

Analisis Hubungan Dimensi Stem dan Ballhead Terhadap Faktor Keamanan Fatik Hip Stem Prosthesis dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga

Syifaul Huzni^{1a*}, Fitri Handayani², Syarizal Fonna^{3b} dan M. Ridha^{4c}

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Mesin, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7 Darussalam – Banda Aceh 23111, INDONESIA

^asyifaul@unsyiah.ac.id / syifaul@gmail.com, ^bsyarizal.fonna@gmail.com, ^cridha@tdmrc.org

Abstrak

Hubungan dimensi stem dan radius *ballhead* terhadap faktor keamanan fatik (*fatigue safety factor*) *hip stem prosthesis* dibentangkan dalam kertas kerja ini. Analisis elemen hingga dilakukan pada *prosthesis* buatan model AML (*Anatomic Medullary Locking*). Panjang stem dan diameter *ball head* divariasikan guna mewakili dimensi *prosthesis* yang biasa digunakan di Indonesia. Penelitian ini difokuskan untuk mengamati faktor keamanan fatik, siklus fatik minimum, dan distribusi tegangan maksimum pada AML *prosthesis* yang terbuat dari material titanium alloy. Distribusi tegangan maksimum *von mises* dan faktor keamanan minimum berhasil diperoleh melalui simulasi menggunakan ANSYS R13.0. Hasil analisis menunjukkan bahwa dimensi dari *stem* dan *ballhead* yang dibangun mempengaruhi nilai minimum *fatigue safety factor*. Walaupun demikian, secara umum faktor keamanan yang diperoleh masih berada dalam kategori aman.

Kata kunci : *Hip stem prosthesis*, faktor keamanan fatik, analisa elemen hingga

Pendahuluan

Fracture fatigue dan keausan merupakan penyebab utama kegagalan implan dan juga menjadi masalah pokok yang menyebabkan *implant loosening* dan *stress-shielding*.

Kerusakan sendi panggul (*hip joint*) yang diakibatkan oleh osteoarthritis maupun kecelakaan dapat ditanggulangi dengan melakukan *total hip arthroplasty* (THA) sebagai alternatif perawatan bedah. Operasi THA telah sukses dilakukan dalam beberapa tahun terakhir namun masih ada 10% operasi gagal dalam 9-10 tahun [1]. Kegagalan ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya sifat fisik implan dan tubuh, biokompabilitas, kerusakan, kegagalan desain dan prosedur bedah [2]. *Fracture fatigue* dan keausan merupakan penyebab utama kegagalan implan dan juga menjadi masalah pokok yang menyebabkan *implant loosening* dan *stress-shielding*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara dimensi stem dan radius *ball head* terhadap faktor keamanan fatik AML *prosthesis* yang merupakan salah satu model

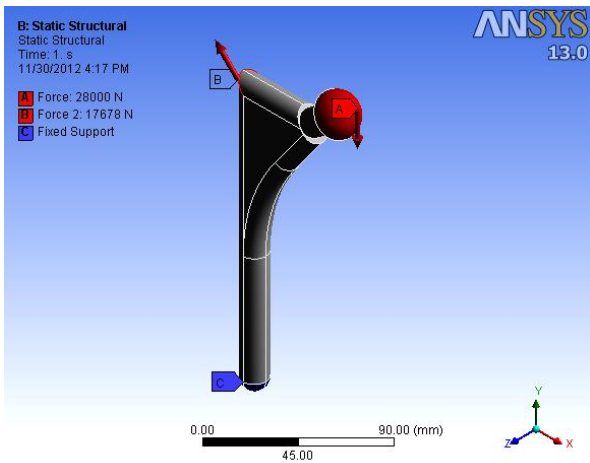
hip prosthesis yang digunakan pada *total hip replacement*. Hasil penelitian diharapkan dapat membantu ahli bedah ortopedi Indonesia untuk mengidentifikasi dimensi yang ideal pada pasien implan sendi panggul.

Metode

Analisis dilakukan terhadap model *prosthesis* AML dengan bantuan perangkat lunak ANSYS Release 13.0. Dimensi panjang stem dan diameter *ball head* divariasikan berdasarkan data RS Dr. Sutomo [3]. Panjang stem yang divariasikan adalah 130, 135, 140, 145, 150, 155, dan 160 mm untuk radius *ball head* ditetapkan 19 mm. Dan variasi *ball head* yang diberikan yaitu 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, dan 45 mm untuk panjang stem yang ditetapkan 140 mm. Solid model AML *prosthesis*, *boundary condition* dan *loading condition* yang diaplikasikan dalam analisis ditunjukkan pada Gambar 1.

