

**LENGKUNG ANTERIOR DIAFISIS FEMUR PADA ORANG
INDONESIA**

ANTERIOR FEMORAL BOWING IN INDONESIAN

IRAWAN HUNTOYUNGO



**KONSENTRASI PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS TERPADU
(*COMBINED DEGREE*)
BIDANG ILMU ORTOPEDI DAN TRAUMATOLOGI
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013**

**LENGKUNG ANTERIOR DIAFISIS FEMUR PADA ORANG
INDONESIA**

ANTERIOR FEMORAL BOWING IN INDONESIAN

IRAWAN HUNTOYUNGO



**KONSENTRASI PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS TERPADU
(*COMBINED DEGREE*)
BIDANG ILMU ORTOPEDI DAN TRAUMATOLOGI
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013**

**LENGKUNG ANTERIOR DIAFISIS FEMUR PADA ORANG
INDONESIA**

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai Gelar Magister

Program Studi Biomedik

Disusun dan diajukan oleh

IRAWAN HUNTOYUNGO

kepada

**KONSENTRASI PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS TERPADU
(*COMBINED DEGREE*)
BIDANG ILMU ORTOPEDI DAN TRAUMATOLOGI
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013**

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **Irawan Huntoyungo**
No. Induk Mahasiswa : P1507208097
Program Studi : Biomedik PPDS Terpadu (*Combined Degree*)
FK.UNHAS

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Agustus 2013

Yang menyatakan,

Irawan Huntoyungo

PRAKATA

Segala puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT atas semua anugerah dan rahmat-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan karya akhir berupa Tesis ini dengan baik.

Tesis dengan judul “**Lengkung Anterior Diafisis Femur Pada Orang Indonesia**” ini disusun sebagai salah satu syarat dan merupakan karya akhir dalam menyelesaikan pendidikan pada Program Pendidikan Dokter Spesialis (PPDS) I Bagian Ortopedi dan Traumatologi, dan Program Pendidikan Dokter Spesialis Terpadu (Combined Degree) Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, Makassar.

Saya menyadari bahwa penulisan karya akhir ini jauh dari kesempurnaan, baik isi maupun bahasanya, sehingga kritik yang membangun diharapkan untuk perbaikan selanjutnya.

Pada kesempatan ini, perkenankan saya menyampaikan rasa hormat dan terimakasih saya kepada :

1. Prof. Dr. dr. Idrus A. Paturusi, Sp.B, Sp.OT Rektor Universitas Hasanuddin, Prof. dr. Irawan Yusuf, Ph.D, Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, Prof. Dr. dr. H. Dasril Daud, Sp.A(K) Ketua Konsentrasi Program Pendidikan Dokter Spesialis Terpadu (Combined Degree) Universitas Hasanuddin, atas kesempatan yang diberikan kepada saya untuk dapat mengikuti Program Pendidikan Dokter Spesialis (PPDS) I dan Program Pendidikan Dokter Spesialis Terpadu (Combined Degree) Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, dalam bidang Ortopedi dan Traumatologi.
2. Prof. Dr. dr. Idrus A. Paturusi, Sp.B, Sp.OT Ketua Bagian Ortopedi dan Traumatologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, Prof. Dr. dr. H. R. Agung Saifullah, Sp.B, Sp.OT Ketua Program Studi Ortopedi dan Traumatologi, serta seluruh Staf Bagian Ortopedi dan Traumatologi atas kesediaan untuk menerima, mendidik, membimbing dan memberi nasehat yang sangat berharga kepada saya, selama mengikuti pendidikan.

3. Prof. Dr. Ir. Mursalim, M.Sc Direktur Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin, Prof. dr. Rosdiana Natzir, Ph.D Ketua Program Studi Biomedik Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin, atas kesempatan yang diberikan untuk mengikuti dan menyelesaikan pendidikan.
4. dr. Henry Yurianto, M.Phil, Ph.D, Sp.OT, dr. M. Ruksal Saleh, Ph.D, Sp.OT, dr. Wilhelmus Supriyadi, Sp.OT, Dr. dr. Burhanuddin Bahar, MS selaku pembimbing yang telah meluangkan begitu banyak waktu yang sangat berharga untuk membimbing saya mulai dari perencanaan, pembuatan proposal hingga selesainya penulisan karya akhir ini.
5. Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi Manado, Ketua Bagian dan staf laboratorium Anatomi-Histologi Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi Manado, Ketua Bagian dan Staf Laboratorium Anatomi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, Makassar, serta Ketua Bagian dan Staf Laboratorium Anatomi Fakultas Kedokteran Universitas Muslim Indonesia, Makassar atas kerjasama dan segala bantuan, fasilitas dan kerjasama yang diberikan dalam proses penyelesaian penulisan karya akhir ini
6. Tim “Konyol” angkatan Juli 2008 Program Pendidikan Dokter Spesialis (PPDS) I Bagian Ortopedi dan Traumatologi, Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, bantuan dan kelucuan kita-kita selalu mewarnai segalanya. Semoga kesuksesan akan selalu menyertai kita. Amien..
7. Teman sejawat PPDS I Bagian Ortopedi Ortopedi dan Traumatologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, Abah Ali Hasti “ makasih banget nemenin ngantor, Kang Toton atas Menado nya, Nahar “si Babah Ong”, Arief “botak”, Satria “sang pelupa”, Wira, Djalal, Fachroni, dan Bastian “si gagap”. Evan, Yoa, Aries dan Thomson, serta kawan-kawan lainnya semoga kalian lebih sukses lagi.
8. Para staf pegawai Bagian Ortopedi dan Traumatologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin Aras Rasyid, Amd, Arham S.Kom, Rusli, Hardis, dan Pak Syam, para perawat di Ruang Gawat Darurat, Ruang Operasi, Rawat Inap, Rawat Jalan, Ortopedi dan Traumatologi RSUP Dr. Wahidin

Sudirohusodo, Makassar dan rumah sakit jejaring lainnya di seluruh Indonesia atas bantuan dan kerjasamanya.

9. Para staf pegawai di Program Pendidikan Dokter Spesialis Terpadu (Combined Degree) Mbak Mirna, Pak Jamal, Pak Yusril, dan Pak Anto yang telah sabar memberikan pelayanan administratif kepada saya selama mengikuti pendidikan ini.
10. Kepada kedua orang tua tercinta saya, Hi. Ibrahim Huntojungo dan Alm. Ibunda tersayang, Rasmin Halid, mertua saya Hi. Thamrin Karim, dan Hj. Hartati Hippy, yang dengan tulus dan ikhlas membantu, membimbing, mendidik, dan senantiasa mendoakan demi kebaikan dan kelancaran pendidikan saya.
11. Kepada kedua Adikku tercinta, dr. Muzakkir Huntojungo, SpPD, dan Abdul Halim Huntojungo, kesabaran dan ketabahan kalian kan selalu menyertaiku.
12. Akhirnya yang paling khusus dan spesial kepada istri tercinta Rini Karim dan Ananda Alya Shafira Irawan yang dengan sabar dan penuh pengertian membantu, mengingatkan, mendukung dan menjadi penyemangat dalam mengikuti pendidikan.

Akhir kata, semoga karya akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu kedokteran khususnya di bidang ortopedi dan traumatologi dan dapat diaplikasikan dalam pemberian pelayanan yang lebih berkualitas kepada pasien sesuai dengan nilai-nilai profesionalisme.

Semoga kita senantiasa mendapat petunjuk dan perlindungan dari Allah SWT.

Makassar, Agustus 2013

Irawan Huntoyungo

ABSTRAK

IRAWAN HUNTOYUNGO. Kurva Anterior Diafisis Femur Pada Orang Indonesia (dibimbing oleh Henry Yurianto dan M. Ruksal Saleh).

ABSTRAK

Pemilihan *implant* yang cocok pada operasi diafisis femur sangat berkaitan erat dengan morfologik kurva anterior femur. Penelitian ini bertujuan menganalisis kurva anterior tulang femur orang Indonesia dan menganalisis kesesuaian intramedullary nail untuk fiksasi fraktur femur orang Indonesia. Menggunakan metode penelitian *comparative, explorative* mengukur kurva anterior diafisis tulang femur pada 120 sampel *cadaver* orang Indonesia, dibandingkan berdasarkan jenis kelamin, sisi kiri dan kanan, serta membandingkan kurva anterior femur orang Indonesia dan orang Barat, dilakukan di laboratorium Anatomi Fakultas Kedokteran Unhas, pada bulan februari 2013. Hasil penelitian menunjukkan panjang rata-rata diafisis femur laki-laki Indonesia $39,74 \pm 2,11$ cm pada kanan dan kiri, pada perempuan Indonesia rata-rata $39,04 \pm 1,99$ dan $38,93 \pm 2,00$ cm untuk kanan dan kiri. Perhitungan statistik menggunakan chi-square test dengan $P < 0,05$ dinyatakan signifikan. Pada kurva anterior laki-laki didapatkan rata-rata kurva proximal $2,07 \pm 0,18$ cm, kurva pertengahan $3,35 \pm 0,36$ cm, dan kurva distal $3,07 \pm 0,22$ cm. Pada perempuan rata-rata kurva proximal $2,07 \pm 0,18$ cm, kurva pertengahan $3,00 \pm 0,36$ cm, dan kurva distal $2,99 \pm 0,21$ cm. Tidak ada perbedaan signifikan kurva anterior femur antara laki-laki dan perempuan Indonesia. Adanya perbedaan signifikan kurva anterior femur antara orang Indonesia dan orang Barat (Amerika) dengan perhitungan statistik *One sample T test* ($P < 0,05$).

