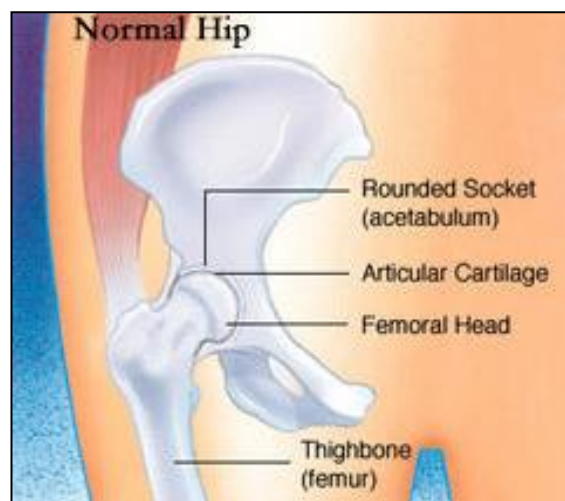


BAB II

TEORI HIP JOINT

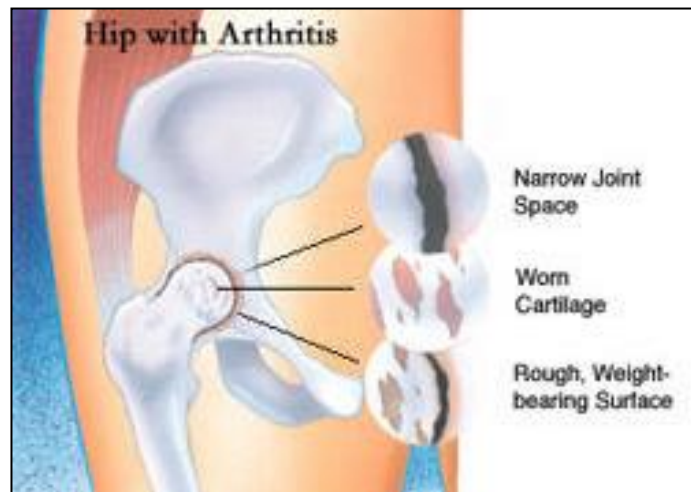
2.1 Sambungan tulang pinggul (*hip joint*)

Hip joint adalah sambungan tulang yang terletak diantara pinggul dan pangkal tulang paha atas. *Hip joint* pada manusia terdiri dari tiga bagian utama, yaitu: *femur*, *femoral head*, dan *rounded socket*.



Gambar 2.1. Bagian-bagian *hip joint* normal [4].

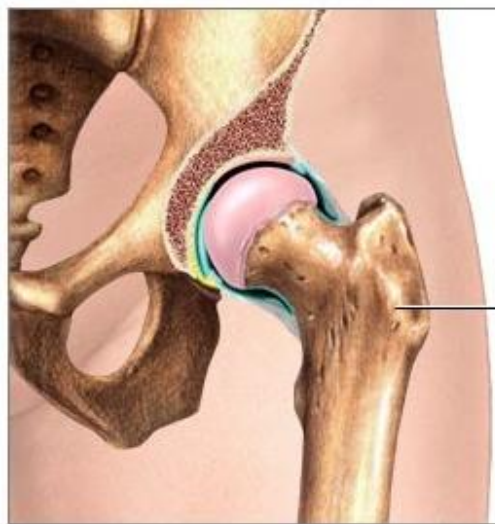
Di dalam *hip joint* yang normal (gambar 2.1) terdapat suatu jaringan lembut dan tipis yang disebut dengan selaput *synovial*. Selaput ini membuat cairan yang melumasi dan hampir menghilangkan efek gesekan di dalam *hip joint*. Permukaan tulang juga mempunyai suatu lapisan tulang rawan (*articular cartilage*) yang merupakan bantalan lembut dan memungkinkan tulang untuk bergerak bebas dengan mudah. Lapisan ini mengeluarkan cairan yang melumasi dan mengurangi gesekan di dalam *hip joint*. Akibat gesekan dan gerak yang hampir terjadi setiap hari, maka *articular cartilage* akan semakin melemah dan bisa menyebabkan arthritis seperti ditunjukkan pada gambar 2.2. Selain menimbulkan rasa sakit, juga menyebabkan gerakan *hip joint* menjadi tidak lancar, kadang-kadang berbunyi, dan bahkan dapat menimbulkan pergeseran dari posisi normalnya. Selanjutnya, *hip joint* perlu diganti dengan tulang pinggul buatan (*artificial hip joint*).



