

Finite Element Method Application for Stress Distribution Analysis on Hip Stem Prosthesis Model for Walking and Climbing Stair

Syifaул Huzni^{1,*}, M. Ari Azhari¹, M.Rizki¹, dan Syarizal Fonna¹

¹Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala - Banda Aceh

*Korespondensi: syifaул@unsyiah.ac.id

Abstract. Total Hip Arthroplasty (THA) using hip stem prosthesis is one of the solution that is often taken to solve the problem of hip joint damage (Hip Joint) on the human body. THA has been widely practiced in Indonesia, but most still use imported prosthesis products, so that the compatibility of shape and geometry with the anthropometry of the body and activities of Indonesian people is still not fully understand yet. One of the prosthesis models available today is Anatomic Modullary Locking (AML). The aim of this study is to investigate the stress distribution in the AML prosthesis model built using finite element method for the posture of Indonesian people. The ANSYS software with tetrahedron mesh is employed in stem prosthesis analysis with length and diameter of the ball head is 140 mm and 38 mm. The dimensions and geometry used in this study are based on results of previous research. The loading given on the hip stem prosthesis is adjusted to represent walking conditions and climbing up the stairs. Analysis and simulation results show that application software used can show the location and magnitude of the maximum stress that occurs. For walking and climbing up the stair conditions, the maximum stress location is at the neck region of the prosthesis, with a magnitude below the yield stress of the material employed. The results of this analysis giving a possibility to make some modification and optimization on the shape and geometry of the models developed in future research.

Abstrak. Total Hip Arthroplasty (THA) menggunakan hip stem prosthesis merupakan salah satu solusi yang sering ditempuh untuk menyelesaikan masalah kerusakan sendi panggul (*Hip Joint*) pada tubuh manusia. THA telah banyak dilakukan di Indonesia, namun sebagian besar masih menggunakan produk *prosthesis* import sehingga kesesuaian bentuk dan geometri dengan antropometri tubuh dan aktivitas masyarakat Indonesia masih belum dikaji sepenuhnya. Salah satu model *prosthesis* yang tersedia saat ini adalah *Anatomic Modullary Locking* (AML). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari distribusi tegangan pada model AML *prosthesis* yang dibangun dengan menggunakan metode elemen hingga untuk postur tubuh masyarakat Indonesia. Perangkat lunak ANSYS dengan bentuk mesh *tetrahedron* digunakan dalam analisis stem *prosthesis* dengan panjang dan diameter *ball head* adalah 140 mm dan 38 mm. Dimensi dan geometri yang digunakan dalam kajian ini didasarkan pada hasil penelitian sebelumnya. Pembebanan diberikan pada hip stem *prosthesis* disesuaikan untuk mewakili kondisi berjalan dan naik tangga. Hasil analisis dan simulasi menunjukkan bahwa perangkat lunak yang digunakan dapat menunjukkan lokasi dan *magnitude* dari tegangan maksimum yang terjadi. Untuk kondisi berjalan dan naik tangga, lokasi tegangan maksimum berada pada kawasan leher dari model prothesis yang dibangun dengan *magnitude* di bawah tegangan *yield* material yang digunakan. Hasil analisis ini membuka peluang untuk dilakukannya modifikasi dan optimasi terhadap bentuk dan geometri dari model yang dikembangkan pada penelitian selanjutnya.

Kata kunci: finite element method, hip stem prosthesis, stress distribution

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Hip joint (sendi panggul) merupakan sendi yang memiliki bantalan sendi paling besar dan paling berat, merupakan tulang sendi yang menjadi tumpuan berat badan dan termasuk sendi penting dalam tubuh manusia. Karena kondisi pembebanan yang diterimanya, sendi ini kadangkala mengalami kerusakan, baik itu kerusakan semi permanen maupun kerusakan permanen.

Terdapat beberapa jenis kerusakan sendi panggul, sebagai contoh diantaranya adalah fraktur

panggul dan *arthritis*. Fraktur panggul umumnya disebabkan karena cedera yang timbul akibat kecelakaan. Sedangkan *arthritis* merupakan kerusakan tulang yang ditandai dengan rasa nyeri dan kekakuan pada tubuh sehingga mengalami kesulitan untuk bergerak [1]. Diantara lebih dari 100 tipe kondisi *arthritis*, *osteoarthritis* adalah yang paling umum dialami lebih dari 36,5 juta penduduk di Indonesia [2]. Untuk menanggulangi *osteoarthritis* yang sudah sangat parah, ahli orthopedic melakukan *hip joint replacement*. *Hip joint replacement* meru-

pakan proses penggantian tulang panggul dengan tulang buatan yang terdiri dari *ball head*, *cup* dan *stem*.