Kata Kunci : Anterior kurva, femur, intramedullary nail.

ABSTRACT

IRAWAN HUNTOYUNGO. *Anterior Femoral Bowing in Indonesian* (supervised by Henry Yurianto dan M. Ruksal Saleh).

Selection of a suitable implant in the femur diaphysis operations is closely related to morphologic curve anterior femur. The study aims to describe the anterior femoral curvature of Indonesians and investigate the suitability of intramedullary nailing for femoral fracture fixation. The study was carried out by measuring the anterior curvature of the shaft femur in 120 femur samples of Indonesians by gender comparison as well as comparison of the left and right femur. The comparison of femoral anterior curvature in Indonesian people and the anterior curvature of westerns. The findings show that the mean angle of diaphysis femur in Indonesian people are 39.74 ± 2.11 and 39.65 ± 2.11 , while in female 39.04 ± 1.99 and 39.04 ± 1.99 on the right and left side respectively. Using chi-square test ($p < 0.05$), it is not significant. In anterior femoral curvature, proximal curves are 2.04 ± 0.18 , mid-shaft curve 35 ± 0.36 , and distal curve 3.07 ± 0.22 . While in female, the proximal curves are 2.07 ± 0.18 , mid-shaft curve 3.30 ± 0.36 and distal curve 2.99 ± 0.21 . The study proves that there are not significant differences in the anterior femoral curvature between male and female of Indonesians. There are significant differences of the anterior femoral curvature between Indonesians and Americans (one significant sample T-test ($p < 0.5$)).

Keywords : anterior curvature, femur, intramedullary nail

LENGKUNG ANTERIOR FEMUR ORANG INDONESIA

Irawan Huntoyungo

Latar Belakang

Kurva anterior femur sudah lama digunakan untuk menggambarkan perilaku manusia dalam populasi arkeologi. Tidak ada data morfologik tentang kurva anterior femur pada orang Indonesia. Penelitian ini untuk menganalisa ukuran morfologik kurva anterior tulang femur pada orang Indonesia dan kesesuaian implan *intramedullary nail* dengan kurva anterior pada orang Indonesia.

Metode

Mengukur kurva anterior diafisis tulang femur pada 120 sampel *cadaver* orang Indonesia dengan membandingkan berdasarkan jenis kelamin dan membandingkan kiri dan kanan. Juga membandingkan kurva anterior femur antara orang Indonesia dan orang Barat sesuai dengan penelitian sebelumnya.

Hasil

Panjang rata-rata diafisis femur kanan laki-laki Indonesia $39,74 \pm 2,11$ cm dan kiri $39,65 \pm 2,1$ cm, pada diafisis femur kanan perempuan Indonesia rata-rata $39,04 \pm 1,99$ cm dan femur kiri $38,93 \pm 2,00$ cm. Dengan perhitungan statistik menggunakan *chi-square test* dengan $P > 0,05$ dinyatakan tidak signifikan. Pada kurva anterior laki-laki didapatkan rata-rata kurva proximal $2,04 \pm 0,18$ cm, kurva pertengahan $3,35 \pm 0,31$ cm, dan kurva distal $3,07 \pm 0,21$ cm. Pada perempuan rata-rata kurva proximal $2,07 \pm 0,18$ cm, kurva pertengahan $3,00 \pm 0,36$ cm, dan kurva distal $2,99 \pm 0,21$ cm.

Kesimpulan

Tidak ada perbedaan signifikan kurva anterior femur antara laki-laki dan perempuan Indonesia. Perbedaan kurva anterior femur lebih banyak ditentukan oleh faktor keturunan dan tingkat mobilitas setiap individu. *Intramedullary nail* aman dipergunakan untuk fiksasi fraktur diafisis femur pada orang Indonesia.

Kata Kunci

Anterior kurva, femur, *intramedullary nail*

ANTERIOR FEMORAL CURVATURE IN INDONESIAN

Irawan Huntounggo

INTRODUCTION

Anterior femoral curvature have been used to reflect biomechanical behavioral patterns among archaeological populations. It has been proposed as a valid indicator for mobility and availability intramedullary device for fixation femoral fracture. This study to investigate the femoral anterior curve in Indonesian and compatibility of intramedullary nail with anterior curve in the Indonesia.

METHODS

Measure the anterior curvature of the shaft femur in 120 femur samples in Indonesian by gender comparison as well as comparison of the left and right femur. The Comparison of femoral anterior curvature in Indonesian and the anterior femoral curvature of American are based on the results of previous studies.

RESULT

The mean angle of right diaphysis femur in Indonesian is $39,74 \pm 2,11$ cm and left femur $39,65 \pm 2,11$ cm, while in right female $39,04 \pm 1,99$ cm and left femur $39,04 \pm 1,99$ cm. Statistically using the chi-square test with $p > 0.05$ are not significant. In anterior femoral curvature, proximal curve are $2.04 \pm 0,18$ cm, midshaft curve $3.35 \pm 0,36$ cm, and distal curve $3,07 \pm 0,22$ cm, while female, proximal curve are $2.07 \pm 0,18$ cm midshaft curve $3.30 \pm 0,36$ cm, and distal curve $2,99 \pm 0,21$ cm.

CONCLUSION

There were no significant differences in the anterior femoral curvature between male and female on the people of Indonesian. There were significant differences between Indonesian and American. Intramedullary nail is secure for fixation of the femoral shaft fractures in Indonesian.

KEYWORD

Anterior curvature, femur, intramedullary nail

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Penelitian	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Kegunaan Penelitian	3
BAB II. KAJIAN PUSTAKA, KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS	
4	
2.1. Kajian Pustaka	5
2.2. Lengkung <i>Anterior</i> Femur.....	8
2.2.1. Biomekanik Kelengkungan femur	8
2.2.2. Lengkung <i>Anterior</i> Femur dan Genetika.....	9
2.2.3. Usia dan Pembentukan Tulang	11
2.2.4. Pengukuran <i>Anterior</i> Femoral Curvature (AFC)	12
2.2.5. <i>Kelengkungan Anterior Femur pada Operasi</i>	14
2.3. <i>Kerangka Konsep</i>	27
2.4. <i>Hipotesis</i>	27
BAB III. BAHAN / OBJEK DAN METODE PENELITIAN	
3.1. Bahan / Objek Penelitian	28
3.1.1. Tempat dan Waktu Penelitian	28
3.1.2. Populasi	28
3.1.3. Sampel Penelitian dan Cara Pengambilan Sampel	28
3.1.4. Besaran Sampel	29
3.1.5. Kriteria Inklusi dan Eksklusi	29
3.1.6. Alat dan Bahan.....	27
3.2. Metode Penelitian.....	30
3.2.1. Desain Penelitian.....	28
3.2.2. Cara Pengukuran.....	28
3.2.3. Alur Penelitian.....	33
3.2.4. Definisi Operasional.....	34

3.2.5. Kriteria Objektif.....	35
3.2.6. Klasifikasi Variabel.....	35
3.2.8. Analisa statistik	35
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil penelitian	35
4.2 Pembahasan	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Panjang Diafisis Tulang Femur Pada Laki-Laki dan Perempuan Indonesia	35
Tabel 2. Kurva <i>anterior</i> Tulang Femur Kanan Dan Kurva <i>anterior</i> Tulang Femur Kiri Pada Laki-Laki Indonesia	36
Tabel 3. Kurva <i>anterior</i> Tulang Femur Kanan Dan Kurva <i>anterior</i> Tulang Femur Kiri Pada perempuan Indonesia	37
Tabel 4. Kurva <i>anterior</i> Tulang Femur Kanan Dan Kurva <i>anterior</i> Tulang Femur Laki-laki dan perempuan Indonesia	37
Tabel 5. Korelasi antara Panjang Diafisis dan <i>Anterior</i> Kurva Femur di Indonesia	38
Tabel 6. Kurva <i>anterior</i> Tulang Femur Kanan Dan Kurva <i>anterior</i> Tulang Femur Orang Indonesia dan orang Amerika	39
Tabel 7. Perbandingan posisi titik insersi <i>nail</i> orang Indonesia dan Orang Barat	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Otot – otot yang bekerja pada femur	
	7	
Gambar 2	Penelitian Walensky dalam penentuan kurva <i>anterior</i> femur	12
Gambar 3	Penelitian Trudell dalam penentuan kurva <i>anterior</i> femur dengan menggunakan plat blok yang sama tinggi	12

