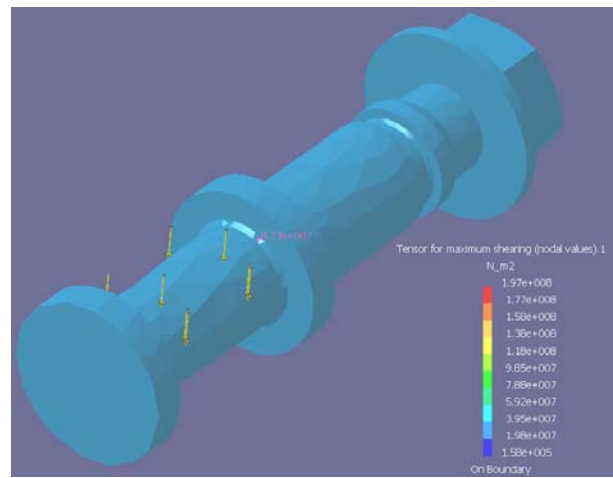


Gambar 15, *Boundary Condition Anchor Pin dan Nut* terpasang pada *case mission*

Gambar 16, *Stress Maksimum* 409,6 [MPa], saat pengencangan *Nut* pada torsi 175 [kgf.cm].

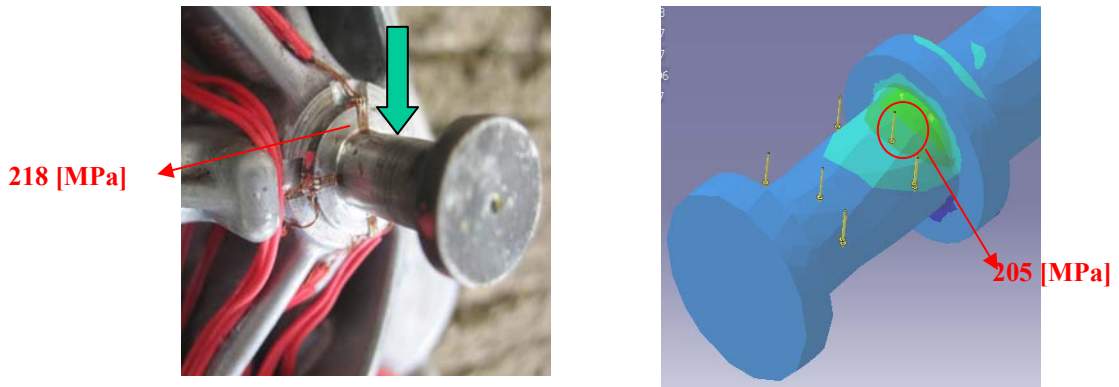


Gambar 17, *Von Misess Stress* di Titik A sebesar 175 [Mpa]



Gambar 18, *Maximum Shear Stress* di Titik A sebesar 87,3 [Mpa]

4.3 Verifikasi Nilai Tegangan



Gambar 19, Nilai Stress Hasil Pengukuran Dan Simulasi

Daerah kritis adalah daerah pembesaran (corner) karena di daerah tersebut diduga kuat mempunyai konsentrasi tegangan cukup besar ($K_t \sim 3$) seperti ditunjukkan pada referensi¹¹⁾. Pemilihan tersebut juga diverifikasi dengan menggunakan simulasi tegangan, dan hasilnya sangat sesuai. Selanjutnya, setelah dilakukan pengolahan data dari pengujian, maka dapat dihasilkan bahwa nilai tegangannya adalah seperti ditunjukkan pada tabel 2 dibawah ini. Nilai-nilai tersebut adalah masih jauh dibawah nilai Yield Point Stress dari hasil uji tarik seperti terlihat pada tabel 1, yaitu sebesar $\sigma_y = 934 \text{ N/mm}^2$.

| point | single brake | | brake impact | | running | |
|-------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| | σ_{mean} [Mpa] | $\sigma_{\text{amplitude}}$ [Mpa] | σ_{mean} [Mpa] | $\sigma_{\text{amplitude}}$ [Mpa] | σ_{mean} [Mpa] | $\sigma_{\text{amplitude}}$ [Mpa] |
| 1 | 119.75 | 7.28 | 127.66 | 13.76 | 133.55 | 10.32 |
| 2 | 38.09 | 5.87 | 34.45 | 18.21 | 17.30 | 12.81 |
| 3 | 30.64 | 5.82 | 26.78 | 9.74 | 10.41 | 7.03 |
| 4 | 14.93 | 6.40 | 23.73 | 24.19 | 16.54 | 18.88 |
| 5 | 5.56 | 9.23 | 8.33 | 56.31 | -10.57 | 45.67 |
| 6 | -234.01 | 14.35 | -132.61 | 102.14 | -135.00 | 83.24 |
| 7 | -19.31 | 9.97 | -38.30 | 27.38 | -38.27 | 21.54 |
| 8 | 198.49 | 13.34 | 58.82 | 108.87 | 53.78 | 89.36 |

Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan simulasi tegangan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sbb.:

1. Nilai tegangan yang bekerja (*service stress*) pada daerah kritis di *Pin Anchor* tersebut adalah sekitar 30% dari tegangan maksimum yang diijinkan. Jadi nilai tegangan tersebut masih dalam batas sangat aman, dengan kata lain, penyebab patahnya *Anchor Pin* tersebut bukan dikarenakan oleh *service stress* yang berlebihan.
2. Dari hasil simulasi tegangan yang dilakukan, nilai tegangan pada daerah kritis mendekati nilai tegangan yang didapat dari eksperimen dengan perbedaan sekitar 6%. Jadi dapat disimpulkan bahwa metode pengukuran tegangan yang dilakukan sangat representative.

Daftar Pustaka

- 1) "Claim Market Report," AHM, Februari 2007.
- 2) ASM Hand Book, *Fatigue and Fracture Volume 19*, ASM International, USA, 2002.
- 3) Shin-Ichi Nishida, *Failure Analysis in Engineering Applications*, The Nikkan Kogyo Shimbun, Ltd., Tokyo, 1992.
- 4) "Whats a Strain Gage," 6 Mei 2007, 14:30, <http://www.kyowa.com>
- 5) *Kumamoto Specification Standard (KSS) Hingi*, R & D, AHM.
- 6) *HES A1069*, R & D, AHM.

- 7) "Engineering Laboratotium Report," AHM, 23 Maret 2007
- 8) "Engineering Laboratotium Report," AHM, 23 Maret 2007
- 9) "Engineering Laboratotium Report," AHM, 24 April 2007
- 10) "Engineering Laboratotium Report," AHM, 07 April 2007
- 11) Robert C. Juvinall, *Engineering Consideration of Stress, Strain, and Stength*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1976.