



UNIVERSITAS INDONESIA

**Perubahan biomekanik lumbosakropelvis akibat penggunaan
sepatu hak tinggi pada saat berdiri**

TESIS

**HARTANTO
1306492805**

**FAKULTAS KEDOKTERAN
PROGRAM MAGISTER ILMU BIOMEDIK
UNIVERSITAS INDONESIA
JAKARTA
JUNI 2017**



UNIVERSITAS INDONESIA

Perubahan biomekanik lumbosakropelvis akibat penggunaan sepatu hak tinggi pada saat berdiri

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister

**HARTANTO
1306492805**

**FAKULTAS KEDOKTERAN
PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU BIOMEDIK
KEKHUSUSAN ANATOMI
UNIVERSITAS INDONESIA
JAKARTA
JUNI 2017**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Hartanto

NPM : 1306492805

Tanda Tangan :

Tanggal : 22 Juni 2017


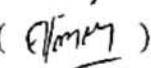




HALAMAN PENGESAHAN

Thesis ini diajukan oleh :
Nama : Hartanto
NPM : 1306492805
Program Studi : Magister Ilmu Biomedik
Judul Thesis : Perubahan biomekanik lumbosakropelvis akibat penggunaan sepatu hak tinggi pada saat berdiri

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Biomedik pada Program Studi Magister Ilmu Biomedik Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Sasanthy Kusumaningtyas, SSi, M.Biomed ()
Pembimbing II : dr. Nyimas Diana Yulisa, Sp.Rad ()
Penguji I : Deswaty Furqonita, SSi, M.Biomed ()
Penguji II : dr. Nurul Paramita, M.Biomed, Sp.SFR ()
Penguji III : dr. I Nyoman Murdana, Sp.RM ()

Ditetapkan di : Jakarta
Tanggal : 22 Juni 2017
Ketua Program Studi Magister Ilmu Biomedik:
Dr.rer.physiol.dr. Septelia Inawati Wanandi



KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Biomedik pada Program Studi Magister Ilmu Biomedik Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, melalui bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, mulai dari masa perkuliahan sampai kepada penyusunan tesis, maka saya dapat menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Sasanthy Kusumaningtyas, SSi, M.Biomedik dan dr. Nyimas Diana Yulisa, Sp.Rad sebagai dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini;
2. Fakultas Kedokteran Universitas Krida Wacana (UKRIDA) yang telah mendukung dan memsponsori baik sarana ataupun prasarana dalam penelitian ini;
3. dr.Yusuf Handoko, Sp.OK, dr.Drs. Heri Wibowo, M.Biomedik, dr.Yenni Sunnik dan dr.Grace Niken Nindita yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
4. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
5. Sahabat dan teman sejawat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan tesis ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, 22 Juni 2017



Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hartanto
NPM : 1306492805
Program Studi : Magister Ilmu Biomedik
Departemen : Anatomi
Fakultas : Kedokteran
Jenis karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Perubahan biomekanik lumbosakropelvis akibat penggunaan sepatu hak tinggi pada saat berdiri

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia / formatkan, mengelolah dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada Tanggal : 22 Juni 2017

Yang menyatakan


(Hartanto)

ABSTRAK

Nama : Hartanto Hartono
Program Studi : Magister Ilmu Biomedik
Judul :
Perubahan biomekanik lumbosakropelvis akibat penggunaan sepatu hak tinggi pada saat berdiri

Permasalahan. Penelitian tentang efek sepatu hak tinggi masih menuai kontroversi akibat beberapa faktor, salah satunya adalah dalam mempengaruhi kurvatura *vertebrae lumbales*, sehingga belum diketahui secara pasti mekanisme perubahan kurvatura lordosis *vertebrae lumbales*. **Tujuan.** Mengetahui efek sepatu hak tinggi dalam mengubah parameter lumbosakropelvis, serta diketahuinya korelasi antar parameter lumbosakropelvis pada saat berdiri statis menggunakan sepatu hak tinggi. **Metode.** Penelitian ini melibatkan total 35 peserta wanita. Setiap peserta diwawancara, dipisahkan menjadi kelompok tidak terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi (Grup NHT) dan kelompok terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi (Grup HT); dilakukan penandatanganan formulir informed consent dan pemeriksaan fisik, kemudian dilakukan pemeriksaan radiografi konvensional pada segmen lumbal dan pelvis pada kondisi tanpa alas kaki dan dengan menggunakan sepatu hak tinggi. **Hasil.** Grup NHT menunjukkan berkurangnya lordosis lumbal, berkurangnya *sacral slope* dan retroversi pelvis yang signifikan, namun *pelvic incidence* relatif tidak berubah. Grup HT menunjukkan bertambahnya lordosis lumbal dan *pelvic incidence* yang signifikan, namun *sacral slope* dan *pelvic tilt* relatif tidak berubah. Pada grup NHT ditemukan korelasi antara *sacral slope* dan *pelvic incidence*, namun grup HT ditemukan korelasi antar parameter lumbosakropelvis, kecuali antara lordosis lumbal dengan *pelvic incidence*. **Kesimpulan.** Sepatu hak tinggi memberikan efek yang berbeda pada parameter lumbosakropelvis dan menghilangkan sebagian korelasinya.

Kata kunci : Sepatu hak tinggi, lordosis lumbal, biomekanik lumbosakropelvis

ABSTRACT

Name : Hartanto Hartono
Study programe : Magister of biomedical science
Title :
Lumbosacropelvic biomechanical changes of wearing high heeled shoes on standing position.

Problem. The research about high heel shoes effects still give controversy results because of several factors, including the effect that influence the vertebrae lumbales curvature, so it hasn't known for certain about mechanisms that change the vertebrae lumbales lordosis curvature. **Purpose.** To find out high heeled shoes effects that can change lumbosacropelvic parameter and also to discover the correlation between lumbosacropelvic parameter. **Method.** This research involves a total of 35 women. Each subject must pass an interview session, separated into non high heeled user (NHT grup) and high heeled user (HT grup); with informed written consent and physical examination, then performed a conventional radiography examination on lumbal and pelvis while standing barefoot and wearing high heels shoes. **Result.** NHT group shows a reducing lumbal lordosis, reducing sacral slope and pelvis retroversion significantly, but pelvic incidence angle insignificantly didn't chance. HT group shows an increasing lumbal lordosis and pelvic incidence significantly, but sacral and pelvic tilt insignificantly didn't chance. NHT group shows a correlation between sacral slope and pelvic incidence, but HT gorup has a correlation among the lumbosacropelvic parameters, except between lordosis lumbal and pelvic incidence. **Conclusion.** High heels shoes have a diverse effect to change lumbosacropelvic parameters dan dismiss its correlation partially.

Keywords. High heels, lumbal lordosis, Biomechanic of lumbosacropelvic

DAFTAR ISI

Halaman judul	i
Halaman pernyataan orisinalitas	ii
Lembar pengesahan	iii
Kata pengantar	iv
Lembar persetujuan publikasi tugas akhir	v
Abstrak	vi
Abstract	vii
Daftar isi	viii
Daftar tabel	xi
Daftar gambar	xii
Daftar singkatan	xiii
Daftar lampiran	xiv
Bab I : Pendahuluan	1
1.1. Latarbelakang	1
1.2. Rumusan masalah	3
1.3. Pertanyaan penelitian	3
1.4. Tujuan penelitian	4
1.4.1. Tujuan umum	4
1.4.2. Tujuan Khusus	4
1.5. Manfaat penelitian	4
1.6. Kerangka teori	6
1.7. Kerangka konsep	7
1.8. Hipotesis	8
Bab II : Tinjauan pustaka	9
2.1. Anatomi dan fisiologi lumbosakropelvis	9
2.1.1. <i>Vertebrae lumbales</i>	9
2.1.1.1. Persendian <i>vertebrae lumbales</i>	9
2.1.1.2. Gerakan <i>vertebrae lumbales</i>	11
2.1.1.3. Peranan otot <i>columna vertebralis</i>	11
2.1.2. Tulang gelang panggul	11