Metode yang biasa ditempuh untuk mengatasi *osteoarthritis* adalah *Total Hip Arthroplasty* (THA). THA telah dilakukan di Indonesia menggunakan *hip joint prosthesis*, namun masih menggunakan produk import yang di desain untuk masyarakat *caucasian*. Postur tubuh dan aktifitas masyarakat Indonesia dan *caucasian* sangat berbeda, sehingga efektifitas penggunaan *hip stem prosthesis* perlu diteliti lebih lanjut. Penelitian aplikasi ini belum banyak dilakukan di Indonesia.

Peneliti sebelumnya [3] telah melakukan pemodelan hip stem prosthesis dan analisa pengaruh beban statis yaitu pada kondisi berdiri, sedangkan dalam kondisi aktual nya, aktifitas manusia tidak hanya statis, namun juga dinamis. Peneliti sebelumnya [4] telah melakukan analisis elemen hingga untuk menginvestigasi distribusi tegangan dari delapan model hip stem prosthesis yang berbeda yang digunakan dalam operasi orthopedic di Turki. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari distribusi tegangan pada desain hip stem prosthesis untuk kondisi berjalan dan naik tangga untuk postur tubuh masyarakat Indonesia.

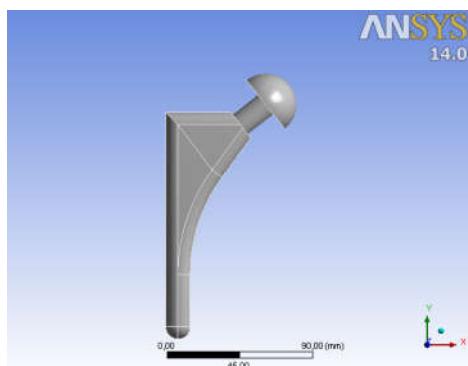
Metode

1. Pemodelan dan Simulasi.

Pemodelan dan analisis tulang panggul buatan (*hip stem prosthesis*) dilakukan menggunakan ANSYS Release 14.0, berjalan pada sistem aplikasi Windows 8 Ultimate.

2. Model Stem.

Model yang dibangun pada ANSYS adalah dari jenis AML (*Anatomic Medullary Locking*) prosthesis. Dimensi panjang *stem* 140 mm dan diameter *ball head* 38 mm dipilih berdasarkan variasi desain terbaik [3]. Model yang dibangun dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Model AML hip prosthesis

3. Material.

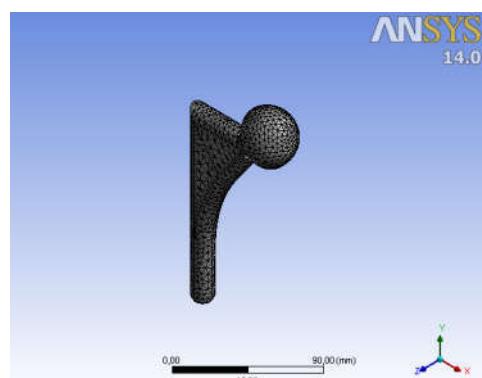
Material titanium alloy dispesifikasi pada model menggunakan *transient structural*. Karakteristik material yng digunakan dapat dilihat pada tabel 1. Elemen tipe dispesifikasi sebagai *solid* dan tipe mesh yaitu *tetrahedron*. Pemilihan bentuk *mesh* tipe *tetrahedron* memiliki keuntungan karen dapat digunakan pada model geometri yang sangat kompleks [5]. Ukuran mesh yang dipilih adalah “fine” atau halus dengan distribusi adaptif sebagaimana ditunjukkan dalam gambar 2.