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data perbandingan

Lampiran 2 Contoh Identitas cadaver

Lampiran 3 Data mentah

Lampiran 3

Data Perbandingan anterior curvature femur pada ras Amerika

TABLE 1—*Group statistics.*

Variables	Mean			Standard Deviation		
	White	Black	Total	White	Black	Total
RMAX	445.49	460.04	452.03	29.78	31.50	31.36
ROBL	441.55	455.18	447.67	29.61	31.94	31.37
RBICON	79.42	78.67	79.09	6.65	6.18	6.44
RAPMID	27.89	28.17	28.02	2.95	2.78	2.87
RTRMID	25.94	25.76	25.86	2.85	2.68	2.77
RAPSUB	28.84	28.92	28.88	3.08	2.57	2.86
RTRSUB	30.88	30.69	30.79	2.97	2.68	2.84
RR1	-0.39	0.77	0.13	3.02	2.82	2.99
RR2	-5.88	-3.53	-4.82	3.77	3.67	3.90
RR3	0.33	3.68	1.84	3.39	3.55	3.84
RPROX	4.85	5.47	5.13	2.14	2.19	2.19
RBDIS	14.60	18.22	16.23	4.67	4.84	5.07
RBPROX	18.52	21.41	19.82	6.26	6.59	6.56
RTORS	3.91	3.19	3.59	2.62	3.15	2.89
LMAX	445.80	460.99	452.62	29.49	31.41	31.25
LOBL	442.46	456.79	448.90	29.41	31.40	31.10
LBICON	79.04	78.17	78.65	6.53	6.20	6.39
LAPMID	27.57	27.71	27.63	2.80	2.65	2.73
LTRMID	26.18	26.05	26.12	3.02	2.71	2.88
LAPSUB	29.05	29.36	29.19	3.27	2.87	3.09
LTRSUB	30.79	30.71	30.75	2.94	2.78	2.86
LR1	-0.12	1.18	0.46	2.99	2.73	2.94
LR2	-5.73	-3.18	-4.59	3.67	3.77	3.92
LR3	0.07	3.08	1.42	3.39	3.38	3.69
LPROX	4.95	5.70	5.29	1.95	2.02	2.01
LBDIS	14.66	17.86	16.10	4.74	5.32	5.25
LBPROX	18.68	21.03	19.74	6.51	7.10	6.87
LTORS	4.02	3.17	3.64	3.04	3.03	3.06

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Panjang Diafisis Tulang Femur Pada Laki-Laki dan Perempuan Indonesia	35
Tabel 2. Kurva <i>anterior</i> Tulang Femur Kanan Dan Kurva <i>anterior</i> Tulang Femur Kiri Pada Laki-Laki Indonesia	36
Tabel 3. Kurva <i>anterior</i> Tulang Femur Kanan Dan Kurva <i>anterior</i> Tulang Femur Kiri Pada perempuan Indonesia	37
Tabel 4. Kurva <i>anterior</i> Tulang Femur Kanan Dan Kurva <i>anterior</i> Tulang Femur Laki-laki dan perempuan Indonesia	37
Tabel 5. Korelasi antara Panjang Diafisis dan <i>Anterior</i> Kurva Femur di Indonesia	38
Tabel 6. Kurva <i>anterior</i> Tulang Femur Kanan Dan Kurva <i>anterior</i> Tulang Femur Orang Indonesia dan orang Amerika	39
Tabel 7. Perbandingan posisi titik insersi <i>nail</i> orang Indonesia dan Orang Barat	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Otot – otot yang bekerja pada femur	
	7	
Gambar 2	Penelitian Walensky dalam penentuan kurva <i>anterior</i> femur	12
Gambar 3	Penelitian Trudell dalam penentuan kurva <i>anterior</i> femur dengan menggunakan plat blok yang sama tinggi	12

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Morfologik kurva anterior femur merupakan salah satu bagian yang penting dalam bidang ortopedi, hal ini berhubungan dengan pemilihan *implant* yang cocok pada operasi diafisis femur. Beberapa penelitian terdahulu mengungkapkan adanya ketidaksesuaian antara *implant* femur dengan kurva anterior femur. *Implant* yang paling sering diteliti ini adalah intramedullary nail. (Ahmet et al., 2005)

Penelitian tentang kesesuaian *nail* dengan kurva anterior femur ini selain disebabkan oleh *intramedullary nail* sudah merupakan standar utama saat ini untuk penanganan fraktur pada diafisis femur, juga karena hampir seluruh *nail* femur yang beredar mempunyai radius kuvatura lebih besar dibandingkan dengan kurva femur normal. (Ahmet et al., 2005 , Nork, 2010)

Fraktur pada diafisis femur sering disebabkan oleh energi berkekuatan besar seperti kecelakaan kendaraan bermotor. Angka kejadian fraktur pada diafisis femur didapatkan 9.9 per 100,000 orang per tahun. Dalam distribusi bimodal ditemukan pada laki-laki muda (berusia antara 15 dan 25 tahun) dan wanita lanjut usia (>75 tahun) dengan lokasi fraktur paling banyak di bagian 1/3 tengah diafisis femur (60%). (Adnan RM et al., 2012, Sari, 2005, Tencer, 2010)

Operasi pada diafisis femur yang berkaitan dengan penggunaan kurva anterior tulang femur selama ini menggunakan data-data yang didapatkan dari penelitian dari negara-negara barat. Pada penelitian ini kami ingin mengetahui

morfologik kurva anterior tulang tulang femur Indonesia dan perbedaanya dengan kurva anterior femur orang barat. Selain karena belum adanya data tentang penelitian ini di Indonesia, juga relevansinya dengan pemilihan implant intramedullary nail pada operasi diafisis femur di indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka timbul pertanyaan :

- 1) *Bagaimanakah kurva anterior femur pada orang Indonesia?*
- 2) *Apakah ada perbedaan antara kurva normal anterior femur pada orang barat dengan kurva anterior femur pada orang Indonesia ?*
- 3) *Apakah ada perbedaan antara normal kurva anterior femur pada orang barat dan normal kurva anterior femur pada orang Indonesia?*
- 4) *Apakah penggunaan implant Intramedullary nailing yang selama ini dipergunakan di Indonesia sudah sesuai dengan kurva anterior femur orang Indonesia?*
- 5) *Apakah ada hubungan antara panjang ukuran tulang femur dan tinggi rendahnya kurva anterior femur?*

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Untuk mengetahui kurva anterior femur pada orang Indonesia

1.3.2 Tujuan Khusus

- 1) Mengukur kurva anterior femur pada tulang femur kanan laki-laki
- 2) Mengukur kurva anterior femur pada tulang femur kiri laki-laki
- 3) Mengukur kurva anterior femur pada tulang femur kanan perempuan
- 4) Mengukur kurva anterior femur pada tulang femur kiri perempuan
- 5) Membandingkan kurva anterior femur pada tulang femur kanan laki-laki dan perempuan
- 6) Membandingkan kurva anterior femur pada tulang femur kiri laki-laki dan perempuan
- 7) Membandingkan kurva anterior femur pada tulang femur orang Indonesia dengan orang barat berdasarkan hasil penelitian Trudell M.B., Ph.D. (B.M.Trudell, 1999)

1.4 Kegunaan Penelitian

1.4.1 Kegunaan Teoritis

Memberikan informasi ilmiah tentang *kurva anterior femur* pada orang Indonesia

1.4.2 Kegunaan Praktis

- 1) Hasil penelitian dapat menjadi acuan dalam penggunaan *implant intramedullary nail* pada fraktur disfisis femur di Indonesia.
- 2) Melengkapi data antropometrik yang ada di Indonesia
- 3) Dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian lebih lanjut sehubungan dengan fraktur pada diafisis femur.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA, KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS

2.1. Kajian Pustaka

Buku standar tentang *osteology* manusia hampir semua menyangkut keistimewaan dari tulang femur dapat dijadikan tolok ukur untuk menentukan jenis kelamin, ras dan perkiraan tinggi badan. Pengamatan terhadap variasi rasial tulang femur sampai saat ini masih sangat terbatas, dibandingkan dengan pengamatan terhadap penentuan jenis kelamin dan perkiraan terhadap tinggi badan manusia. ^(Gill, 2001)

Ciri-ciri morfologi tulang telah digunakan untuk menggambarkan pola tingkah laku biomekanis di antara populasi arkeologis. Salah satunya saat ini adalah kelengkungan *anterior* tulang femur. ^(Dalou, 2007)

Tulang panjang pada umumnya di bagi menjadi satu bagian diafisis, dua bagian epifisis dan dua segmen metafisis. Untuk menentukan batas antara bagian tengah (diafisis) dan bagian ujung, segmen – segmen tersebut dirumuskan dengan sebuah persegi empat dimana yang sisi-sisinya sama panjang dengan bagian terluas dari epifis. ^(Rüedi et al, 2000)

Secara anatomi, diafisis femur didefinisikan sebagai berikut ^(Sari, 2005):

- 1) Bagian tulang antara batas *proximal* 4 inci (10,16 cm) dari ujung *trochanter* major dan batas *distal* 4 inci (10,16 cm) dari ujung bawah *medial condyle* femur.