2.1.2.1.	Persendian gelang panggul	12
2.1.2.2.	Gerakan gelang panggul	16
2.1.2.3.	Peranan otot gelang panggul	18
2.1.3.	Kurvatura fisiologis <i>columna vertebralis</i>	20
2.2.	Postur tubuh berdiri yang ideal	21
2.2.1.	<i>Good posture</i>	21
2.2.2.	Keseimbangan postur	23
2.2.2.1.	<i>Postural sway</i>	23
2.2.2.2.	<i>Center of gravity</i>	24
2.2.2.3.	<i>Line of gravity</i> dan <i>center of pressure</i>	25
2.2.2.4.	<i>Base of support</i>	26
2.2.3.	Peranan otot terhadap postur tubuh	27
2.3.	Postur tubuh berdiri menggunakan sepatu hak tinggi	29
2.3.1.	Perubahan postur tubuh saat menggunakan hak tinggi	29
2.3.2.	Pengaturan adaptasi postural	31
2.4.	Faktor risiko	35
2.5.	Radiografi konvensional	38
BAB III : Metode penelitian		42
3.1.	Desain penelitian	42
3.2.	Tempat dan waktu penelitian	42
3.3.	Subjek penelitian	42
3.4.	Penetapan jumlah subjek penelitian	42
3.5.	Variabel penelitian	44
3.6.	Definisi operasional	45
3.7.	Instrumen Penelitian	48
3.8.	Cara kerja penelitian	48
3.9.	Metode analisis statistik	49
3.10.	Alur penelitian	51
Bab IV : Hasil penelitian		52
5.1.	Karakteristik sample penelitian	52
5.2.	Efek penggunaan sepatu hak tinggi terhadap perubahan sudut parameter lumbosakropelvis	53

5.3. Korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvis pada saat berdiri statis menggunakan sepatu hak tinggi	54
Bab V : Pembahasan	57
5.1. Karakteristik sampel penelitian.....	57
5.2. Efek penggunaan sepatu hak tinggi terhadap perubahan sudut parameter lumbosakropelvis	58
5.3. Korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvis pada saat berdiri statis menggunakan sepatu hak tinggi	65
Bab VI : Kesimpulan dan saran	68
6.1. Kesimpulan	68
6.2. Saran	68
Daftar pustaka	69
Lampiran	73
Draft artikel	94
Riwayat hidup	107

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	52
Karakteristik umur, berat badan, tinggi badan dan indeks massa tubuh (IMT) antara grup NHT dan grup HT	
Tabel 2.	53
Parameter radiografi lumbosakropelvis grup NHT yang berdiri statis pada kondisi tanpa alas kaki (<i>barefoot</i>) dan dengan menggunakan sepatu hak tinggi / <i>high heel</i> (HH)	
Tabel 3	54
Parameter radiografi lumbosakropelvis grup HT yang berdiri statis pada kondisi tanpa alas kaki (<i>barefoot</i>) dan dengan menggunakan sepatu hak tinggi / <i>high heel</i> (HH)	
Tabel 4	55
Hasil uji korelasi antar sudut parameter sudut lumbosakropelvic grup NHT pada kondisi menggunakan sepatu hak tinggi / <i>high heels</i> (HH)	
Tabel 5	56
Hasil uji korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvic grup HT pada kondisi menggunakan sepatu hak tinggi / <i>high heels</i> (HH)	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Anatomi <i>vertebrae lumbales</i>	10
A. Perbedaan bentuk sendi <i>zygapophysial</i>	
B. Persendian intervertebralis yang mengandung <i>nucleus pulposus</i>	
Gambar 2. Persedian pada gelang panggul (pandangan anterior)	12
Gambar 3.	14
Gerakan <i>Vertebrae sacrales</i> yang difasilitasi sendi <i>sacroiliaca</i>	
Gambar 4.	15
Pergerakan tulang pelvis secara menyeluruh pada sendi <i>sacroiliaca</i>	
Gambar 5. <i>Symphysis pubis</i> pandangan depan	16
Gambar 6. Gerakan pelvis pada bidang sagital	17
Gambar 7. Daya berpasangan (<i>force couple</i>) pada pandangan lateral	18
A. Daya berpasangan menyebabkan pelvis akan miring ke anterior	
B. Daya berpasangan menyebabkan pelvis akan miring ke posterior	
Gambar 8.	19
Daya berpasangan (<i>force couple</i>) pada pandangan anterior	
Gambar 9. Ilustrasi kurvatura <i>columna vertebralis</i>	21
A. Kurvatura alamiah <i>columna vertebralis</i>	
B. Pengukuran kurvatura kifosis <i>vertebrae thoracales</i>	
Gambar 10. Ilustrasi kesejajaran vertikal tubuh	26
A. Kesejajaran yang ideal dari segmen-segmen beban berat	
B. Kesejajaran <i>zigzag</i> dari segmen-segmen berat beban tubuh	
Gambar 11. Ilustrasi perubahan kesejajaran postur	30
Gambar 12. Ilustrasi parameter pelvis dan korelasinya	40
Gambar 13. Ilustrasi ketinggian hak sepatu sebenarnya	47

DAFTAR SINGKATAN

1. HH adalah *high heels*
2. HT adalah hak tinggi
3. IMT adalah indeks massa tubuh
4. LL adalah sudut lordosis lumbal
5. LL HH adalah sudut lordosis lumbal pada kondisi menggunakan hak tinggi
6. LSTV adalah *lumbosacral transitional vertebrae*
7. NHT adalah non-hak tinggi
8. PAL adalah *physical activity level*
9. PI adalah *pelvic incidence*
10. P-Line (L) adalah *plumbline left side of the body*
11. P-Line (R) adalah *plumbline right side of the body*
12. PT adalah *pelvic tilt*
13. PT HH adalah *pelvic tilt* pada kondisi menggunakan hak tinggi
14. PI HH adalah *pelvic incidence* pada kondisi menggunakan hak tinggi
15. SS adalah *sacral slope*
16. SS HH adalah *sacral slope* pada kondisi menggunakan hak tinggi
17. TAPS adalah *trunk appearance perception scale*

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat lolos kaji etik	72
Lampiran 2. Surat lolos kaji etik RSCM	73
Lampiran 3. Formulir informasi untuk subjek penelitian	74
Lampiran 4. Kuesioner penelitian	78
Lampiran 5. Formulir pemeriksaan fisik	80
Lampiran 6. Formulir anamnesis tingkat aktifitas fisik	82
Lampiran 7. Formulir <i>informed consent</i> dari bagian kaji etik FK UI	83
Lampiran 8. Tabel penelitian	84
Lampiran 9. Data hasil uji statistik penelitian	86
Lampiran 10. Foto pemeriksaan postur dengan <i>plumbline</i> dan TAPS	91
Lampiran 11. Foto radiografi konvensional dan parameter lumbosakropelvis	92

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latarbelakang

Sepatu hak tinggi digunakan oleh wanita untuk memberikan nilai tambah bagi penampilan dirinya, seperti menambah tinggi badan dan memperindah bentuk kaki sehingga memberikan kesan yang lebih elegan. Pada saat ini, sepatu hak tinggi tidak hanya digunakan oleh para model, namun juga sering digunakan oleh wanita karier. Menurut survei yang dilakukan oleh *American Podiatric Medical Association*, terdapat 72% wanita yang menggunakan sepatu hak tinggi dengan 40% di antaranya menggunakan sepatu hak tinggi setiap harinya.¹

Selain manfaat positif dalam menggunakan sepatu hak tinggi, terdapat pula efek negatif yang muncul bagi para pengguna sepatu hak tinggi, seperti gangguan pada sistem muskuloskeletal tungkai bawah. Penelitian yang dilakukan oleh Park dan Lee² menemukan bahwa penggunaan sepatu hak tinggi dapat meningkatkan daya dan torsi pada sendi pergelangan kaki dan sendi jari-jari kaki, serta meningkatkan aktifitas otot-otot kaki yang melekat pada jari-jari kaki dan kaki bagian depan. Kumar.et.al³ yang juga menemukan 44 peserta dengan keluhan pada tumit dan 56 peserta dengan keluhan “*back pain*” dari 100 wanita pengguna hak tinggi. Barnish dan Barnish⁴ menemukan adanya pengaruh sepatu hak tinggi dalam menimbulkan penyakit klinis secara signifikan, yakni 3 dari 4 kasus *halux valgus*, 3 dari 5 kasus risiko nyeri muskuloskeletal dan 7 dari 8 kasus perlukaan *first party injury*. Apabila kondisi ini terjadi secara kronis, kaki akan mengalami beban dan usaha yang berlebihan, serta dapat menimbulkan deformitas kaki.^{2,5} Efek negatif sepatu hak tinggi terhadap tungkai bawah juga temukan oleh para peneliti di Indonesia, baik meliputi keluhan nyeri pada kaki⁶ hingga kepada munculnya varises pada tungkai bawah.⁷