Material titanium alloy dengan nilai poisson ratio $\nu = 0.33$, dan *elasticity* $E = 110$ GPa digunakan dalam analisis elemen hingga yang menggunakan mesh jenis 3D solid

tetrahedron dan dengan susunan mesh “*fine*”. Pendekatan *stress-life* digunakan dalam analisis fatik untuk mendapatkan faktor keamanan fatik (*fatigue safety factor*).

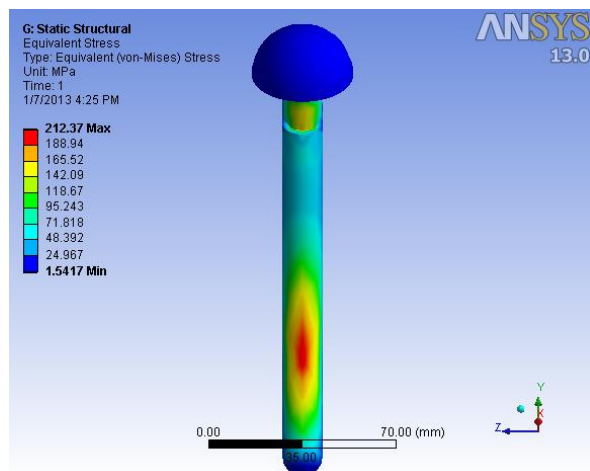


Gambar 1. Model geometry, *Boundary Condition* dan *loading condition*

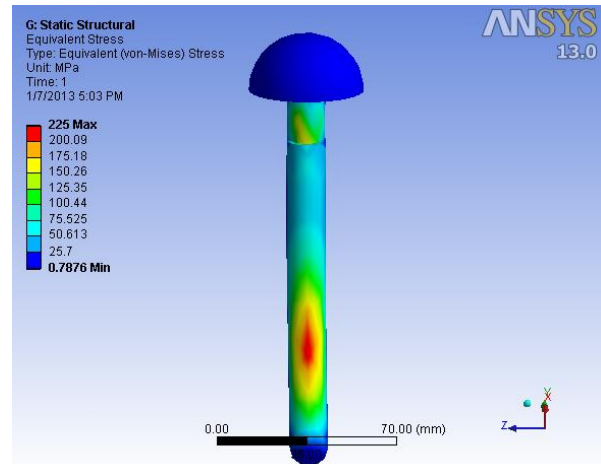
Kondisi batas dan model pmbebanan yang ditunjukkan dalam Gambar 1 merujuk kepada model yang dikembangkan oleh peneliti sebelumnya [4].

Hasil dan Pembahasan

Von-Misses Stress. Distribusi tegangan von Mises pada dua sampel stem dengan ukuran *stem* dan *ball head* yang berbeda ditunjukkan dalam Gambar 2. Dari dua gambar tersebut (Gambar 2a dan Gambar 2b) terlihat jelas lokasi dengan nilai distribusi tegangan tinggi terletak pada zona yang sama, meskipun magnitud tegangan yang terjadi berlainan.



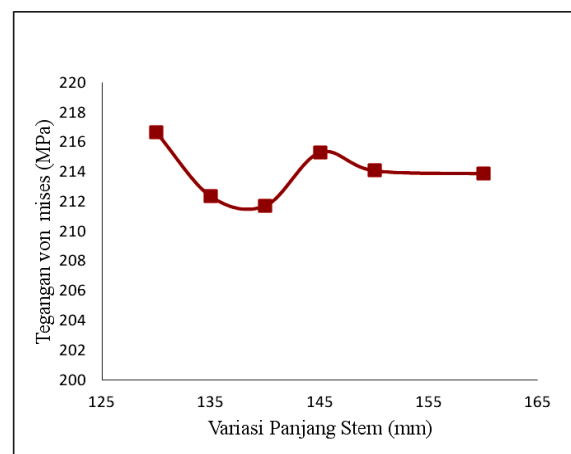
(a) *Ball head* 38 mm & panjang *stem* 135 mm