- 2) Bagian tulang yang merupakan jarak antara 5 cm *distal* dari *lesser trochanter* dan 6 cm bagian *proximal* dari titik *distal medial condyle* femur.
- 3) Bagian diafisis antara batas tepian bawah *lesser trochanter* dan garis yang sejajar dengan ruang sendi lutut pada jarak yang sama dengan lebar kondilus.
- 4) Bagian dari femur antara 10 cm *distal* dari *lesser trochanter* dan 15 cm *proximal* dari garis sendi lutut.
- 5) Bagian dari tulang antara sebuah titik 5 cm *distal lesser trochanter* dan 8 cm *proximal* dari *adductor tubercle*.
- 6) Bagian tulang antara batas paling kurang 1cm *distal* dari *lesser trochanter* and 6 cm atau lebih *proximal* dari jaringan parut epifis femur *distal*.

Kelengkungan pada tulang panjang sangat erat dalam hubungannya dengan morfologi, adaptasi iklim, *remodelling* tulang dan perkembangannya. Seperti contoh pada kurva femur, banyak variasi dan telah digunakan sebagai sarana untuk membedakan antara populasi manusia *modern* dan *neanderthal* secara anatomis. (Laura et al, 2002)

Tulang femur mempunyai kurva *anterior* secara fisiologik, dimana dapat meningkat pada kondisi patologik tertentu seperti *fibrous dysplasia* atau *paget disease*. Sebagaimana dikemukakan oleh para peneliti forensik antropologik femur adalah salah satu tulang pada manusia menunjukkan perbedaan etnik, ras dan jenis kelamin. Beberapa dasar dan penelitian klinis dilakukan untuk menggali variasi tersebut. Penelitian klinis antropologi telah membahas tentang kesesuaian

protesis *femoral* dan bahan osteosintesisnya. Beberapa penelitian lainnya dilakukan untuk menentukan kesesuaian ukuran *medulla* tulang femur dengan *intramedullary Nail*. (Ahmet et al., 2005; Sari, 2005)

Lingkar luar tulang femur memiliki tiga permukaan ; *anterior*, *lateral* dan *medial*. Lapisan kortikal yang paling tebal adalah bagian *posterior*, dimana fascia menempel ke *linea aspera*, sebuah tepi dengan dua garis kasar. Tepi *medial* dan *lateral linea aspera* bercabang *proximal* dan *distal*, tepi *lateral* ke arah *proximal* menyatu dengan tuberositas *gluteal*. Tepi *medial* melebar meluas hingga ke lapisan bawah leher femur. Tepi *lateral* merupakan sebuah bubungan, garis *pectineal*, turun dari *trochanter minor*. Kedua tepi bagian *proximal* dan *distal* dari tulang femur berubah dari bentuk segitiga menjadi empat sisi. Rongga medula bervariasi dalam diameter dan bentuk. Sedikit dari *proximal* ke pertengahan adalah *isthmus* dimana ukuran keliling *medulla* sangat sempit dengan diameter 8 mm sampai 16 mm dibandingkan dengan rongga bagian lainnya yang lebih oval. Bagian ujung *proximal* femur terdiri dari *caput*, *collum*, *trochanter mayor* dan *trochanter minor*. Bagian ujung *distal* femur terdapat kondilus *medial* dan *lateral*. Bagian *proximal* dan *distal* melebar membentuk metafisis *subthrocanter* dan bagian *suprakondiler*. Penyebutan fraktur pada *corpus* femur adalah berarti kondisi fraktur yang terjadi pada diafisis femur. (Sari, 2005)

Panjang tulang tubular femur manusia adalah seperempat dari tinggi badan setiap orang. Kematangan tulang diafisis femur pada orang dewasa dapat dinilai melalui usia pasien, yang biasanya usia 17 tahun atau lebih tua menurut studi tentang fraktur tulang femur pada orang dewasa, tetapi lebih jelas pada penutupan

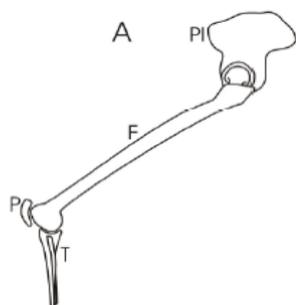
lempeng pertumbuhan. ^(Sari, 2005)

Morfologi dan analisis statistik antropometri femoralis di antara populasi yang berbeda mengungkapkan sejumlah besar variasi. Pengukuran antropometrik femoralis dari berbagai negara yang mungkin akan terpengaruh oleh variasi ras dalam diet, iklim, keturunan, dan faktor geografis lainnya yang berhubungan dengan gaya hidup. ^(Bokariya et al., 2009)

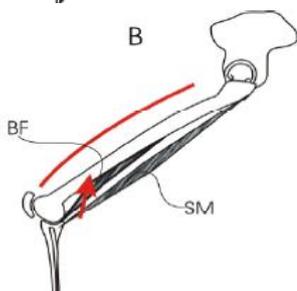
2.2. Lengkung *Anterior* Femur

2.2.1. Biomekanik Kelengkungan femur

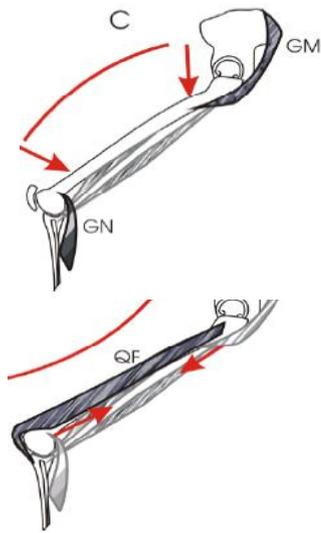
Untuk mengangkat tubuh ke atas, yaitu ketika berjalan menanjak, gaya otot bertambah panjang ke pinggul dan lutut. Tiga dari otot *hamstring* (*semitendinosus*, *semimembranosus*, *biceps femoris caput longum*) diperpanjang ke pinggul tetapi tidak menciptakan momen kelengkungan signifikan pada tulang dan membebaninya dalam kompresi uniaksial (Gambar 1.). Otot hamstring keempat (*bisep femoris caput brevis*) menambahkan gaya lengkung *posterior* ke tulang femur. ^(groote, 2008)



A : Tulang femur seorang pria yang sedang melangkah. Gaya lengkung yang bekerja pada femur menjadikan bagian *posterior* cembung.



B : *Semi Membranosus* adalah tiga dari empat otot *hamstring* memperpanjang pinggul dan menghasilkan kompresi. *Biceps femoris caput brevis* (BF) meningkatkan kecembungan *posterior*



C : Otot *Gluteus Maximus* (GM) melengkungkan tulang femur sehingga yang mencembungkan *posterior*.

Otot *Gastrocnemius* (GN) menambah kekuatan kelengkungan ini.

D : Otot *Quadriceps Femoris* (QF) melengkungkan tulang femur ke sisi berlawanan. Sistem otot ini saling berinteraksi secara dinamis dalam meminimalkan kekuatan kelengkungan tulang femur.

Pl : *pelvis*, **F** : *femur*, **P** : *patella*, **T** : *tibia*, **SM** : *three muscles; semitendinosus, semimembranosus, long head of the biceps femoris*.