Selain dampak buruk pada tungkai bawah, sepatu hak tinggi juga memberikan efek yang negatif terhadap *columna vertebralis*. Seiring dengan bertambahnya ketinggian tumit, sudut yang dibentuk tubuh terhadap tanah akan semakin mengecil dan menyebabkan tubuh tidak lagi berada pada kesejajaran postur yang ideal. Kondisi ini akan menciptakan sejumlah stress dan tegangan,

terutama pada otot-otot postural tubuh, sehingga terjadi penambahan kurvatura fisiologis *vertebrae lumbales* yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan, seperti: nyeri punggung bawah dan gangguan fungsi gerak lumbal.⁸⁻¹² Penelitian mengenai efek sepatu hak tinggi terhadap *vertebrae lumbales* masih menuai hasil yang kontroversial. Hal ini dinyatakan pada jurnal review yang dilakukan oleh Russell BS¹³ bahwa penelitian biomekanik terhadap sepatu hak tinggi hingga tahun 2010 memberikan hasil yang bervariasi dalam mempengaruhi kurvatura *vertebrae lumbales*. Selain berdampak negatif terhadap kurvatura lumbal, beberapa peneliti justru menyatakan tidak adanya dampak yang signifikan terhadap kurvatura lordosis *vertebrae lumbales* meskipun masih berpotensi untuk menimbulkan *low back pain* (LBP).¹⁴

Russell BS et al menjelaskan, hal kontroversial tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya adalah teknik pengukuran kurvatura lumbal yang masih dipertanyakan validitasnya. Penelitian yang dilakukan sebelumnya menggunakan teknik pengukuran kurvatura *vertebrae lumbales* dari luar permukaan kulit pasien, baik mengukur langsung kurvatura *vertebrae lumbales* menggunakan alat ukur ataupun mengukur berdasarkan dari hasil fotografi visual. Teknik pengukuran tersebut melibatkan jaringan kulit dan jaringan bawah kulit yang ikut berperan dalam membentuk kurvatura *vertebrae lumbales* seseorang, sehingga hasil pengukuran kurvatura *vertebrae lumbales* belum tepat mencerminkan nilai kurvatura *vertebrae lumbales* sebenarnya.¹³ Selain itu, *vertebrae sacrales* yang mengadakan persendian dengan *vertebrae lumbales*, dapat mempengaruhi kelengkungan kurvatura lordosis *vertebrae lumbales* secara global, sehingga menutupi bentuk lordosis lumbal yang sebenarnya akibat masih efektifnya mekanisme kompensasi oleh otot-otot postural tubuh, terutama otot-otot yang melekat pada area pelvis dalam menjaga keseimbangan postur tubuh secara keseluruhan meskipun pada saat menggunakan sepatu hak tinggi.^{10,11}

Berdasarkan permasalahan di atas, peneliti ingin melakukan penelitian tentang efek penggunaan sepatu hak tinggi dalam mempengaruhi kurvatura lordosis *vertebrae lumbales*, dengan menggunakan teknik pengukuran langsung terhadap *vertebrae lumbales*, yakni melalui radiografi konvensional *lumbosacral* posisi lateral. Peneliti juga ingin melihat adanya peranan posisi pelvis dalam

mempengaruhi kurvatura lordosis *vertebrae lumbales*, dengan cara mengukur sudut *sacral slope*, sudut *pelvic tilt* dan sudut *pelvic incidence* sebagai parameter pendukung tambahan. Radiografi konvensional lumbosacral telah banyak dimanfaatkan oleh para peneliti dan klinisi karena dapat menilai perubahan yang terjadi pada kurvatura *vertebrae lumbales* secara global.¹⁵

Melalui penelitian ini, peneliti dapat menyumbangkan pembaharuan informasi mengenai dampak sepatu hak tinggi dalam mempengaruhi sudut parameter lumbosakropelvis, sehingga diharapkan dapat memberikan manfaat bagi penelitian selanjutnya, klinisi dan juga wanita yang menggunakan sepatu hak tinggi dalam kehidupan sehari-harinya.

1.2. Rumusan masalah

Masalah yang ingin diteliti dalam penelitian ini adalah :

1. Belum diketahui dengan jelas pengaruh penggunaan sepatu hak tinggi terhadap perubahan kurvatura *vertebrae lumbales* dan parameter sakropelvis saat berdiri statis.
2. Masih sedikitnya informasi yang menjelaskan pengaruh penggunaan sepatu hak tinggi dalam mengubah biomekanik lumbosakropelvis saat berdiri statis.

1.3. Pertanyaan penelitian

1. Apakah sepatu hak tinggi dapat mengubah sudut parameter lumbosakropelvis pada grup yang belum terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi
2. Apakah sepatu hak tinggi dapat mengubah sudut parameter lumbosakropelvis pada grup yang terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi
3. Apakah ada korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvis pada saat grup yang belum terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi berdiri statis menggunakan sepatu hak tinggi.
4. Apakah ada korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvis pada saat grup yang terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi berdiri statis menggunakan sepatu hak tinggi.

1.4. Tujuan penelitian

1.4.1. Tujuan umum

Mengetahui efek penggunaan sepatu hak tinggi terhadap perubahan biomekanik lumbosakropelvis.

1.4.2. Tujuan Khusus

1. Diketuainya pengaruh penggunaan sepatu hak tinggi terhadap perubahan sudut parameter lumbosakropelvis pada grup yang belum terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi.
2. Diketuainya pengaruh penggunaan sepatu hak tinggi terhadap perubahan sudut parameter lumbosakropelvis pada grup yang terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi.
3. Diketuainya korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvis pada saat grup yang belum terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi berdiri statis menggunakan sepatu hak tinggi.
4. Diketuainya korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvis pada saat grup yang terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi berdiri statis menggunakan sepatu hak tinggi.

1.5. Manfaat penelitian

1. Manfaat dalam bidang penelitian dan pendidikan

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan dan menambah pengetahuan mengenai pengaruh penggunaan sepatu hak tinggi terhadap perubahan sudut parameter lumbosakropelvis, sehingga dapat menjadi dasar pengembangan penelitian selanjutnya.

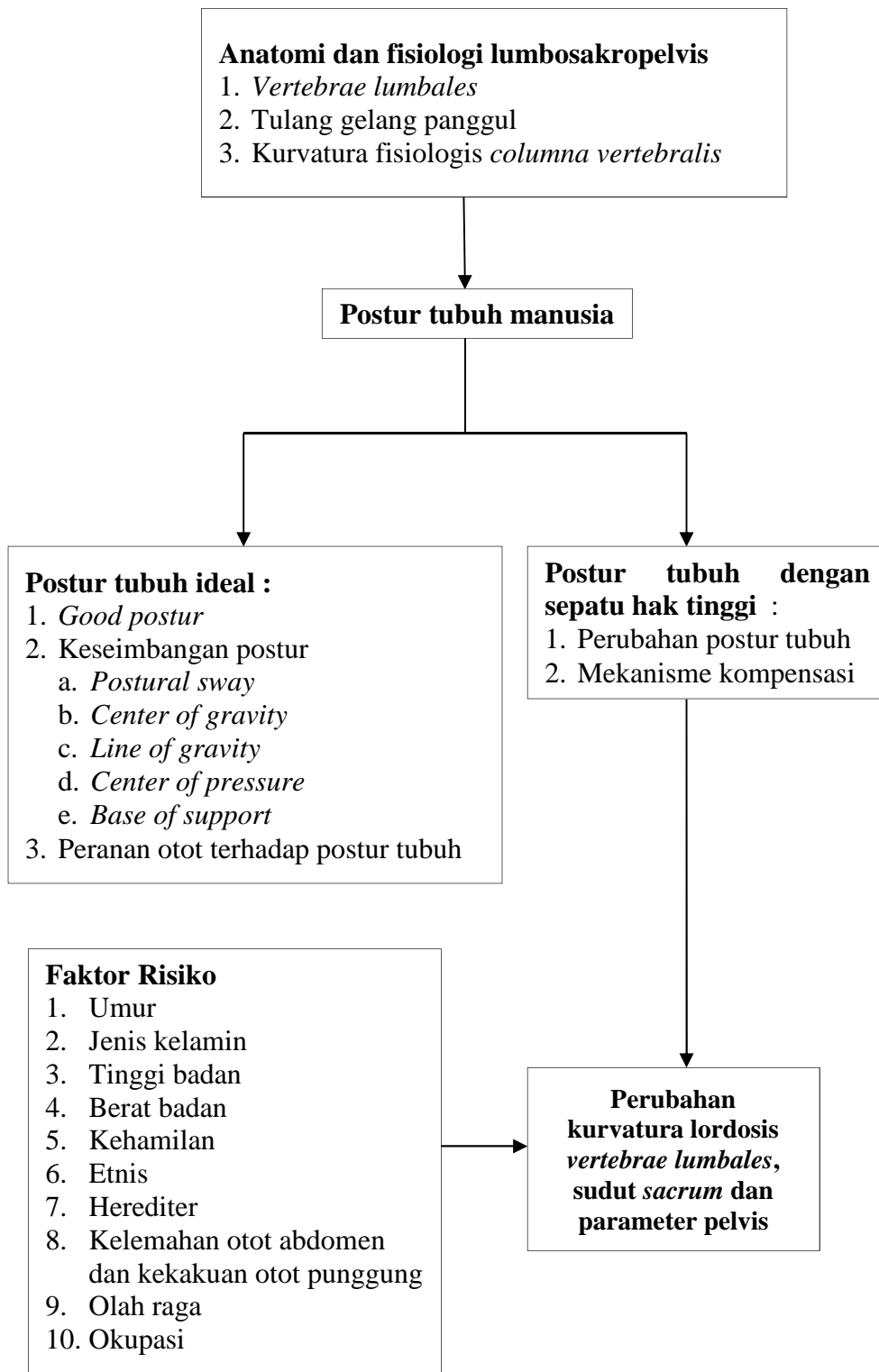
2. Manfaat dalam bidang praktisi kesehatan

Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu praktisi kesehatan dalam memberikan terapi non-medikamentosa mengenai pengaruh sepatu hak tinggi terhadap kesehatan tulang pinggang dan panggul.

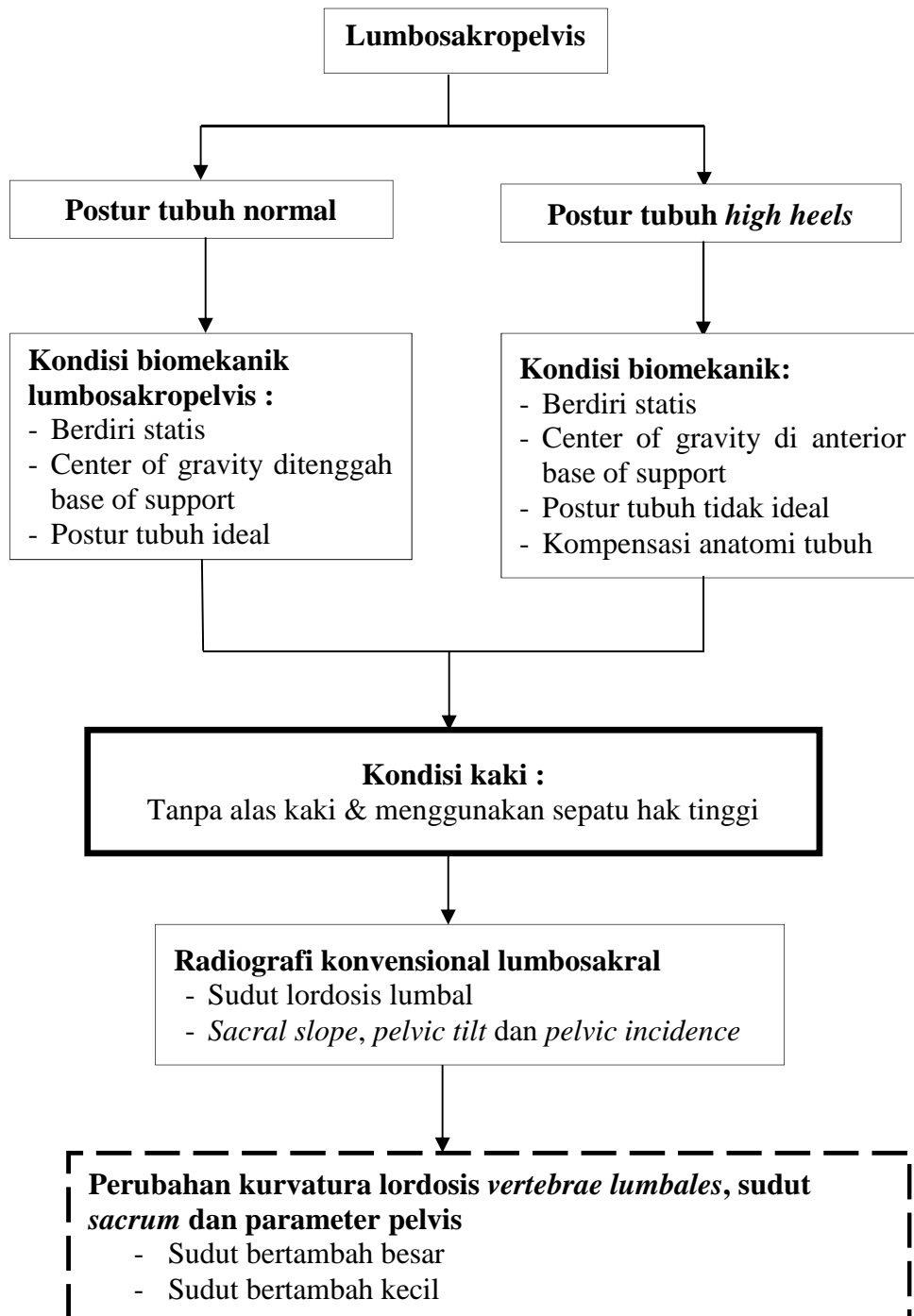
3. Manfaat bagi masyarakat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi umum mengenai pengaruh sepatu hak tinggi terhadap kesehatan tulang pinggang dan panggul.

1.6. Kerangka teori



1.7. Kerangka konsep



Keterangan :

- Variabel bebas
- - - - - Variabel tergantung

1.8. Hipotesis

1. Terdapat perubahan sudut pada parameter lumbosakropelvis pada grup yang belum terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi.
2. Terdapat perubahan sudut pada parameter lumbosakropelvis pada grup yang terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi.
3. Adanya korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvis pada saat grup yang belum terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi berdiri statis menggunakan sepatu hak tinggi.
4. Adanya korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvis pada saat grup yang terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi berdiri statis menggunakan sepatu hak tinggi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2. 1. Anatomi dan fisiologi lumbosakropelvis

2.1.1. Vertebrae lumbales

Vertebrae lumbales merupakan bagian dari *columna vertebralis* yang berada pada bagian pinggang dan terdiri atas 5 buah tulang *lumbal*. *Vertebrae lumbales*, memiliki *corpus* yang berfungsi sebagai penahan beban tubuh. Lapisan terluar dari *corpus* terdiri atas tulang kortikal yang dapat menahan tekanan tinggi dari gerakan membungkuk ataupun gerakan torsi. Bagian dalam dari *corpus* terdiri dari tulang kalosa yang bersifat elastis, sehingga *vertebrae lumbales* dapat mempertahankan bentuk kelengkungannya meskipun melakukan gerakan yang dapat menghasilkan daya tekanan yang besar. Keadaan inilah yang membuat *vertebrae lumbales* dapat melakukan gerakan yang fleksibel, baik rotasi ataupun fleksi, namun dapat tetap kuat menahan beban tubuh.¹⁶ Kelima *vertebrae lumbales* dapat dibedakan dengan vertebral lainnya karena memiliki ukuran yang paling besar di antara mereka. Selain itu, *vertebrae lumbales* tidak memiliki *facies costalis* dan biasanya *processus transversus*nya tipis serta panjang, kecuali pada segmen *vertebrae lumbales* ke-5, yang berukuran besar dan sedikit berbentuk kerucut. *Corpus vertebrae lumbalis* berbentuk silindris dengan *foramen vertebrale* berbentuk segitiga dan lebih besar dibandingkan *vertebrae thoracales*.¹⁷