Gambar 2.2. Bagian-bagian *hip arthritis* [4].

2.2 Gambaran umum tentang *hip joint replacement*

Gambar-gambar di bawah menunjukkan gambaran tentang *hip joint* yang normal serta indikasi terjadinya radang sendi dan tahapan-tahapan proses *hip replacement*.



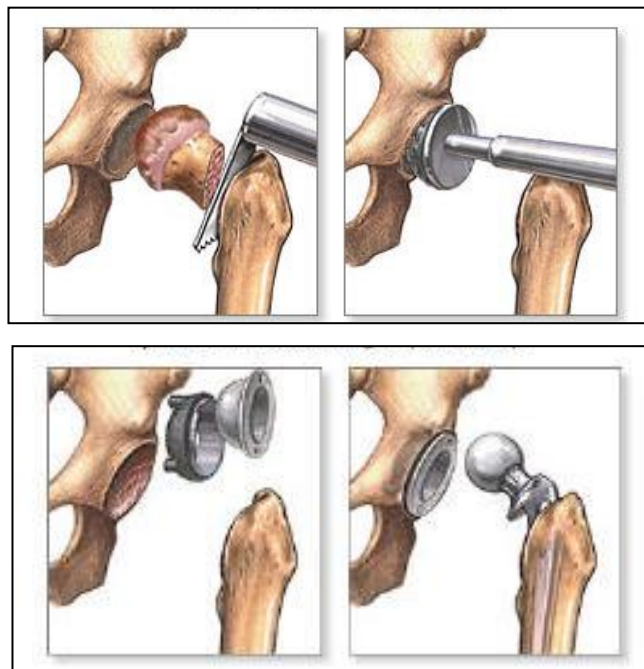
Gambar 2.3. *Hip joint* yang normal [4].

Pada gambar 2.3 menunjukkan anatomi *hip joint* yang normal. *Femoral head* masih memiliki *articular cartilage* yang baik, dimana masih mampu mengeluarkan cairan yang melumasi dan mengurangi efek gesekan pada sambungan sendi.



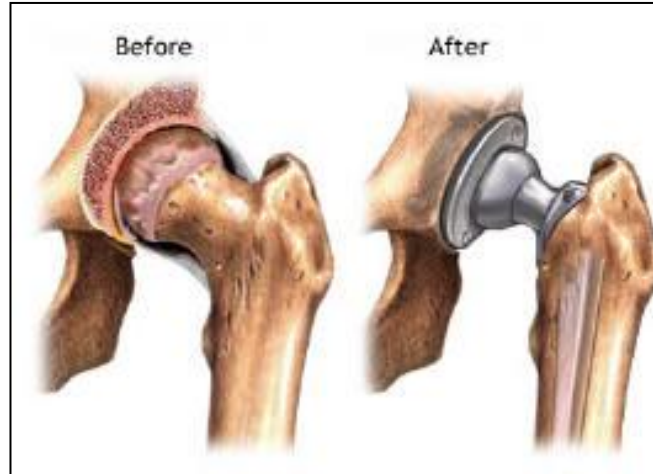
Gambar 2.4. Indikasi terjadinya *arthritis* [4].

Pada Gambar 2.4 terlihat bahwa *articular cartilage* pada *femoral head* telah berkurang, hal inilah yang menyebabkan terjadinya radang sendi. Gambar 2.5 dan 2.6 adalah gambaran tentang penggantian sambungan tulang pinggul dengan sambungan tulang pinggul tiruan (*hip joint prosthesis*). Gambar 2.5 menunjukkan pemotongan tulang *femur*, yang kemudian diganti dengan *hip joint prosthesis* dengan cara menanam *stem* pada tulang *femur* dan *cup* pada *acetabulum*.