Gambar 1 Otot – otot yang bekerja pada femur

(dikutip : Isabelle Elisabeth Peter Maria De groote, 2008)^(groote, 2008)

Otot - otot paha bagian depan berusaha memberi tekanan pada diafisis tulang femur pada berlawanan arah dengan *gastrocnemius*, *biceps caput brevis femoris* dan otot *gluteus* maksimum sehingga diafisis melengkung ke *anterior* dan berbentuk cembung tercipta keseimbangan pada gaya otot yang bekerja pada diafisis tersebut. Keseimbangan ini meminimalkan tekanan gravitasi kelengkungan pada tulang femur.^(groote, 2008)

2.2.2. Lengkung *Anterior* Femur dan Genetika

Pengamatan terhadap derajat kelengkungan *anterior* tulang femur bervariasi berdasarkan ras dan keturunan setiap individu. Ukuran tulang dari morfologi kelengkungan *anterior* femoralis, juga dapat dipengaruhi oleh gen. Kurva pada

tulang panjang sebelumnya dianggap hanya berkembang pada konteks perkembangan normal, namun secara alamiah kurva mempunyai fungsi lebih pada tulang selain untuk mempercepat perkembangan secara biologik juga tetapi hubungan yang erat antara kekuatan eksternal pada tulang panjang dan pola modeling dan remodeling pada tulang tersebut. (Browner et al., 2008)

Orang Amerika kulit hitam memiliki tulang femur lebih panjang dibandingkan orang Amerika kulit putih dan penduduk asli Amerika. Sebaliknya ukuran kurva kelengkungan *anterior* dari tulang femur, orang Amerika kulit putih yang memiliki tingkat kelengkungan *anterior* tulang femur yang sedang, penduduk Amerika Indian memiliki kelengkungan tulang femur lebih besar dibandingkan orang Amerika kulit hitam. Amerika Indian memiliki ukuran tulang femur yang sedang dan kurva lebih besar dibandingkan dengan panjang tulang femur orang Eropa. Untuk alasan ini, mereka berasumsi bahwa kelengkungan tulang femur lebih banyak ditentukan oleh keturunan dan peran faktor minor lainnya. (Trudell, 1999; Dalou, 2007; Laura et al 2002)

Pada penelitian lainnya, faktor ini dipengaruhi oleh pertumbuhan tulang sepanjang usia anak – anak hingga remaja, hal lain yang juga berperan penting dalam menentukan derajat kelengkungan adalah sejak usia anak – anak pada beberapa grup ras mungkin dibedakan dalam aktivitas, diet dan penyakit. Perbedaan kultur memberikan gambaran lebih nyata dibandingkan perbedaan genetik. (Dalou, 2007)

Singh and Singh⁸ meneliti derajat kelengkungan tulang femur (indeks kelengkungan) dan bagian lengkung maksimum, dan indeks posisi pada tulang

femur 140 orang india (laki-laki dan perempuan) dari suku varnasi, India. Penelitian ini menunjukkan bahwa tulang femur laki-laki varnasi lebih pendek dan mempunyai derajat kelengkungan yang lebih tinggi. Tulang femur perempuan varnasi lebih pendek yang paling melengkung, dan titik maksimum kelengkungan terletak pada ujung *distal* (kecuali Indian Amerika), sementara laki-laki adalah lebih pendek, yang paling melengkung berada pada titik ujung paling *distal*.^(Trudell, 1999)

Kelengkungan tulang femur dalam abad 20 adalah lebih kecil dibandingkan dengan yang abad pertengahan. Orang-orang di abad ke-20 yang lebih mapan dan kurang bergerak, dan gaya hidup modern menghasilkan kelengkungan yang kurang. Perubahan kelengkungan ini nampak pada evolusi tulang femur dari Neandertal ke manusia modern, dimana bahwa ada penurunan tingkat kelengkungan femoralis setelah kemajuan glasial terakhir, yang mungkin karena penurunan mobilitas.^(Dalou, 2007)

2.2.3. Usia dan Pembentukan Tulang

Usia di mana individu mulai aktif terlibat dalam berbagai aktivitas merupakan faktor penting dalam pembentukan tulang, dimana beban mekanik dari hasil melakukan berbagai perilaku aktivitas ini lebih efektif dalam merangsang pembentukan osteogenik bila dilakukan selama periode pertumbuhan yang cepat, ketika tulang ditandai dengan dominasi pertumbuhan periosteal dibandingkan *endocortical*.

Bass menguji efek dari beban mekanis pada ukuran dan bentuk dari tulang panjang antara *pra-*, *peri-*, dan *pasca-pubertas* pada pemain tenis perempuan

menunjukkan bahwa lengan bermain kelompok *prapubertas* ditampilkan tulang 11-14% lebih besar kandungan mineral (BMC) di lengan dominan dibandingkan yang lain, tapi tidak ada peningkatan asimetri antara peri-dan pemain pascapubertas.

Tulang juga akan merespon beban dari aktivitas fisik kebiasaan di kemudian hari. Tulang yang mulai menipis karena jumlah tulang yang diresorpsi secara *endosteal* lebih besar dari tulang secara *periosteal*, setelah usia pertengahan di kalangan populasi tulang pada laki-laki dari 18-abad ke-19.^(Dalou, 2007)

Kelengkungan tulang diafisis femur meningkat sejalan dengan usia dan pada populasi berhubungan dengan aktivitas fungsional dan perbedaan dalam kebiasaan postural menunjukkan bahwa tingkat kelengkungan femoralis merespon peningkatan berat badan karena adanya pergeseran *anterior* di tengah gravitasi tiap individu.^(Laura et al, 2002; Grooten, 2008)

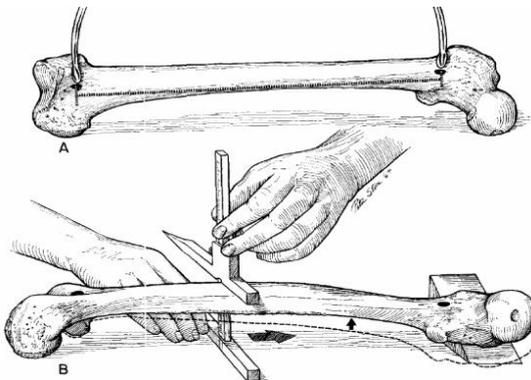
2.2.4. Pengukuran *Anterior Femoral Curvature* (AFC)

Pengukuran tepat dari kurva anterior sangat penting untuk pemilihan pasien dan rencana preoperatif untuk implanasi sebagai contoh dalam kesesuaian ukuran kurva dari intramedullary nail. Terdapat beberapa metode untuk pengukuran kurva anterior tulang femur. Beberapa teknik rontgenographic adalah DXA (dual energy X-ray absorptiometry) image, dan CT-scan. Meskipun terdapat banyak metode modern, hal itu tidaklah lebih akurat dibandingkan metode klinis. Kekurangan dari teknik modern adalah lebih mahal dan berhubungan dengan paparan radiasi.^(Dalou, 2007)

Karena variasi besar pada anatomi femur dalam populasi normal, ukuran tulang

dan alat – alat yang tepat sangat sulit untuk di capai kesesuaiannya dan untuk hal ini sudah banyak penelitian-penelitian yang secara mendetail tentang geometrik tulang femur. Salah satu penelitian yang sering dikemukakan adalah dengan menggunakan *anteroposterior* dan *lateral* radiograf. (Browner Bruce MD. et al., 2008)

Cara pengukuran kurva *anterior* tulang femur dengan menempatkan kondilus *distal* pada permukaan yang datar (Gambar 2 dan gambar 3) dan mengangkat ujung *proksimal* sehingga kecekungan maksimum (titik terdalam pada permukaan *femoralis*) pada ujung kedua *distal* dan *proksimal* berada pada tingkat yang sama (titik rata). Kemudian jarak diukur dari meja ke sisi yang paling depan femur. (Tencer, 2010; Gill, 2001; Laura et al, 2002)



Gambar 2



Gambar 3

Penelitian Walensky (gambar 2) dan Trudell (gambar 3) dalam penentuan kurva *anterior* femur dengan menggunakan plat blok yang sama tinggi (dikutip : Isabelle Elisabeth Peter Maria De groote 2008)^(groote, 2008)

Analisis menunjukkan bahwa kelengkungan diafisis terlihat nyata terutama pada penduduk asli Amerika dan paling sedikit terutama di Afrika-Amerika dan sedang untuk Kaukasia. (Tencer, 2010, Laura et al., 2002, Bokariya et al., 2009)

Trudell^(B.M.Trudell, 1999), mengukur panjang maksimal dan panjang oblik bikondilar diukur sebagaimana diameter pertengahan dan diameter tulang

subtrokanter femur. Jarak kurva diukur melalui tiga titik dari permukaan datar ketika femur diposisikan dalam posisi horisontal dan diseimbangkan pada dua blok dengan kondilus *distal* menyentuh permukaan blok.