(b) *Ball head* 45 mm & panjang *stem* 140 mm

Gambar 2. Distribusi tegangan von Mises pada *stem prosthesis*

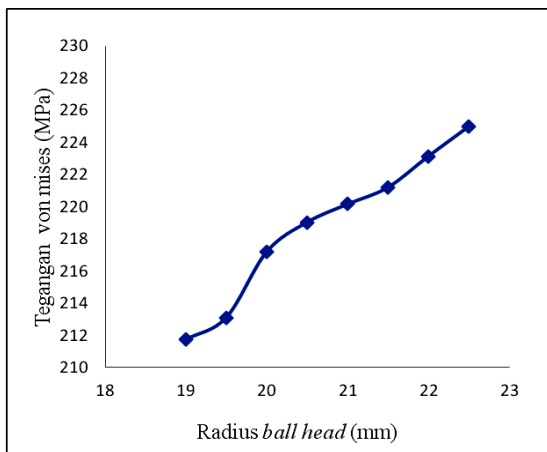
Pengaruh panjang stem terhadap nilai maksimum tegangan von Mises yang terjadi ditunjukkan dalam Gambar 3. Analisa ini dilakukan pada ball head dengan radius 19 mm. Fluktuasi nilai tegangan von Mises terjadi akibat variasi panjang stem, namun perbedaan tegangan yang terjadi relatif kecil, sehingga pengaruh panjang stem nampaknya tidak banyak memberi kontribusi terhadap perubahan nilai tegangan von Mises.



Gambar 3. Tegangan maksimum von Mises pada variasi panjang stem dengan radius *ball head* 19 mm

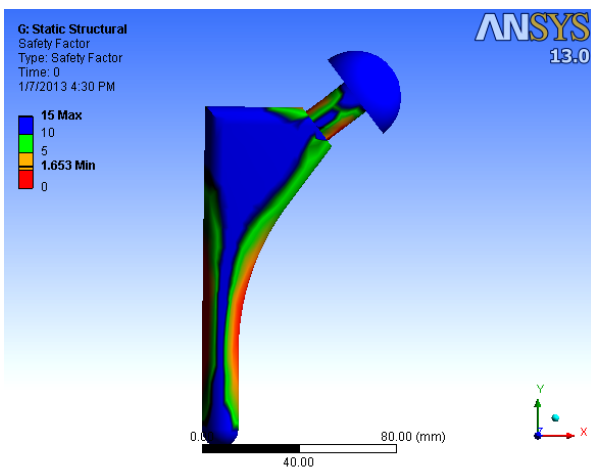
Hal yang berbeda ditemukan pada kajian mengenai pengaruh radius *ball head* terhadap tegangan von Mises, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 4. *Trend* menunjukkan bahwa radius *ball head* secara

efektif mempengaruhi nilai tegangan von Mises yang terjadi pada *hip stem prosthesis*. Walaupun pada dasarnya dimensi dari desain yang dibangun dipengaruhi oleh dimensi tulang asli atau postur tubuh dari pasien *hip replacement* namun hal ini dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan untuk memilih dimensi *hip stem* yang lebih tepat.

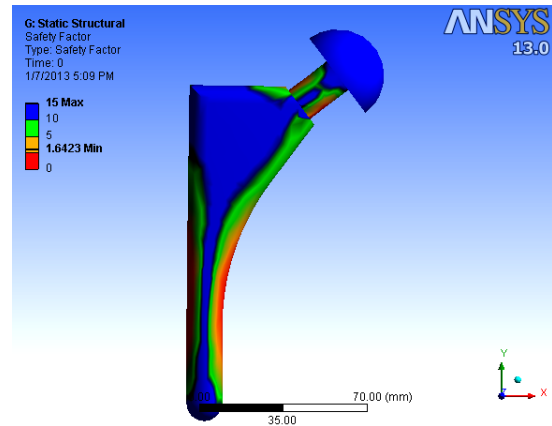


Gambar 4. Tegangan maksimum von mises pada variasi *ball radius* dengan panjang stem 140 mm

Safety Factor. Hasil analisis variasi panjang stem terhadap *minimum fatigue safety factor* yang dilakukan dalam kajian ini ditunjukkan dalam Gambar 5. Walaupun memiliki nilai keamanan fatik yang relatif berlainan yang terjadi akibat perbedaan ukuran *ball head*, namun distribusi *minimum safety factor* pada hip stem prosthesis adalah serupa (Gambar 5a dan Gambar 5b).