4. Constraint dan Pembebanan.

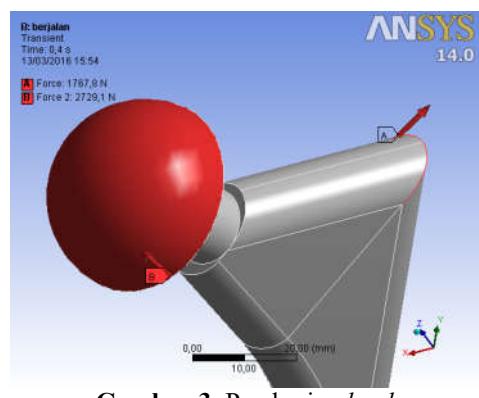
Beban diberikan untuk kondisi berjalan dan naik tangga [6]. Beban diberikan pada permukaan ball head. Pemberian beban pada model yang di-bangun mengacu pada kondisi berjalan dan naik tangga [6] dan beban sebesar 1,25 kN (*abductor muscle*) diaplikasikan pada sudut 20° dari *abductor muscle* [7] seperti yang ditunjukkan pada gambar 3. Pemberian constraint [8] ditunjukkan pada gambar 4.

Tabel 1. Sifat mekanik material

Properties	Unit	Ti6Al4V
Tensile yield strength	MPa	800
Ultimate tensile strength	MPa	900-1200
Modulus of elasticity	GPa	110
Shear modulus	GPa	42
Hardness	-	-
Density	gm/cm ³	4.3
Poisson's ratio	-	0.33



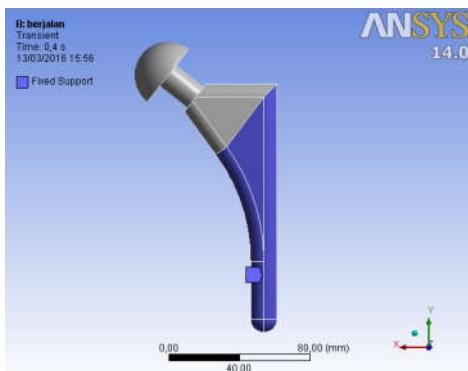
Gambar 2. Susunan mesh



Gambar 3. Pemberian load

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan tujuan dari penelitian ini, hal yang menjadi fokus dari hasil penelitian adalah distribusi tegangan maksimum yang terjadi. Dari hasil simulasi pada model yang dibangun diketahui bahwa tegangan maksimum berada pada lokasi sekitar *neck/ leher* dari hip stem prosthesis, serupa dengan dengan hasil penelitian sebelumnya oleh [9], seperti yang ditunjukkan pada gambar 5. Hasil penelitian juga di tampilkan dalam bentuk fluktuasi. Fluktuasi tegangan untuk kondisi berjalan selama waktu 3 detik ditunjukkan pada gambar 6 dan fluktuasi tegangan untuk kondisi naik tangga selama waktu 9 detik ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 4. Pemberian constraint

Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai tegangan tertinggi terkonsentrasi pada bagian *neck* tulang panggul buatan, dengan magnitude yang lebih tinggi dibandingkan pada daerah *stem/ batang*. Nilai tegangan maksimum yang dihasilkan oleh penelitian ini untuk kondisi berjalan mendekati nilai dari tegangan yang dihasilkan oleh penelitian sebelumnya [4]. MPP 6 merupakan model yang memiliki desain mendekati desain pada penelitian ini. Tegangan maksimum yang dihasilkan pada desain MPP 6 yaitu berkisar 220 Mpa sampai dengan 225 Mpa. Nilai tersebut mendekati nilai yang dihasilkan pada penelitian ini yaitu 220,44 MPa seperti yang terlihat pada gambar 5(b).

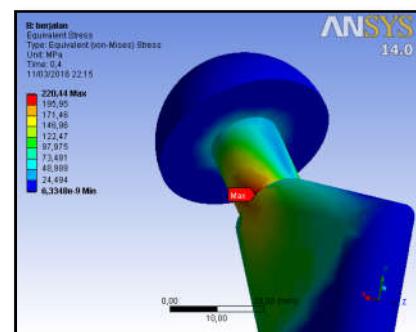
Kesimpulan

Distribusi tegangan maksimum untuk desain *hip stem prosthesis* yang dibangun dengan panjang stem 140 mm dan diameter ball head 38 mm berada pada daerah *neck/ leher*.