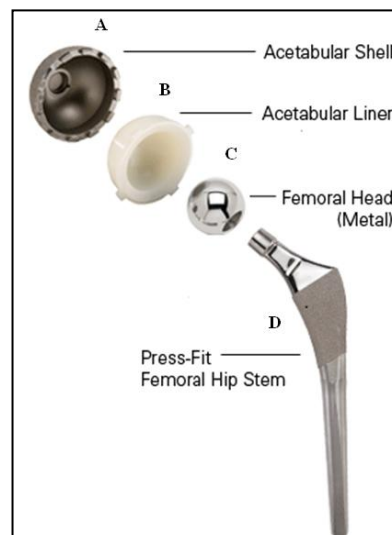
Gambar 2.5. Pemotongan tulang *femur* dan pemasangan *hip joint prosthesis* [4].

Gambar 2.6 menunjukkan perbandingan antara *hip joint* yang belum dilakukan penggantian sambungan tulang dan setelah dilakukan penggantian tulang.



Gambar 2.6. *Hip joint* sebelum dan sesudah dilakukan *hip replacement* [4].

2.3 Komponen tulang pinggul buatan (*artificial hip joint*)



Keterangan:

- A. *Acetabular Shell*
- B. *Acetabular Liner*
- C. *Femoral Head*
- D. *Femoral Stem*

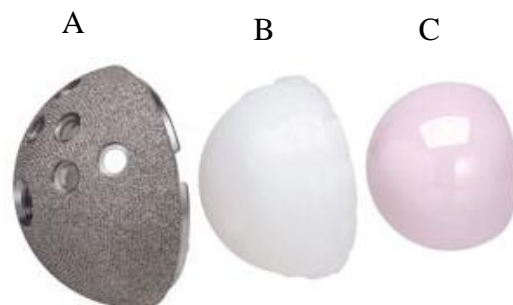
Gambar 2.7. *Artificial hip joint* [5].

Komponen sambungan tulang pinggul buatan terdiri dari sistem acetabular dan femoral. Dalam *acetabular* terdiri dari komponen *acetabular shell* dan *acetabular liner*, sedangkan pada *femoral* terdiri dari komponen *femoral head* dan *femoral stem*.

Acetabular Shell adalah bagian terluar dari *total hip joint replacement* sebagai *metal cup* yang menempel pada acetabulum (bagian tulang dari pelvis), bagian permukaan luar *acetabular shell* terdapat *porous* (permukaan kasar yang mirip jarring-jaring) fungsinya adalah merangsang tulang agar tumbuh dan merekat pada *acetabular shell* secara alami, sebagai penguat *acetabular shell* di tanam baut kedalam tulang pelvis secara permanen.

Acetabular liner adalah untuk menopang *femoral head* yang direkatkan/diikat menempel pada *acetabular shell*. *Femoral head* merupakan *implant* pengganti bonggol tulang femur yang telah dinyatakan secara medis tidak berfungsi lagi (rusak) oleh karena suatu sebab, baik karena penyakit atau sebab lainnya.

Desain geometri *acetabular liner* untuk *total hip joint replacement* dengan menggunakan bahan *Ultra High Molecular Weight Polyethylene* (UHMWPE) (*polymer on metal*), memungkinkan konstruksi *total hip joint replacement* menjadi lebih ringan dibandingkan dengan konstruksi *metal on metal hip joint replacement* yang dihasilkan oleh dalam negeri saat ini. Kombinasi ini telah teruji memiliki ketahanan terhadap keausan yang sebanding dengan kombinasi material *metal on metal*.



Keterangan:

- A. *Acetabular Shell*.
- B. *Acetabular Liner (Bearing)*
- C. *Femoral Head (Bearing)*

Gambar 2.8. Komponen *acetabular* [6].

Femoral Stem adalah komponen stem untuk *total hip joint replacement* yang digunakan untuk menggantikan kepala femur yang rusak dan telah dipotong/dibuang. Fungsi *Femoral Stem* memberikan dukungan pada *femoral head* yang menggantikan fungsi kerja kepala femur yang telah hilang melalui proses operasi medis.

Spesifikasi teknik : Alat ini terdiri atas *femoral stem* bagian atas tengah dan bawah. Tiga komponen pada *femoral stem* ini dapat diatur sedemikian rupa hingga dimungkinkan dapat mempermudah dokter selama proses operasi, karena ruang gerak dalam rongga *hip joint* pemasangan selama operasi akan lebih leluasa dibandingkan dengan komponen stem yang utuh, yaitu yang terdiri atas *femoral head* dan *stem* yang menyatu dalam satu komponen utuh [7].