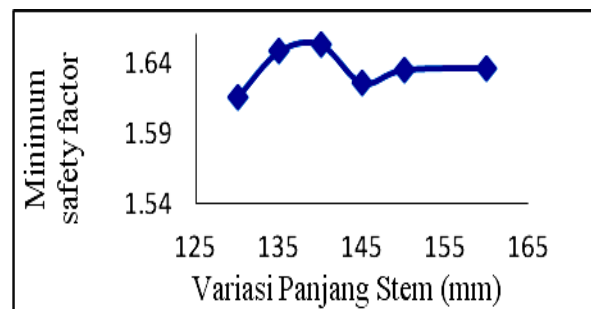


(a) *Ball head* 38 mm & panjang stem 140 mm

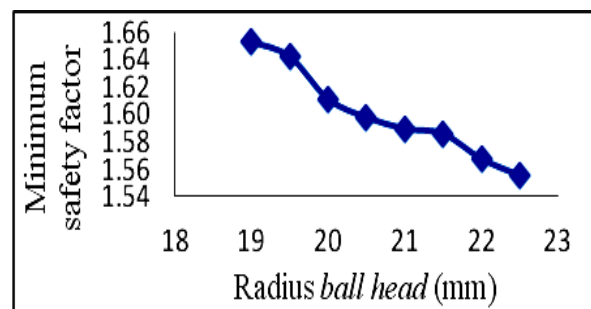


(b) *ball head* 39 mm & panjang stem 140 mm

Gambar 5. Distribusi faktor keamanan fatik (*fatigue safety factor*)



Gambar 6. Faktor keamanan fatik pada variasi panjang stem dengan *ball radius* 19 mm



Gambar 7. Faktor keamanan fatik pada variasi *ball radius* dengan panjang stem 140 mm

Gambar 6 menunjukkan perubahan nilai minimum safety faktor yang terjadi akibat perbedaan panjang stem. Meskipun fluktuatif, dari gambar tersebut terlihat bahwa panjang stem tidak banyak memberikan kontribusi yang efektif terhadap perubahan nilai *minimum safety factor* dari prosthesis yang dianalisa.

Hal yang berbeda terlihat pada variasi radius ball head, sebagaimana ditunjukkan

dalam Gambar 7. Radius ball head secara jelas mempengaruhi nilai *minimum safety factor* yang diperoleh. Namun demikian nilai minimum safety factor tersebut masih berada dalam tahap aman karena berada di atas nilai minimum 1 (satu) [5].

That Meet Their Intended Design Life Requirements, International ANSYS Conference, May 2-4 (2006).

Kesimpulan

Hasil yang diperoleh dalam kajian ini menunjukkan bahwa panjang stem tidak banyak berpengaruh terhadap *minimum safety factor hip stem prosthesis* yang dianalisa. Pengaruh yang lebih nyata terlihat pada perbedaan radius *ball head* yang digunakan. Walaupun nilai minimum *minimum safety factor* yang diperoleh masih dalam batas aman, namun pertimbangan dalam pemilihan ukuran panjang stem dan radius ball head hip stem prosthesis perlu dipertimbangkan dengan baik untuk meningkatkan kenyamanan penggunaan prosthesis tersebut.

Referensi

- [1.] Pakedis, Mahmut., Yildiz, Hasan., Comparison of Fatigue Behavior of Eight Different Hip Stems: a Numerical and Experimental Study, Journal Biomedical Science and Engineering, Vol: 4 (2011) 643-650.
- [2.] Adnan, N. Jameel., Wedad, I. Majeed., Razzaq, Alaa Mohammed., Fatigue Analysis of Hip Prosthesis, Journal of Engineering Vol 18 Nomor 10 (2012).
- [3.] Senalp, Zafer., Kayabasi, Oguz., Kurtaran, Hasan., Static, Dynamic, and Fatigue Behaviour of Newly Designed Stem Shapes for Hip Prosthesis Using Finite Element Analysis. Jurnal Materials & Design ScienceDirect Vol: 28 (2007) 1577-1583
- [4.] King Jye, Wong, Stress Analysis of Femur and Femoral Stems for Hip Arthroplasty, Tesis Mahasiswa Fakultas Teknik Mesin, Universiti Teknologi Malaysia (2006).
- [5.] Browell, L. & Raymond, Hancq, Predicting Fatigue Life with ANYSS Workbench: How to Design Products