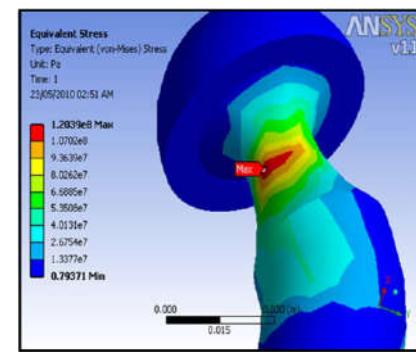
Untuk kondisi berjalan selama waktu 3 detik menghasilkan tegangan paling tinggi yaitu pada waktu 0,4 detik sebesar 220,44 MPa. Kemudian untuk kondisi naik tangga selama waktu 9 detik menghasilkan tegangan paling tinggi pada waktu 2 detik yaitu sebesar 189,23 MPa. Nilai tersebut

masih berada di bawah nilai tegangan *yield* material yang digunakan.

Dari hasil yang diperoleh, diketahui bahwa model finite element yang dibangun dapat digunakan dalam mengevaluasi desain prosthesis yang akan dikembangkan.

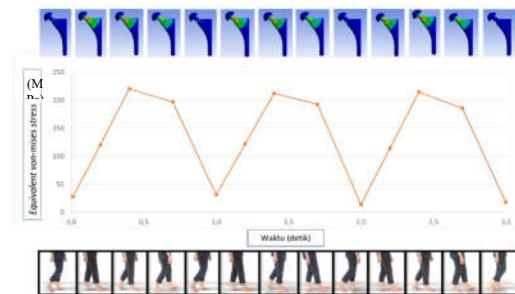


(a). Hasil simulasi

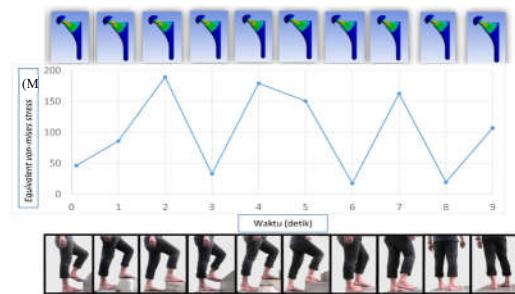


(b). Hasil penelitian sebelumnya [9]

Gambar 5. Perbandingan dengan hasil penelitian sebelumnya.



Gambar 6. Tegangan von-Mises yang untuk kondisi berjalan 3 detik



Gambar 7. Tegangan von-Mises yang untuk kondisi naik tangga 9 detik

Referensi

- [1] MedlinePlus, <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/> (diakses pada 27 Agustus 2016).
- [2] Vera Sulistyaningrum, Studi Kasus Asuhan Keperawatan Osteoarthritis Genu Bilateral, <http://vsp77.blogspot.co.id/2014/06/> (diakses pada 14 Desember 2015).
- [3] Fitri Handayani, Analisa fatik Biomaterial Ti-4Al-6V pada desain Tulang Panggul Buatan (Hip Stem Prosthesis) Tubuh Manusia. Tugas Akhir Teknik Mesin Universitas Syiah Kuala, 2013.
- [4] Mahmut Pekedis, Hasan Yildiz, Comparison of Fatigue Behavior of Eight Different Hip Stems : a Numerical and Experimental Study, Journal Biomedical Science and Engineering 4 (2011) 643-650
- [5] Wu Jo-Yu, Robert Lee, The Advantages of Triangular and Tetrahedral Edge Elements for Electromagnetic Modeling with the Finite-Element Method (1997)
- [6] Orthoload, Joint loads.
<http://www.orthoload.com/database/> (diakses 08 Oktober 2015).
- [7] Kayabasi, Oguz., Ekici, Bulent., The Effects of Static, Dynamic and Fatigue Behaviors on Three-Dimensional, Jurnal Material & Design ScienceDirect, 28 (2007) 1577–1583.
- [8] Jye, Wong King, Stress Analysis of Femur and Femoral Stems for Hip Arthroplasty, Tesis Mahasiswa Fakultas Teknik Mesin, Universiti Teknologi Malaysia, 2006.
- [9] Adnan, N. Jameel., Wedad, I. Majeed., Razzaq, Alaa Mohammed., Fatigue Analysis of Hip Prosthesis, Journal of Engineering, 18 No. 10 (2012).