2.1.1.1. Persendian *vertebrae lumbales*

Vertebrae lumbales memiliki 2 jenis persendian interspinal, yakni artikulasi badan vertebral, yang berada di antara *vertebrae lumbales* dan artikulasi lengkung vertebral, yang berada pada lengkung *vertebrae lumbales*.¹⁸ (gambar 1)

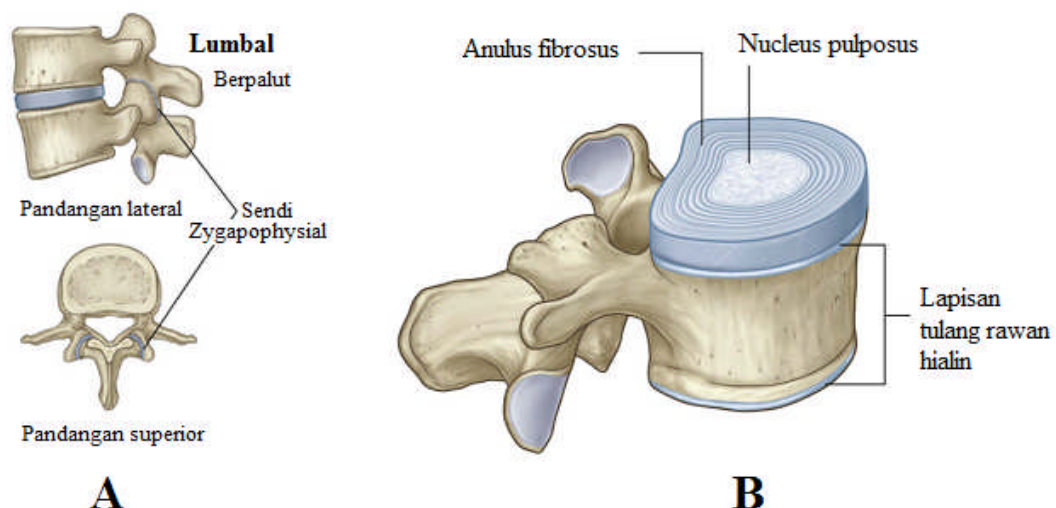
a. Artikulasi Badan Vertebral

Artikulasi badan vertebral merupakan persendian sinkondrosis atau kartilagenosa yakni *corpus vertebrae lumbales* disatukan oleh jaringan fibrokartilago yang disebut *discus intervertebralis*. *Discus intervertebralis* saling menghubungkan kedua permukaan *corpus vertebrae lumbales* yang saling berdekatan. Antara *discus intervertebralis* dan *corpus vertebrae lumbales vertebrae lumbales* dilekatkan oleh kartilago hialin. *Discus intervertebralis*

mempunyai 2 struktur utama, yakni *Annulus fibrosus* pada batas pinggiran lingkarnya dan *nucleus pulposus* dibagian pusatnya. *Nucleus pulposus* berbentuk bulat seperti bola elastis yang berperan sebagai titik pusat gerakan *vertebrae lumbales* yang dapat menahan beban kompresi dan torsi dari berbagai arah. Hal inilah yang membuat *discus intervertebralis* juga berperan dalam “*shock absorber*” (peredam kejutan) yang dapat menolak daya kompresi. *Discus intervertebralis* terdiri dari 80-90 % air, namun dengan bertambahnya umur, cairan ini mulai diabsorpsi sehingga bentuk *discus intervertebralis* jadi mengecil dan rapuh. Kondisi ini dapat diketahui dengan terjadinya pengurangan tinggi badan pada orang yang lanjut usia.¹⁸

b. Artikulasi Lengkung Vertebral

Artikulasi lengkung vertebral merupakan jenis persendian “*diarthrodial nonaxial*” yakni tersusun atas ruang artikulasi yang dibungkus oleh kapsul, sehingga hanya memiliki sedikit kemampuan gerak sendi, namun akibat gerakan ini merupakan akumulasi dari gerakan-gerakan kecil yang terjadi pada setiap *corpus vertebrae*, maka *vertebrae lumbales* dapat melakukan gerakan yang luas.¹⁸ Pada artikulasi lengkung vertebral terdapat sendi sinovialis antara *processus articulares superiores* dan *inferiores* pada *corpus vertebrae lumbales* yang saling berdekatan serta disebut sebagai sendi *zygapophysialis*.¹⁷



Gambar 1. Anatom *vertebrae lumbales*¹⁷
 (A) Perbedaan bentuk sendi *zygapophysial*
 (B) Persendian intervertebralis yang mengandung *nucleus pulposus*

2.1.1.2. Gerakan vertebrae lumbales

Gerakan pada *regio vertebrae lumbales* merupakan gerak akumulasi ke lima *corpus vertebrae lumbales* yang ditentukan oleh “*facet*”, yakni aspek permukaan sendi pada artikulasi lengkung vertebral. Lokasi *facet* pada *regio lumbal*, kecuali pada artikulasi *lumbosacral*, berada pada bidang sagital. Pada artikulasi *facet* bagian atas lebih mengarah ke dalam, namun sedikit ke belakang dan artikulasi *facet* bagian bawah lebih mengarah ke luar namun sedikit ke depan. Kondisi ini menyebabkan gerakan utama *vertebra lumbales* adalah fleksi dan ekstensi, namun gerakan rotasi menjadi terbatas.¹⁸

2.1.1.3. Peranan otot *columna vertebralis*

Gerakan pada vertebra lumbales merupakan hasil kerja dari otot-otot yang melekat pada *columna vertebralis*. Otot-otot tersebut disebut sebagai otot punggung (*muskuli dorsi*) yang terorganisasi ke dalam kelompok superfisialis, intermedius dan profundus. Kelompok superfisialis terdiri dari muskuli yang terlibat dalam gerakan-gerakan ekstremitas superior dan kelompok intermedius terdiri dari muskuli yang melekat pada *costae* serta berperan dalam fungsi pernafasan. Kelompok intermedius terletak langsung di profundus dari kelompok superfisialis dan serat-seratnya berjalan oblik dari *columna vertebralis* ke arah luar untuk melekat pada *costae*. Posisi ini mendukung fungsi pernafasan, sehingga muskuli tersebut dapat juga disebut sebagai kelompok muskuli pernafasan. Kelompok profundus terdiri dari muskuli yang terlibat dalam gerakan *columna vertebralis* yang dapat berkontraksi secara unilateral dan bilateral, sehingga dapat memberikan gerakan kombinasi pada *columna vertebralis*, seperti fleksi, ekstensi, lateral fleksi dan rotasi.¹⁷

2.1.2. Tulang gelang panggul

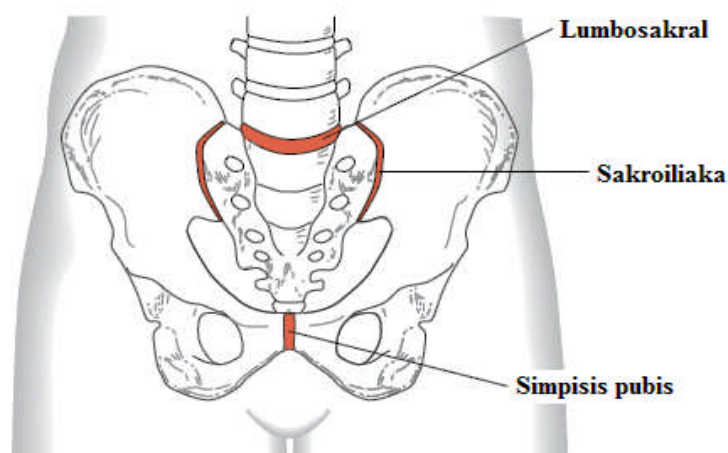
Daerah pinggang dibentuk oleh tulang gelang panggul dan bagian proksimal dari tulang femur, serta memiliki sistem persendian dan sistem otot yang penting dalam mendukung gerakan-gerakan di daerah pinggang seseorang.