Ahmad Y Abu Dalou^(Dalou., 2007) mengukur kurva *anterior* tulang femur secara linier dan menentukan indeks posisi relatif kelengkungan (Indeks posisi relatif dari titik maksimum kelengkungan = $upper\ length\ of\ diaphysis \times 100 / diaphyseal\ length$) serta indeks kelengkungan ($BI = maximum\ curvature - low\ distal\ Point\ (LDP) \times 100 / diaphyseal\ length$). yaitu mengukur panjang maksimum, diameter maksimum kepala femur, diameter *mediolateral* dan *anterior posterior* diafisis femur, lingkaran pertengahan femur, diameter *mediolateral subtrokanter* dan *anterior posterior subtrokanter*.

2.2.5. Kelengkungan Anterior Femur pada Operasi

Fraktur femur salah satu cedera mayor yang membutuhkan ahli bedah ortopedi untuk merawatnya. Hal ini dikarenakan proses terjadinya fraktur pada femur lebih sering disebabkan oleh trauma yang besar dan paling sering disertai dengan trauma yang lain pada anggota tubuh lainnya.

Penatalaksanaan fraktur diafisis femur berevolusi, mulai dari pendekatan konservatif hingga sekarang ini ke cara yang lebih rasional yaitu menggunakan implan *intramedullary nail*.^(Browner et al., 2008)

Intramedullary nailing adalah osteosintesis stabil melalui *nail* fleksible dalam tulang dan merupakan terapi ideal terhadap fraktur, karena tidak membutuhkan fiksasi eksternal dan perawatan post operatif yang khusus dan memungkinkan pergerakan sendi dan pembebanan berat badan yang lebih awal. *Intramedullary*

nailing mengurangi kasus malunion dan pemendekan fraktur yang lebih rendah, tetapi meningkatkan fungsi, waktu rawat inap lebih pendek, lebih cepat kembali bekerja dan pada umumnya penyembuhan fraktur yang lebih cepat. *Nail* bersifat elastisitas longitudinal, seperti pada *pin rush*, tetapi juga memiliki kompresibilitas elastis pada penampangannya. *Nail* akan berada pada satu garis dengan arah gaya pada femur. (Rubin. et al., 1992)

Tulang panjang memiliki variasi dalam kurva anatomisnya. Bentuk awal intramedullary nail adalah lurus. Penelitian menjelaskan bahwa adanya perbedaan signifikan antara implant lurus ini dan kurva normal femur. Penggunaan nail yang lurus hanya dimungkinkan dengan menggunakan *reamer rigid* diafisis dan diameter *implant* yang kecil. (Browner., et al., 2008)

Implan ini dimasukkan ke dalam tulang ditempat yang jauh dari lokasi fraktur dengan membagi beban kompresi, kelenturan dan torsi dengan struktur tulang disekitarnya. *Intramedullary nail* berfungsi sebagai penyangga internal dan memungkinkan terjadinya penyembuhan fraktur secara sekunder. Seperti *implan* metal lainnya, *nail* dapat juga mengalami kerusakan dan dapat patah bilamana tidak terjadi penyembuhan pada tulang. Karakteristik intrinsik yang mempengaruhi biomekanika *nail* termasuk bahan material, bentuk melintang, lengkung *anterior* dan diameter. Faktor ekstrinsik seperti pelebaran kanal medularis, stabilitas tulang (kominutif) dan penggunaan dan lokasi baut juga mempengaruhi biomekanika fiksasi. Walaupun pelebaran dan insersi *intramedullary nail* dapat berefek terhadap aliran darah *endosteal* dan kortikal, pelebaran kanal memiliki beberapa efek positif pada lokasi fraktur, seperti

peningkatan sirkulasi ekstraoseus, yang penting dalam proses penyembuhan tulang. (Beaty et al, 2007)

Lengkung *anterior* dari *nail* femur mempengaruhi friksi dalam *medulla* femur dan hal ini merupakan faktor terpenting pada insersi *nail*. Penelitian antropologik menunjukkan bahwa rata-rata kurva *anterior* femur manusia adalah 120 (± 36) cm dibandingkan dengan desain *nail* femur saat ini yang mempunyai kurva yang agak kecil dengan radius rata-rata 186 – 300 cm. *Nail* dengan radius kurva yang kecil akan mudah untuk dimasukkan tetapi kurang memiliki friksi dalam fiksasi. Sementara *nail* yang memiliki kurva besar memiliki friksi yang besar dan agak sulit untuk dimasukkan. (Tencer, 2010; Beaty et al, 2007)

Untuk teknik operasi pada fiksasi diafisis femur beberapa peneliti mengindikasikan berdasarkan kondisi pasien dan tipe fraktur yang ada. AO *Foundation* mengindikasikan teknik *antegrade* pada fraktur bagian *proksimal* dan pertengahan diafisis femur untuk mencapai kestabilan fiksasi. Pada teknik ini juga AO *Foundation* menganjurkan implan *intramedullari nail* sebagai pilihan adalah tipe *cephalomedullary* ataupun *helical blade* seperti *gamma nail*. Sementara untuk bagian pertengahan ataupun 1/3 *distal* disarankan menggunakan *universal implan*, dengan teknik *retrograde*. Pada fleksibel *nail* teknik *retrograde* melalui *interkondiler*. (Rüedi et al, 2000)

Intermedullary nail yang digunakan untuk fraktur *proximal* femur ke bagian lengkung *anterior* diafisis beresiko tinggi pada waktu memasukkannya ke bagian *distal* korteks *anterior* karena ketidaksesuaian antara radius kurva *nail* dan tulang femur.

Stamatios A Papadakis^(Papadakis et al., 2008) menemukan adanya ketidak sesuaian antara kurva *intramedullary nail* dengan kurva *anterior* femur yang tidak terdeteksi oleh radiografi. Pecahnya tulang femur sebagai akibat dari pemasangan *intermedullary nail* ke dalam medula tulang femur di karenakan femur mempunyai kurva *anterior* yang signifikan.

Intramedullary nail yang modern memiliki kelengkungan lebih tinggi rata-rata 10 – 12 mm pada titik tengahnya untuk menghasilkan kurva. Implant lurus yang kaku digunakan pada awal-awal penggunaan nailing pada femur meluruskan shaft yang keluar dari celah posterior di lokasi patahan, pecahan ataupun perforasi dari korteks anterior. Titik pusat kanalis femoralis adalah $1,23 \pm 0,92$ cm superior dan medial dari fossa piriformis, dan berada pada $1,55 \pm 0,66$ cm dari greater throcanter dan $5,21 \pm 1,28$ cm dari lesser throcanter. Relevansi kliniknya adalah 1,2 cm superior dan medial fossa piriformis pada metode *closed intramedullary nail* untuk mencegah kesulitan dan komplikasi intramedullary nail. ^(Srinivas, 2011; Tassawipas et al, 2002)

Parameter yang mempengaruhi pecahnya femur saat memasukkan *nail* pada teknik operasi *antegrade* piriformis termasuk ketidakcocokan *nail* dan femur, diawali kekauan lengkungan yang tinggi dan lokasi lubang awal. Faktor – faktor yang mempengaruhi besarnya kelenturan batang *nail* saat proses pemasukkannya dan gaya internal yang bekerja di dalam tulang femur adalah posisi lubang pertama pada *proximal* tulang femur, panjangnya bagian *proximal* femur, dan kurva awal dari *intramedullary nail*.^(AO ASIF, 2005)

Perolehan kembali ukuran panjang anatomis dan kelurusan tulang femur yang

diakibatkan oleh fraktur kominutif, dan juga pada fraktur proksimal, *distal* maupun midshaft membutuhkan kecakapan dan teknis yang tinggi. Hanya pada fraktur kominutif berat dan fraktur *distal* yang membutuhkan perlindungan terhadap pembebanan berat badan selama fase awal dari penyembuhan fraktur. *Nail* memungkinkan pembebanan kompresif berulang pada lokasi fraktur, yang mana meningkatkan pembentukan kalus dan remodelling. Instrumentasi khusus dan fasilitas radiografi dibutuhkan pada *intramedullary nailing* tertutup, dimana fraktur direduksi oleh manipulasi eksternal dan *nail* diinsersi melalui ujung tulang tanpa merusak vaskularisasi periosteal. Karena hematoma pada fraktur tidak dievakuasi pada *nailing* tertutup, aksi dari selular lokal dan agen humoral yang berfungsi terhadap penyembuhan luka tidak terganggu. (ASIF, 2005)