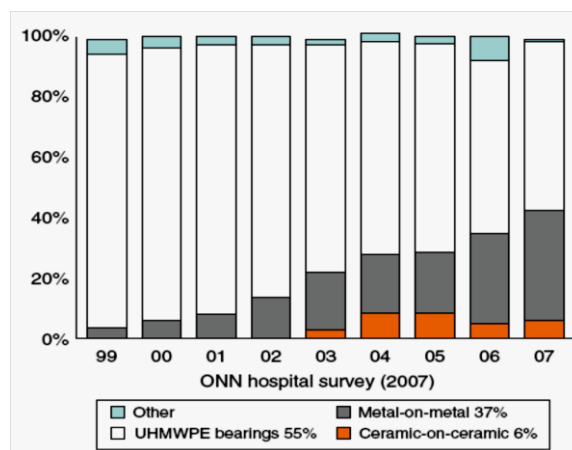
Gambar 2.9. *Femoral stem* [7].

2.4 Jenis-jenis material bearing pada artificial hip joint

Saat ini bantalan hip (*hip bearing*) pada sambungan tulang pinggul buatan dikelompokkan dalam *hard-on-hard bearing* dan *hard-on-soft bearing*. Selama satu dekade terakhir, bantalan hip yang merupakan gabungan *metal-on-metal* (MOM) atau *ceramic-on-ceramic* (COC) secara luas dipakai dalam ortopedi karena kedua bahan tersebut mempunyai ketahanan aus yang sangat tinggi. Kombinasi *ceramic-on-metal* (COM) bearing saat ini juga telah dikembangkan. Dalam skala lab saat ini MOM, COC dan COM bearing telah dilaporkan dapat mereduksi produksi wear

debris dua sampai tiga kali dari besar dibandingkan dengan penggunaan konvensional UHMWPE. Untuk *hard-on-soft bearing* yang menggunakan konvensional UHMWPE atau *crosslinked* UHMWPE sebagai *acetabular cup* dan *femoral head* terbuat dari bahan paduan logam seperti *cobalt chromium* paduan (CoCr) atau *biomaterial* keramik.

Penggunaan *hard-on-soft bearing* masih besar, dan penggunaan *hard-on-hard bearing* khususnya *metal-on-metal bearing* juga mengalami peningkatan selama lima tahun terakhir, begitu juga dengan *ceramic-on-ceramic* [8]. Trend perkembangan material *bearing* pada sambungan tulang pinggul buatan sebagaimana Gambar 2.10.



Gambar 2.10. Perkembangan material *bearing* pada sambungan tulang pinggul buatan [8].

2.4.1 *Metal-on-metal hip bearing*

Logam paduan yang banyak digunakan dalam sambungan tulang pinggul buatan adalah paduan yang terdiri dari 66% cobalt, 28% chromium dan 6% molybdenum (dikenal dengan CoCr) dipandang sebagai standar untuk digunakan dalam MOM *bearings*. CoCr juga digunakan sebagai *femoral head* pada *hard-on-soft bearing*. Tahun 1938, Wiles menemukan sambungan tulang pinggul buatan yang pertama. *Femoral head* dan *acetabular cup* menggunakan material *stainless steel*. Komponen direkatkan pada tulang tanpa menggunakan semen. Antara tahun 1950 sampai dengan 1970, seorang ahli bedah dari Inggris mengembangkan untuk

pertama kali model MOM sambungan tulang pinggul buatan dengan menggunakan material *cobalt chromium molybdenum alloy* (CoCr). Desain MOM pertama dari McKee tahun 1957 menggunakan *screw* untuk fiksasi. Kemudian model McKee (1957) disempurnakan oleh model McKee-Farrar yang diperkenalkan tahun 1960. Model McKee-Farrar menggunakan semen sebagai fiksasi.



Gambar 2.11. *Metal-on-metal hip bearing* [9].