Gelang panggul disusun oleh empat buah tulang, yakni: *vertebrae sacrales*, tulang *coccyx* dan dua buah tulang panggul. Setiap tulang panggul terdiri dari tulang *ilium*, *ischium* dan *pubis*. Gelang panggul, yang juga disebut sebagai

pelvis¹⁹, adalah komponen batang tubuh bagian inferoerior dari abdomen serta merupakan area transisi antara batang tubuh dengan tungkai bawah.²⁰ Gelang panggul membentuk beberapa fungsi penting bagi gerak dan postur tubuh seseorang, sehingga berat beban tubuh seseorang dapat ditopang oleh *columna vertebralis* dan menghantarkan daya tersebut ke tulang-tulang panggul. Sebaliknya, pelvis juga akan menerima daya yang diciptakan dari permukaan bumi saat kaki melakukan kontak dengan permukaan bumi serta mentransmisikan daya tersebut ke atas menuju *columna vertebralis*.¹⁹ Hal ini menyebabkan gelang panggul menjadi sebuah unit penting dengan fungsi, antara lain: menopang berat beban tubuh bagian atas baik saat duduk ataupun berdiri, menghantarkan berat beban dari *axial* menuju struktur rangka tulang bagian bawah baik pada saat berdiri ataupun berjalan dan menyediakan perlekatan otot-otot gerak dan pembentuk postur.²⁰ Melalui peranan ini, menyebabkan gelang panggul dapat bergerak dengan halus di ketiga bidang tubuh pada saat berjalan. Gelang panggul juga memiliki peran penting lainnya, yakni: untuk mendukung dan melindungi organ dalam pelvis, menyediakan tempat untuk melekatnya otot-otot dan menyediakan jalur lahir pada pelvis wanita.¹⁹

2.1.2.1. Persendian gelang panggul

Persendi atau artikulasi dari gelang panggul adalah sendi *sacroiliaca* kanan dan kiri yang berada di postero-lateral gelang panggul, sendi *simpisis pubis* dibagian anterior gelang panggul dan sendi *lumbosacral* dibagian superior dari gelang panggul.¹⁹ (gambar 2)



Gambar 2. Persedian pada gelang panggul. (pandangan anterior)¹⁹

a. Sendi *sacroiliaca*

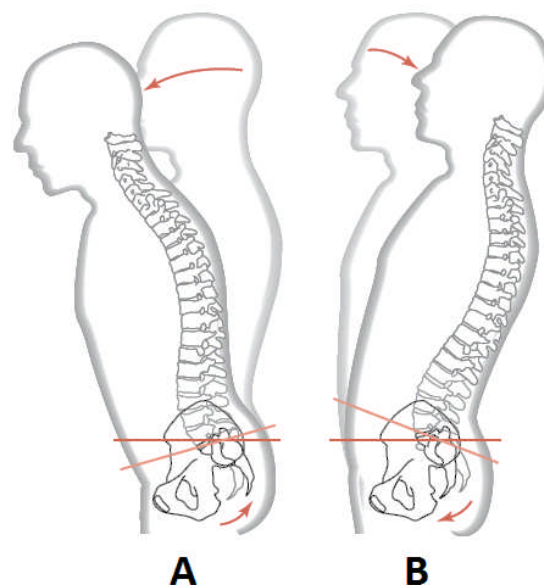
Sendi *sacroiliaca* merupakan persendian sinovial non aksial antara *vertebrae sacrales* dan ileum yang bertipe sendi pelana, namun permukaan sendinya sangat irregular, sehingga membantu untuk mengunci antara kedua permukaan sendi *sacroiliaca*.¹⁹

Sendi *sacroiliaca* didisain untuk menghasilkan keseimbangan dengan gerakan yang hanya sedikit dan berfungsi untuk menampung transmisi berat beban dari tubuh bagian atas menuju kolumna *columna vertebralis*, dari area *lumbal*, serta dari permukaan tanah. Sendi sakroilaka juga sangat berperan sebagai peredam kejutan (*shock absorber*) untuk daya tanah (*ground force*) yang tercipta pada saat berjalan.²¹ Seperti tipe sendi-sendi sinovial lainnya, permukaan artikulasinya dibentuk oleh kartilago hialin sedangkan bagian non artikularnya dibentuk oleh membran sinovial. Sendi *sacroiliaca* juga memiliki kapsul yang diperkuat oleh ligament.¹⁹

Sendi *sacroiliaca* dibentuk oleh dua buah jenis tulang, yakni *vertebrae sacrales* dan tulang *ilium*, yang merupakan bagian paling superior dari tulang panggul. *Vertebrae sacrales* berbentuk baji dan tersusun atas lima bagian *vertebrae sacrales* yang saling menyatu serta berlokasi di antara kedua tulang panggul sehingga membentuk batas posterior dari gelang panggul (*pelvis*). Permukaan anterior dari gelang panggul berbentuk cekung dan disebut sebagai permukaan dari pelvis. Akibat posisinya yang miring, maka *vertebrae sacrales* yang berartikulasi dengan *vertebrae lumbales* ke lima, membentuk sudut yang disebut sebagai sudut *lumbosacral*.¹⁹

Jenis dan banyaknya kemampuan gerak dari sendi *sacroiliaca* masih menimbulkan kontroversi.¹⁹ Pada wanita, karena ligamentum yang membungkus sendi *sacroiliaca* lebih lemah daripada pria, terutama pada masa kehamilan dan menstruasi, maka sendi *sacroiliaca* wanita lebih fleksibel dari pada pria. Lain halnya dengan pria, karena lokasi dari *center of gravity* pada tubuh pria berada lebih ke anterior dari pada wanita menyebabkan berat beban tubuh akan jatuh lebih besar ke sendi *sacroiliaca* pria daripada wanita, akibatnya sendi *sacroiliaca* pria menjadi lebih terkunci dan lebih ketat, namun lebih stabil dari pada wanita.²¹

Secara umum diketahui sendi *sacroiliaca* memfasilitasi gerakan dari *vertebrae sacrales* dan tulang pelvis secara menyeluruh dengan luas gerakannya yang sangat minimal. Gerakan *vertebrae sacrales*, yakni: fleksi *sacrum* (*nutation*) dan gerakan ekstensi *sacrum* (*counternutation*). Gerakan fleksi *sacrum* (*nutation*) ditandai dengan Bergeraknya bagian atas *sacrum*, yakni: basis *sacrum*, ke anterior-inferior dan tulang *coccyx* bergerak ke posterior, (gambar 3A) sedangkan Gerakan ekstensi *sacrum* (*counternutation*) ditandai dengan Bergeraknya basis *sacrum* ke posterior-superior dan tulang *coccyx* bergerak ke anterior. (gambar 3B) Selain melalui sendi *sacroiliaca*, adanya hubungan antara *vertebrae sacrales* dengan *vertebrae lumbales* ke lima melalui sendi *lumbosacral* menyebabkan pergerakan batang tubuh dan paha ikut mempengaruhi gerakan *vertebrae sacrales*. Gerakan fleksi *sacrum* (*nutation*) akan terjadi apabila terjadi gerakan fleksi batang tubuh atau ekstensi panggul, sedangkan gerakan ekstensi *sacrum* (*counternutation*) akan terjadi apabila terjadi gerakan ekstensi batang tubuh atau fleksi panggul.^{19,21}



Gambar 3.

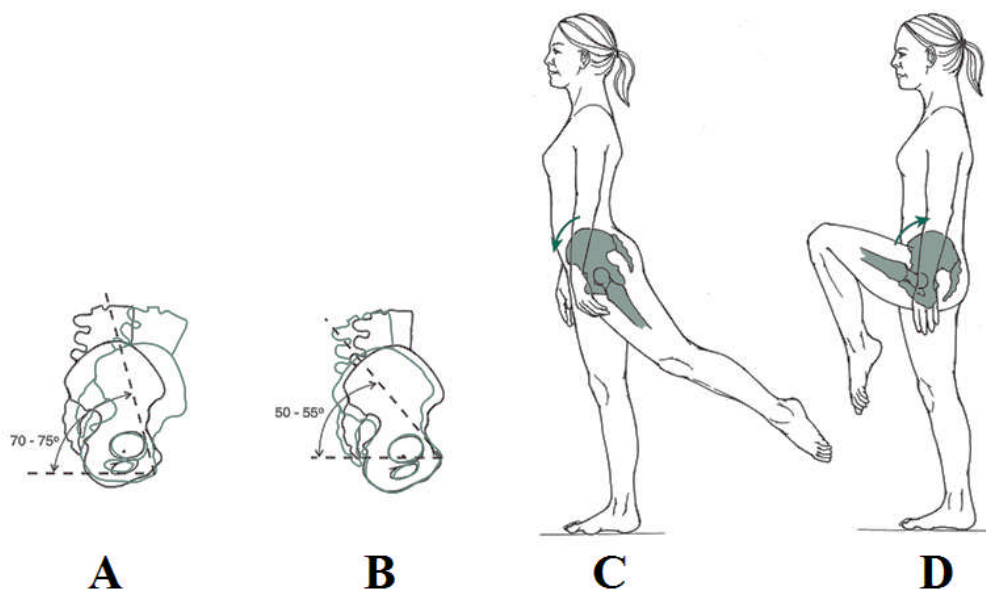
Gerakan *vertebrae sacrales* yang difasilitasi sendi *sacroiliaca*¹⁹