Nailing dinamis telah direkomendasikan pada fraktur shaft femur sederhana. Studi biomekanika tidak menunjukkan perbedaan signifikan pada kekakuan torsional dan pembebanan aksial terhadap kegagalan ketika sebuah skrup 6 mm *distal* digunakan dengan *slotted nail* untuk fraktur *proksimal* dan midshaft. Studi klinis lainnya menegaskan bahwa skrup pengunci tunggal cukup untuk cedera midshaft dan *proximal* femur, walaupun migrasi skrup pengunci *distal* sederhana dapat terjadi. Untuk fraktur kominutif, bentuk tertentu dari *interlocking* digunakan tergantung pada morfologi fraktur. Kebanyakan *locking nail* memiliki bentuk *clover leaf* pada potongan melintangnya dengan satu lubang *proksimal* dan dua lubang *distal* untuk penguncian fragmen fraktur besar. Skrup transfiksasi diinsersi melalui kendali radiologi. Skrup pada lubang *proksimal* atau lubang *distal* saja menimbulkan fiksasi dinamis untuk fraktur dengan potensi tidak stabil pada

kompresi aksial dan rotasi. Pengunci statis dengan skrup pada *proksimal* dan *distal* fragmen diindikasikan pada fraktur dengan kemungkinan pemendekan dan malrotasi. Penguncian pada fragmen fraktur terhadap *nail* tampaknya tidak memiliki efek buruk terhadap kecepatan penyembuhan yang terbukti setelah Küntscher *nailing* sederhana. Penguncian statis rutin pada seluruh fraktur menghilangkan hilangnya fiksasi post operatif sekunder terhadap kominitif fraktur yang tidak diketahui, yang terkadang terjadi setelah membuka kunci *nailing*. Luaran klinis sama pada apapun pilihan sistem *interlocking nail*. Keadaan dimana skrup tunggal tidak dapat memberikan stabilisasi yang memadai pada fraktur 1/3 *distal*, Brooker-Wills dengan sirip pengunci *distal* juga tidak memadai dalam memberikan resistensi yang tidak cukup terhadap kompresi aksial. Penggunaan kedua *distal locking scre* dengan *intramedullary nail* titanium telah direkomendasikan. (ASIF, 2005; Papadakis et al., 2008)

Tujuan utama *interlocking nailing* pada fraktur femur tidak terlalu mempengaruhi kaskade normal dari penyembuhan fraktur dan juga memberikan konstruksi *nail-tulang* selama proses penyembuhan. *Interlocking nails* juga cocok untuk menangani fraktur kominitif berat, *bone loss*, dan fraktur terbuka *proksimal* atau *distal*. Kebutuhan biomekanikal terhadap *intramedullary nail* bergantung pada lokasi fraktur dan derajat kominitif, ukuran pasien dan morfologi tulang. Fraktur midshaft transversal sederhana dan obliq pendek tanpa fraktur lain atau cedera jaringan lunak telah direkomendasikan untuk diterapi dengan *interlocking nailing* tertutup. *Cloverleaf nails* standar kontraindikasi terhadap fraktur kominitif tipe III dan tipe IV karena resiko pemendekan fraktur disekitar *nail*. Sebelum

interlocking nails, *cloverleaf nails* standar ditambah dengan ikatan kawat pada fragmen kortikal besar telah digunakan secara luas pada fraktur kominutif atau fraktur spiral atau obliq panjang. Hasil terapi berupa penyembuhan yang lambat setelah *open intramedullary nailing* dan juga dimungkinkan kerusakan pada hematoma fraktur. (Bong et al., 2007)

Perbedaan antara kurvatur *nail* dan femur menimbulkan stress pada canal femur selama insersi *nail* jika canal tidak dilebarkan secara berlebihan. Tempat masuk harus berlokasi segaris dengan aksis longitudinal canal femoral. Lubang awal didepan fossa piriformis menghasilkan distorsi *nail* dan peningkatan stress dalam kanal. Tempat masuk *lateral* dapat menyebabkan penempatan *nail* eksentrik dan kominutif medial dari fraktur fragmen proksimal. Fraktur femur sesuai dengan *intramedullary nail* standar memiliki diameter 12 – 14 mm pada diameter. Fleksibilitas torsional dari *interlocking nails* tidak menyebabkan instabilitas rotasi. (Papadakis et al, 2008; Srinivas, 2011; Winqvist, 1993)

Keberadaan slot longitudinal, mulai dari ujung *distal nail* memanjang hingga beberapa sentimeter dari ujung proksimal, diawali dari *distal end* dari *nail* dan meluas pada beberapa sentimeter dari *proksimal tip*, memungkinkan penyempitan elastis pada kompresi *nail* pada permukaan *endosteal* tulang. Hal ini meminimalis malrotasi dan pemendekan pada fraktur. *Slotted nail* menurunkan kekakuan torsional hingga 15 – 20 kali dibandingkan *nonslotted nail*, dan menurunkan jumlah metal sekitar lubang skrup pengunci. Penebalan pada dinding *slotted nail* dapat memperlemah efek menguntunkan, tetapi juga menghilangkan penyempitan elastis *nail* pada fraktur fragmen *distal* dan proksimal. Potongan tertutup

nonslotted nails meningkatkan jumlah metal disekitar lubang skrup menurunkan resiko fraktur akibat kegagalan impant. (Koval, 2007)

Melalui variasi ketebalan dinding, kekakuan pada pembengkokan *nonslotted nail* dapat diubah untuk menyerupai *slotted nail*, terutama pada pasien usia lanjut dimana *nail* diameter besar yang dipergunakan.

Kelemahan yang ada termasuk terbatasnya titik insersi masuk *nail* pada fossa trochanteric, kemungkinan angulasi varus pada fraktur 1/3 proksimal, dan insisi panjang dibutuhkan pada pasien gemuk. Posisi *lateral* memungkinkan insersi yang lebih mudah. Dari insisi *lateral*, diperluas dari 1 cm *distal* dari puncak *trochanter* mayor ke superior sepanjang 8 - 10 cm, *fascia lata* dan serat *gluteus maximus* dipisahkan segaris dengan insisi kulit. *Gluteus medius* dan *minimus* dibebaskan dari kapsul sendi panggul. Dari *fossa trochanteric* atau *piriformis*, dilakukan insersi dan pelebaran 6-9 mm, setelah pin pemandu telah melewati menuju kanal medulary dari fragmen *distal* pada *intercondyler notch*, *kuntschaer nail* diameter kecil dapat dimasukkan kedalam fragmen *proksimal* yang telah dilebarkan. (Bong et al., 2007; Winquist, 1993)

Pada fraktur 1/3 *distal* diafisis, fragmen *distal* tertarik ke *posterior* perlu dibantu dalam posisi supine. Pada posisi *lateral*, *distal* fragmen berada dalam posisi *valgus*. Setelah panjang dari kemungkinan *nail* telah diukur, *reamer* fleksibel mulai ukuran 9 mm digunakan untuk melebarkan kanal *medulla*.. Pelebaran dilakukan bertahap dengan peningkatan 0,5 mm hingga kontak kortikal *endosteal* dari kepala pelebar melebihi segment 2-3 cm dari fragmen *proksimal* dan *distal* tercapai. Fraktur 1/3 *distal* terutama membutuhkan minimal 1 mm – 1,5

mm pelebaran lebih pada fragmen proksimal. ⁽²⁰⁰⁸⁾

Skrup pengunci diindikasikan pada Winqvist-Hansen grade III dan IV kominutif, obliq segmental dan kominutif pada spiral panjang, obliq *proksimal* atau *distal* atau fraktur kominutif. Fraktur *transvers* pertengahan diafisis dianggap tepat untuk *nailing* tanpa penguncian statis pada fragmen fraktur besar. Beberapa teknik target dan alat penentu target untuk insersi skrup pengunci *distal* telah diperkenalkan. Setelah *nailing* closed femur, keuntungan besar dari *interlocking nail* adalah mobilisasi dengan relatif bebas nyeri dimungkinkan bahkan pada fraktur kominutif berat. *Closed Nail* dinamis membutuhkan proteksi terhadap malrotasi hingga tonus otot dan kekuatan otot kembali membaik.

Dilain pihak, *nail* besar dan kaku dapat menimbulkan peningkatan efek stress pada *proximal* femur dan merupakan predisposisi terjadinya fraktur leher femur atau fraktur *peritrochanteric*. Fiksasi pada fraktur leher femur dapat berupa *intramedullary nailing* secara *antegrade* pada fraktur shaft femur dikombinasikan dengan fiksasi pin atau skrup multipel, atau generasi kedua *interlocking nail*. ^(Koval, 2007)

Intramedullary nail berdasarkan bentuk dan pendekatan – pendekatan teknik pemakaiannya dapat dibedakan atas : ^(Koval, 2007; Dalou, 2007)

1. *Kuntscher nail* klasik (*Reaming, Unlocking*)

Merupakan *nail* konvensional, dengan slot longitudinal, terbatas untuk kasus fraktur pertengahan diafisis yang relatif sederhana karena stabilisasinya bergantung pada kontak antara implan elastis dan tulang yang kaku (prinsip *intramedullary nailing*). Pelebaran rongga medula akan meningkatkan area kontak

antara *intramedullary nail* dan tulang. Berdasarkan cara ini maka *Kuntscher nail* diindikasikan untuk pemasangan terhadap fraktur yang lebih kompleks atau lebih *proximal* atau *distal* dari diafisis. Pelebaran juga meningkatkan nilai mekanik dari hubungan implan dan tulang dengan memungkinkan penggunaan implan dengan diameter yang lebih besar. Akan tetapi, proses pelebaran memiliki kekurangan secara biologik, terutama bila dilakukan secara berlebihan. Hal ini termasuk peningkatan tekanan *intramedular* dan temperatur sehingga dapat menyebabkan nekrosis tulang.