Generasi kedua dari MOM telah diperkalkan oleh Sulzer Orthopedics pada tahun 1988. Model Sulzer sama dengan model McKee-Farrar. Bedanya, pada susunan *acetabular cup* tidak hanya terdiri dari CoCr, tetapi ditambahkan *ultra high molecular weight polyethylene* (UHMWPE). Tingkat keausan dari MOM *bearing* generasi kedua ini 20 sampai 100 kali lebih rendah dari *metal-on-konvensional* UHMWPE. Hal ini menunjukkan bahwa persyaratan untuk rendahnya tingkat keausan sangat ditentukan oleh material, geometri *bearing*, toleransi yang sangat tinggi, *clearance*, dan kehalusan permukaan.

Meskipun mempunyai keunggulan dalam ketahanan aus, namun MOM *bearing* ini mempunyai beberapa kelemahan. Gesekan dari pasangan *bearing* ini dapat mengakibatkan lepasnya ion logam yang dalam waktu lama akan mempunyai efek yang merusak dalam tubuh. Hipersensitif pada kulit (*dermal hypersensitivity*) terhadap logam terjadi antara 10% sampai 15% dari keseluruhan populasi. MOM *bearing* dianggap mempunyai efek negatif yang lebih besar bila dibanding dengan COC maupun UHMWPE [10].

2.4.2 *Ceramic-on-ceramic hip bearing*

Ceramic digunakan untuk material sambungan tulang pinggul buatan pertama diproduksi di Eropa dan Jepang. Di Perancis, pertama kali tercatat penggunaan COC pada tahun 1971 dan 1972. Tahun 1977, di Shikita, Jepang, diperkenalkan untuk pertama kali penggunaan alumina sebagai *femoral head* dan UHMWPE sebagai *acetabular cup*. Desain pertama dari COC adalah *femoral head* menggunakan alumina keramik (Al_2O_3), demikian juga untuk *acetabular cup*. Tetapi *femoral stem* menggunakan CoCr. Desain ini dikembangkan oleh Sedel di Paris, dan Mittelmeier di Jerman. Semula fiksasi yang digunakan adalah menggunakan *screw*, tanpa menggunakan semen. Tahun 1980an, *ceramic* sudah menggunakan semen yang di perkenalkan oleh Mittelmeier. Model Mettilmeier inilah yang dari tahun 1980 banyak digunakan. Gesekan yang rendah, ketahanan aus yang tinggi, dan mempunyai biokompatibel yang baik menjadikan *alumina-on-alumina bearing* layak menjadikannya sebagai pilihan [8].

Berdasarkan kajian secara klinis untuk material ini mengindikasikan bahwa pasangan *bearing* ini merupakan pilihan yang tepat untuk pasien yang berusia muda dan sangat aktif. Namun demikian masih ditemukan kelemahan-kelemahan dari pasangan bearing ini yakni timbulnya suara (*noise*) dan patah (*fracture*) [10]. Belakangan ini penelitian juga diarahkan pada pengaruh diameter *bearing* terhadap tingkat keausannya. Ukuran diameter *bearing* yang besar terbukti mempunyai tingkat keausan yang lebih rendah dibanding dengan ukuran yang lebih kecil [11]. Sedangkan pengembangan pada material keramik mengarah pada penggunaan *new material ceramic formulations* yaitu *zirconia-toughened alumina matrix composite* (ZTAM), *oxidized zirconium composite* (OZC) dan *silicon nitride* (SN) [10].

a. *Zirconia-toughened alumina matrix composite*

Zirconia-toughened alumina matrix composite merupakan satu jenis keramik yang terdiri dari 82% alumina matrik yang di *reinforced zirconia* 17%, *strontium aluminate* 0.5%), dan *chromium oxide* 0.5%. Kelebihan dari material ini adalah mempunyai kekuatan, ketangguhan dan ketahanan aus yang lebih tinggi dari alumina.