- (A) *Nutasi* atau disebut juga fleksi *sacrum*, terjadi saat *promontorium sacrum* bergerak ke anterior-inferior, namun ujung dari tulang *coccyx* bergerak ke posterior
- (B) *Counternutation* disebut juga ekstensi *sacrum*, terjadi saat *promontorium sacrum* bergerak ke posterior-superior, namun ujung dari tulang *coccyx* bergerak ke anterior

Sendi *sacroiliaca* juga memfasilitasi dua jenis gerakan pada tulang pelvis secara keseluruhan yakni melalui mekanisme gerak rantai tertutup dan rantai terbuka. Pergerakan tulang pelvis secara menyeluruh ini dipengaruhi oleh otot-

otot pendukung postur yang berkerja secara bersama-sama serta melalui pergerakan dari batang tubuh dan paha untuk memfasilitasi penempatan dari sendi panggul dan *vertebrae lumbales*. Pada mekanisme gerak rantai tertutup, tulang pelvis bergerak pada femur yang menetap (*fixed*) sehingga miringnya tulang pelvis ke anterior (*anteversi*) terjadi saat terjadi fleksi batang tubuh dan fleksi panggul, (gambar 4A) sedangkan miringnya tulang pelvis ke posterior (*retroversi*) terjadi saat ekstensi batang tubuh atau mendatarnya segmen pinggang bawah yang disertai oleh ekstensi panggul.²¹ (gambar 4B)

Pada mekanisme gerak rantai terbuka, seperti saat tungkai sedang bergantung (*hanging*), maka tulang femur yang akan bergerak pada tulang pelvis sehingga miringnya tulang pelvis ke anterior (*anteversi*) disebabkan karena terjadinya ekstensi paha (gambar 4C) dan miringnya tulang pelvis ke posterior (*retroversi*) disebabkan karena terjadinya fleksi paha. (gambar 4D) Selain itu, miringnya tulang pelvis ke anterior (*anteversi*) dapat disebabkan karena menonjolnya abdomen dan akibat bentuk postur pinggang belakang yang cenderung bersandar kebelakang (*swayback*).^{19,21}



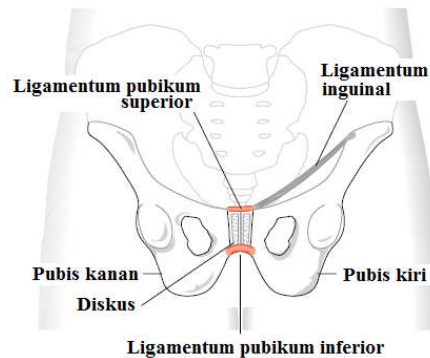
Gambar 4

Pergerakan tulang pelvis secara menyeluruh pada sendi *sacroiliaca*²¹

- (A) Pada saat berdiri tegak, maka miringnya tulang pelvis ke anterior (*anteversi*) disertai dengan gerak fleksi batang tubuh atau fleksi paha
- (B) Pada saat berdiri tegak, maka miringnya tulang pelvis ke posterior (*retroversi*) disertai dengan gerak ekstensi batang tubuh atau ekstensi paha.
- (C) Pada saat tungkai bawah menggantung (*hanging*), maka miringnya tulang pelvis ke anterior (*anteversi*) disertai dengan gerak ekstensi panggul.
- (D) Pada saat tungkai bawah menggantung (*hanging*), maka miringnya tulang pelvis ke posterior (*retroversi*) disertai dengan gerak fleksi panggul.

b. *Symphysis pubis*

Symphysis pubis berlokasi di garis tengah dari tubuh. Antara tulang *pubis* bagian kanan dan kiri akan mengadakan persendian dibagian anteriornya sehingga membentuk sendi *symphysis pubis*. Sendi *symphysis pubis* bertipe sendi *amphiarthrodial* yang mengandung diskus fibrokartilago di antara kedua tulang *pubis* sehingga hanya dapat bergerak sedikit.¹⁹ (gambar 5)



Gambar 5. Simfisis *pubis* pandangan depan¹⁹

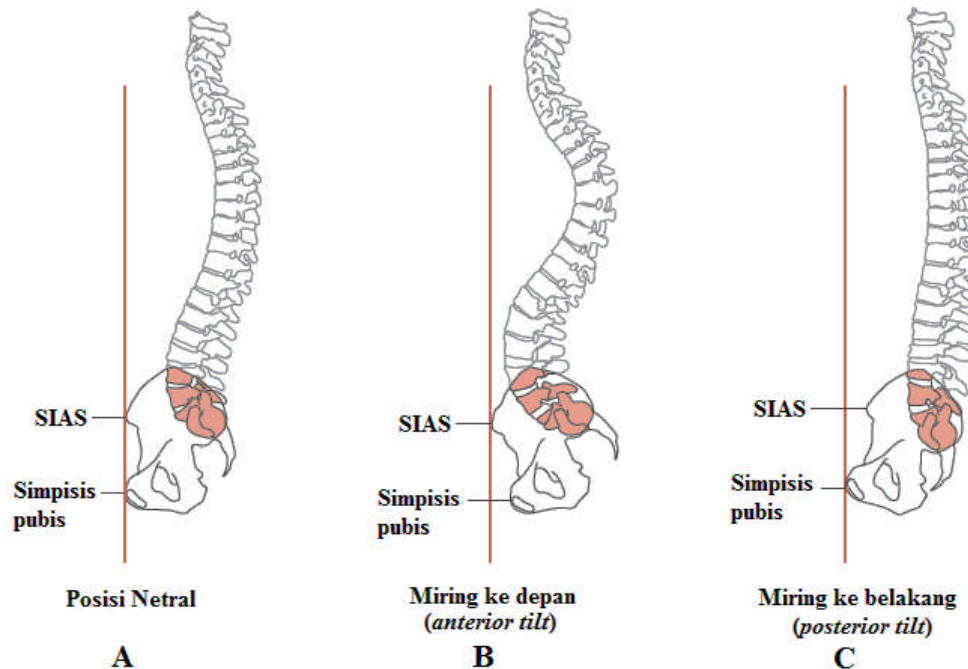
c. Sendi *lumbosacral*

Sendi *lumbosacral* dibentuk oleh *vertebrae lumbales* ke lima dan *vertebrae sacrales* pertama. (gambar 2) Artikulasi kedua tulang vertebra ini sama seperti artikulasi yang dibentuk oleh segmen-segmen tulang vertebra lainnya. Antara *corpus vertebrae lumbales* ke lima dengan *corpus vertebrae sacrales* pertama dipisahkan oleh *discus intervertebralis* dan dipersatukan oleh ligamentum longitudinal anterior dan posterior agar menyatu dengan tubuh. Area *lumbosacral* ini juga memiliki artikulasi pada *processus articularis*, yakni: antara *processus articularis inferior vertebrae lumbales* ke lima dengan *processus articularis superior vertebrae sacrales* pertama.¹⁹

2.1.2.2. Gerakan gelang panggul

Persendian yang berperan dalam pergerakan gelang panggul adalah dua buah sendi panggul dan sendi *lumbal*, terutama pada artikulasi *lumbosacral* antara *vertebrae lumbales* ke lima (L5) dan *vertebrae sacrales* pertama (S1). Pada saat manusia berdiri pada posisi tegak lurus, pelvis akan berada kondisi yang sejajar, yakni pada bidang sagital, maka *spina iliaca anterior superior* (SIAS) dan *symphysis pubis* berada pada bidang vertikal yang sama. (gambar 6A) Bila pelvis

miring ke anterior (*anterior tilt*) maka pelvis akan melakukan putaran ke arah depan. (gambar 6B) Sedangkan bila pelvis miring ke posterior (*posterior tilt*) maka pelvis juga akan melakukan putaran ke arah belakang, sehingga SIAS akan menghadap ke posterior dari *symphysis pubis*.¹⁹ (gambar 6C)