2. *Universal nail (Tight, Reaming, Locking)*

Penambahan sekrup pengunci pada *intramedullary nail*, awalnya diperkenalkan oleh Groose dan Kempf, peningkatan nilai mekanis dari implan *intramedullary*. Mengindikasikan penggunaan pada fraktur yang lebih *proksimal* dan *distal*, dan juga fraktur yang kompleks dan pola fraktur tidak stabil. Akan tetapi, jika fraktur lebih *distal*, lebih *proksimal* atau lebih kompleks, kemampuan fiksasinya terutama bergantung pada skrup pengunci dan sedikit pada prinsip friksional. Panjang dari konstruksi tulang dan implan tetap terjaga efektif karena skrup pengunci mencegah pemendekan. Akan tetapi, slot longitudinal pada tubular *universal nail* menghasilkan penurunan kekakuan rotasi, sehingga dapat terjadi instabilitas rotasi, terutama pada *intramedullary nail* ukuran kecil.

3. *Intramedullary nail* dengan tanpa *reaming* maupun *locking*.

Implan ini dilakukan insersi tanpa melebarkan sehingga lebih longgar. Karena implan ini (*Ender nail*, *Lottes' nail* dan *Rush pin*) tipis dan tidak bisa dikunci di *proksimal* maupun *distal*, keadaan instabilitas longitudinal dan rotasi dapat terjadi, terutama pada fraktur kompleks. Walaupun angka infeksi rendah, kekurangan utama adalah sering membutuhkan tambahan stabilisasi eksternal, seperti *casting*.

4. *Intramedullary nailing* tanpa *reaming*, tetapi membutuhkan *locking*

Dengan tidak adanya slot longitudinal meningkatkan kekakuan torsi pada tubular implan, juga menurunkan kapasitas adaptasi terhadap bentuk tulang. Jika tempat insersi tidak dipilih secara optimal, atau bentuk dan radius terowongan *intramedullary* berbeda dari geometri *intramedullary nail*, maka kecocokan dapat menjadi permasalahan. Dengan diameter luar yang lebih kecil (mis. 9 mm) pada

femur, kekuatan material dari *intramedullary nail* perlu diperkuat untuk menurunkan resiko kegagalan implan serendah mungkin. Kedua kebutuhan ini (kekakuan rendah dan kekuatan implan) dapat dicapai melalui perubahan material, dari *stainless steel* menjadi titanium alloy Ti-6Al-7Nb.

Semakin tinggi kekuatan dari *intramedullary nail* memungkinkan untuk menggunakan diameter lebih besar, 4,2/4,9mm (awalnya 3,2/3,9mm), dan skrup pengunci. Kepadatan penampang *intramedullary nail* tidak meningkatkan nilai *bending* mekanis, tetapi memiliki keuntungan secara biologik. Pada kondisi lain, sistem kanulasi memungkinkan penggunaan kawat pemandu, sehingga insersi *intramedullary nail* menjadi lebih mudah. ^(Philip et al., 2001)

Dari teknik yang menggabungkan antara ante ataupun retrograde, menggunakan *reamer* atau pun tidak, sebaiknya menggunakan meja khusus seperti *traction tabel* untuk membantu reduksinya. Biasanya perbedaan strategi penanganan berbeda pada pasien yang mengalami multi cedera untuk menghindari komplikasi pulmonal seperti karena emboli lemak, utamanya ketika saat penanganan definitif dengan *intramedullary nails*. ^(Philip et al., 2001)

Nail yang lurus pada bidang koronal (depan) harus masuk pada titik yang berhubungan langsung dengan titik tengah kanal *medulla*, yaitu medial ke *trochanter* lebih besar dari titik pusat. Sementara *nail* lain yang memiliki kelengkungan di bagian *proximal* pada posisi ini memiliki titik masuk yang lebih *lateral*. Pada posisi *sagittal*, *nail* yang lurus harus dimasukkan pada peralihan antara leher femur dan bagian *trochanter* dan pada bagian ditengahnya. Karena kelengkungan ini maka *nail* dimasukkan pada 1/3 *posterior* agar bisa mengikuti

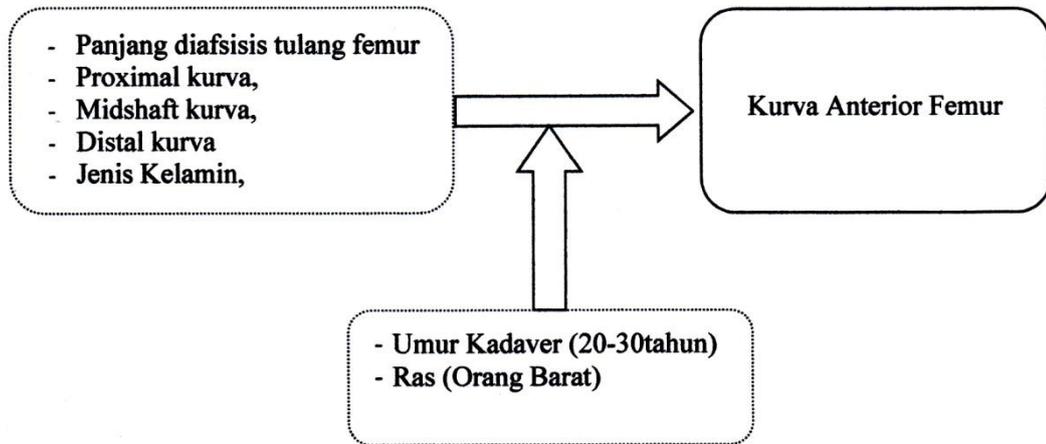
kelengkungan *anterior* dari femur. Sehubungan dengan pusat kanal *medulla*, salah satu tempat yang dipilih adalah sebagai bahan acuan adalah *fossa trokanterika*.^(Kanas et al., 2011)

Beberapa produsen implan *intramedullary nail* menciptakan metode dan implan yang mengakomodir kelengkungan fisiologis tulang. Mulai dari teknik insersi poin *nail* hingga metode menambah fleksibilitas dari batang *nail*. Pada model implan *intramedullary nail* yang memiliki kurva besar disarankan untuk insersi poin lebih *posterior* dari poin insersi pada fossa piriformis. Untuk *nail* generasi kedua dimana menggunakan *screw* tambahan pada *proximal* ke kepala femur disarankan 5mm lebih *anterior* dari poin insersi. Pengukuran 6 mm pada *anterior* lubang dari tengah kanalis femoralis ditemukan secara signifikan meningkatkan ketegangan pada tulang *proksimal* femur.^(Kanas et al., 2011; Srinivas, 2011)

Tipe ideal fiksasi intra medula bisa didapatkan dengan *nail* yang kokoh dan menyangga seluruh kuadran korteks *endosteal* dan juga memiliki saluran *eksternal* yang luas di sepanjang pembuluh darah yang *medulla* akan berregenerasi. *Interlocking nail* berfungsi sebagai *internal splint*, menstabilkan fragmen fraktur, dan mempertahankan *alignment*.^(Dalou, 2007; Srinivas, 2011)

Implan *intramedullary nail* yang paling banyak digunakan di Indonesia adalah implan yang di produksi di Barat dan mempunyai bentuk yang lurus dan mempunyai kelengkungan kecil. Ukuran bervariasi mulai dengan panjang 16 - 48 cm, dengan model lurus dan yang mempunyai kurva 150 – 300 cm.^(Nork, 2010)

2.3. Kerangka Konsep



2.4. Hipotesis

- 1) *Ukuran anterior kurva tulang femur pada orang Indonesia laki-laki berbeda dengan perempuan.*
- 2) *Ukuran anterior kurva tulang femur pada orang barat menunjukkan perbedaan dengan ukuran anterior kurva tulang femur pada orang Indonesia.*
- 3) *Panjang diafisis tulang femur mempengaruhi ukuran kurva anterior tulang femur.*