b. *Oxidized zirconium composite*

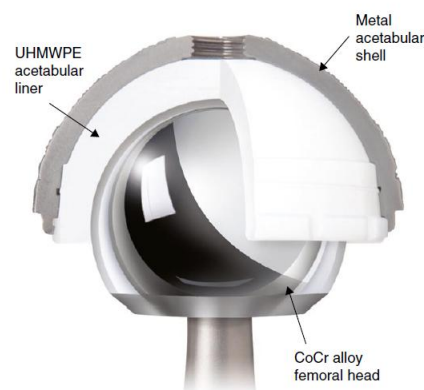
Oxidized zirconium composite atau di pasaran yang dikenal dengan nama OXINIUM merupakan keramik yang terbuat dengan memanaskan paduan zirconium. Fase dari material ini terdiri dari 95% *monoclinic* stabil. Material ini terdiri dari paduan *zirconium* dan 2.5% *niobium*

c. *Silicon nitride*

Silicon nitride (Si_3N_4) adalah merupakan pendaatang baru dalam *hard-on-hard hip bearing*. Material ini mempunyai modulus elastisitas 315 GPa dan mempunyai kekuatan yang lebih tinggi dari pada alumina. Keramik ini terdiri dari 90% Si_3N_4 bubuk (mempunyai ukuran partikel of $0.5 \mu\text{m}$), 6% yttrium oxide (Y_2O_3) dan 4% alumina (Al_2O_3). Pada pengujian keausan untuk COM dan COC *bearing* pada hip simulator menunjukkan hasil laju keausan yang lebih rendah bila dibandingkan dengan *alumina-on-alumina*.

2.4.3 *Hard-on-soft bearing*

Pada awalnya penggunaan UHMWPE sebagai bearing merupakan pengembangan dari MOM *bearing* dimana modular UHMWPE liner diletakkan dibagian tengah *bearing*. Desain ini terdiri dari tiga lapisan yaitu *acetabular shell* dari bahan metal, UHMWPE liner dan *metal insert* atau *ceramic insert*.



Gambar 2.12. *Metal-on- UHMWPE hip bearing* [8].

Desain ini kemudian dikembangkan dengan tanpa metal atau keramik insert. *Ultra-high-molecular-weight polyethylene* atau yang biasa disebut dengan UHMWPE telah digunakan pada *total hip arthroplasty* di Amerika sejak tahun

1990 dan penggunaannya semakin meningkat. UHMWPE generasi awal disebut dengan konvensional UHMWPE digunakan sebagai *bearing*, sedangkan *femoral head* terbuat dari logam dan juga keramik. Permasalahan yang ada pada pemakaian material ini adalah terjadinya aus (*wear*) yang cukup tinggi dan retak (*fracture*) [12]. Salah satu upaya yang paling populer digunakan untuk meningkatkan ketahanan aus adalah *crosslinked process* yang dikenal dengan *crosslinked UHMWPE* generasi pertama dan *crosslinked UHMWPE* generasi kedua. Penggunaan pasangan keramik sebagai *femoral head* dan *crosslinked UHMWPE* sebagai *bearing* terbukti mempunyai 40% lebih tinggi ketahanan ausnya dibanding dengan penggunaan logam sebagai *femoral head* [11].

2.5 Geometri komponen *acetabular*

2.5.1 *Femoral head bone*

Ukuran diameter dari *femoral head bone* merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap penentuan dimensi dari komponen *acetabular*. Beberapa penelitian sebelumnya telah dikembangkan guna menentukan dimensi dari *bone femoral head* ini. Ukuran dari *bone femoral head* dipengaruhi oleh ras, keturunan, iklim dan faktor geografis lainnya. Afroze, A. pada tahun 2005 telah meneliti dimensi dari *bone femoral head* untuk masyarakat Banglades bagian utara. Pada penelitian tersebut telah dikembangkan penentuan diameter *bone femoral head* untuk jenis kelamin laki-laki dan perempuan. Hasil penelitiannya menunjukkan adanya perbedaan antara ukuran diameter dari keduanya. Diameter *femoral head* laki-laki lebih besar dari ukuran diameter perempuan. Ukuran diameter rata-rata *bone femoral head* untuk laki-laki bagian kanan 42,3 mm dan bagian kiri 42,1 mm. Sedangkan ukuran untuk perempuan bagian kanan 37,6 mm dan bagian kiri 37,4 mm [13].

Mishra, A.K. pada tahun 2009 telah meneliti dimensi dari *bone femoral head* untuk masyarakat Nepal. Pada penelitian tersebut telah dikembangkan penentuan diameter *femoral head bone* untuk jenis kelamin laki-laki dan perempuan. Hasil penelitiannya menunjukkan adanya perbedaan antara ukuran

diameter dari keduanya. Diameter *femoral head bone* laki-laki lebih besar dari ukuran diameter perempuan. Hal lain yang bisa didapat dari penelitian tersebut adalah adanya perbandingan hasilnya dengan diameter *femoral head* orang barat dan orang asia yang menunjukkan ukuran diameter orang asia lebih kecil dibandingkan dengan ukuran orang barat [14]. Hasil secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 2.2.

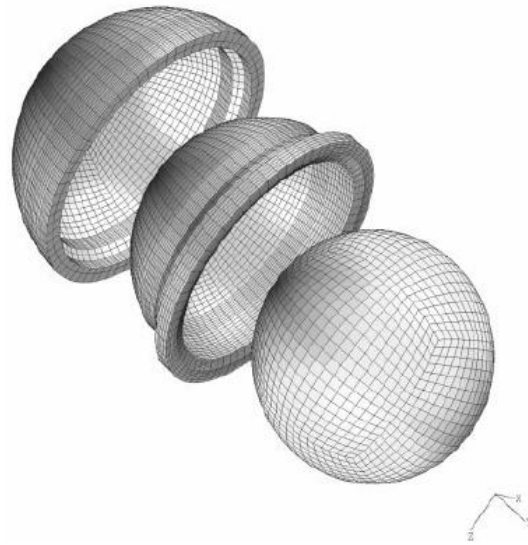
Tabel 2.1. Ukuran *femoral head bone* [14].

Dimension (n = 50)	Average (mm)	Minimum (mm)	Maximum (mm)	Standard (SD)	Western	Asia
<i>Femoral head bone diameter</i>	44.26	36	50	3.58	46.1	45
<i>Femoral neck diameter (superinferior)</i>	34.42	26	42	3.3	45.4	31

Pada beberapa operasi *total hip replacement* dan *hip arthroplasty* yang terjadi di Indonesia, dengan mengambil contoh kasus di RS. Ortopedi Prof.dr.R.Soeharso Solo, data rekam medis menunjukkan bahwa ukuran diameter *femoral head bone* orang Indonesia berkisar antara 38 mm – 49 mm, dan ukuran *femoral head bone* yang sering muncul adalah 41 mm dan 43 mm, sehingga dalam penelitian ini dipilih kasus dengan ukuran diameter *femoral head bone* 43 mm.

2.5.2. Penggambaran model komponen *acetabular*

Pada pemodelan ini penulis menggunakan *software* ABAQUS 6.10-1 untuk melakukan analisis masalah yang dihadapi sedangkan untuk pemodelan dari sistem *acetabular* menggunakan *software* SOLIDWORK 2010 yang *compatible* apabila kemudian dilakukan *import* kedalam *software* ABAQUS 6.10-1. Dari Gambar 2.13 terlihat komponen komponen *acetabular* yaitu *acetabular shell* dan *acetabular liner*, sedangkan komponen *femoral stem* yaitu *femoral head* dibuat *rigid body* karena tidak termasuk komponen sistem *acetabular*. Bahkan pada jurnal yang mensimulasikan *acetabular liner* saja maka komponen lainnya akan dibuat *rigid body* atau dimodelkan *fixed boundary* seperti dalam penelitian Kurtz [3].



Gambar 2.13. FEM pada komponen *acetabular* [15].

Ukuran komponen *acetabular* yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan ukuran hasil wawancara serta data rekam medis dari dokter spesialis ortopedi di RS. Prof dr.R.Soeharo Solo dan jurnal Gordon R. Plank seperti pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Data ukuran komponen *acetabular* (mm) [15].

Komponen	Model Komponen <i>Acetabular</i>		
	22/39 ($\Delta r_1=0,05$) (Gordon R. Plank)	22/39 ($\Delta r_1=0,22$) (Gordon R. Plank)	28/43 ($\Delta r_1=0,05$) (Hasil Rancangan)
<i>Acetabular Shell:</i>			
<i>Outside Diameter (mm)</i>	39,00	39,00	43,00
<i>Inside Diameter (mm)</i>	31,70	31,80	40,00
<i>Acetabular Liner:</i>			
<i>Outside Diameter (mm)</i>	31,50	31,39	39,90
<i>Inside Diameter (mm)</i>	22,10	22,30	28,10
<i>Femoral Head (mm):</i>			
<i>Inside Diameter (mm)</i>	22,00	21,87	28,00