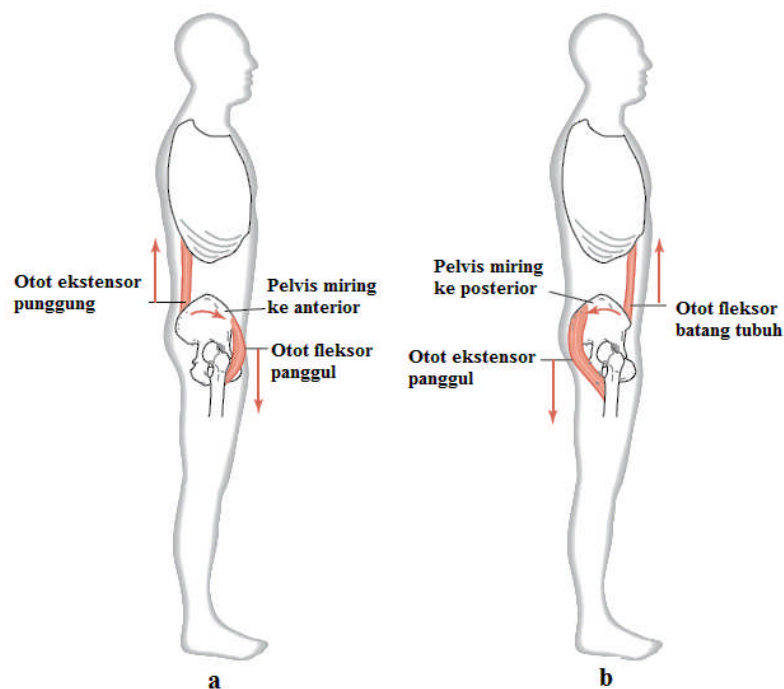
Gambar 6. Gerakan pelvis pada bidang sagital.¹⁹

- (A) Pada posisi netral *spina iliaca anterior superior* (SIAS) dan *simpisis pubis* harus berada pada bidang vertikal yang sama.
 (B) Pelvis akan miring ke anterior (*anterior tilt*) pada saat pelvis miring ke depan, sehingga SIAS akan bergerak menjadi lebih depan dari pada *simpisis pubis*.
 (C) Pelvis akan miring ke posterior (*posterior tilt*) pada saat pelvis miring ke belakang sehingga SIAS akan bergerak menjadi lebih di belakang dari *simpisis pubis*.

Mempertahankan tubuh agar tetap tegak lurus pada saat pelvis berputar ke arah depan memerlukan peran persendian di atas dan di bawah pelvis agar pelvis dapat bergerak pada posisi yang berlawanan. Oleh karena itulah, saat pelvis miring ke anterior maka bagian *lumbal* dari *columna vertebralis* akan terjadi hiperekstensi serta sendi panggul akan melakukan fleksi. Apabila seseorang yang mengalami kontraktur fleksi sendi panggul berdiri dengan posisi tegak lurus, maka pelvis akan miring ke anterior dan bagian *lumbal* akan mengalami hiperekstensi, sebaliknya apabila seseorang mengalami kekakuan pada otot hamstring maka saat berdiri dengan tegak lurus, pelvis akan mengalami miring ke posterior dan kurvatura *lumbal* justru akan mendatar.¹⁹

2.1.2.3. Peranan otot gelang panggul

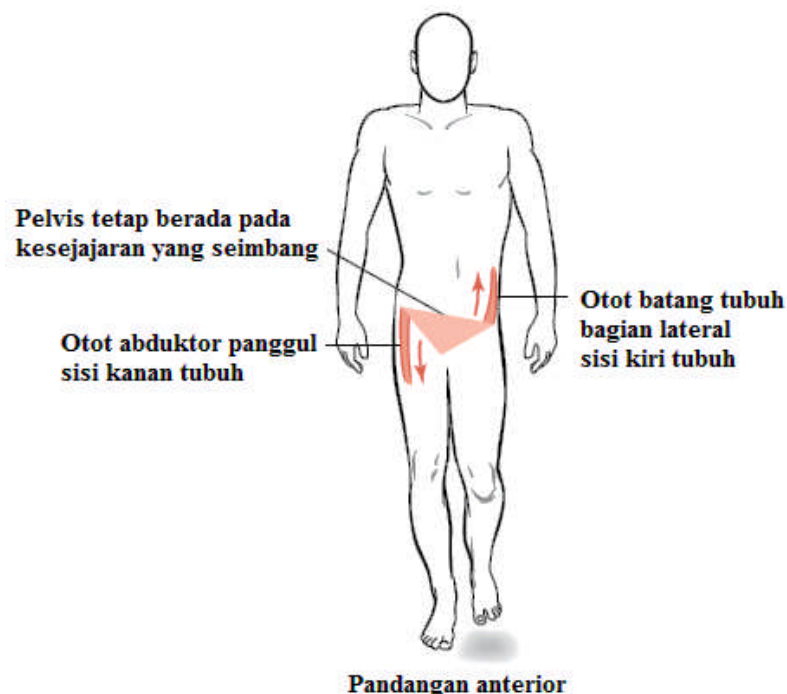
Pelvis digerakkan dan dikendalikan oleh kelompok otot-otot yang berkerja dengan cara daya berpasangan (*force couples*). Saat pelvis miring ke arah anterior atau posterior, kelompok otot-otot yang saling berlawanan menyediakan gerakan dan mengendalikan pelvis. (gambar 7) Sebagai contoh: agar pelvis dapat miring ke arah anterior, maka otot-otot ekstensor batang *lumbal*, terutama otot erektor spina akan menarik ke atas ke arah posterior, sedangkan otot fleksor panggul akan menarik ke bawah ke arah anterior. (gambar 7A) Sebaliknya, untuk memiringkan pelvis ke arah posterior, maka otot-otot abdominal harus menarik ke atas ke arah anterior, sedangkan otot *gluteus maximus* dan hamstring akan menarik ke bawah ke arah posterior. (gambar 7B) Pada kedua gerakan miring pelvis ini, kelompok otot-otot yang terlibat berkerja menggunakan daya berpasangan (*force couple*) sehingga dengan melakukan penarikan pada arah yang berbeda maka akan menyebabkan pelvis menjadi miring.¹⁹



Gambar 7. Daya berpasangan (*force couple*) pada pandangan lateral¹⁹

- (A) Daya berpasangan (*force couple*) menyebabkan pelvis akan miring ke anterior bila dipandang dari sisi lateral. Otot ekstensor punggung akan menarik ke atas (ke arah posterior) dan otot fleksor panggul akan menarik ke bawah (ke arah anterior) menyebabkan pelvis menjadi miring ke arah anterior.
- (B) Daya berpasangan (*force couple*) menyebabkan pelvis akan miring ke posterior bila dipandang dari sisi lateral. Otot fleksor batang tubuh akan menarik ke atas (ke arah anterior) dan otot ekstensor panggul akan menarik ke bawah (ke arah posterior) menyebabkan pelvis menjadi miring ke arah posterior.

Tanpa peran serta otot-otot, daya gravitasi bumi dapat memiringkan pelvis ke arah lateral saat kaki tidak disanggah. Namun, agar dapat mengendalikan atau membatasi semakin miringnya pelvis, maka kelompok otot-otot tubuh pada sisi yang berlawanan juga akan bekerja dengan menggunakan daya berpasangan (*force couple*). Sebagai contoh: dalam rangka pembalikan aksi otot, maka otot batang tubuh pada sisi lateral, terutama otot *erector spinae* dan *quadratus lumborum*, akan menarik ke atas pada sisi kiri pelvis, sedangkan otot abduktor panggul pada sisi kanan tubuh, yakni: otot *gluteus medius* dan *minimus*, akan menarik ke bawah pada sisi lawannya, yakni sisi kanan tubuh, sehingga pelvis dapat dipertahankan tetap sejajar.¹⁹ (gambar 8)



Gambar 8. Daya berpasangan (*force couple*) pada pandangan anterior¹⁹

Daya berpasangan (*force couple*) akan mempertahankan pelvis pada kesejajaran yang seimbang. Rangkaian otot pembalikan ini terjadi saat otot batang tubuh bagian lateral sisi kiri tubuh menarik ke atas, sedangkan otot abductor panggul sisi kanan tubuh akan menarik ke bawah. Kondisi ini akan mempertahankan pelvis pada kesejajaran yang seimbang dan tidak menyebabkan jatuhnya sisi pelvis yang tidak disanggah akibat daya tarik gravitasi bumi.

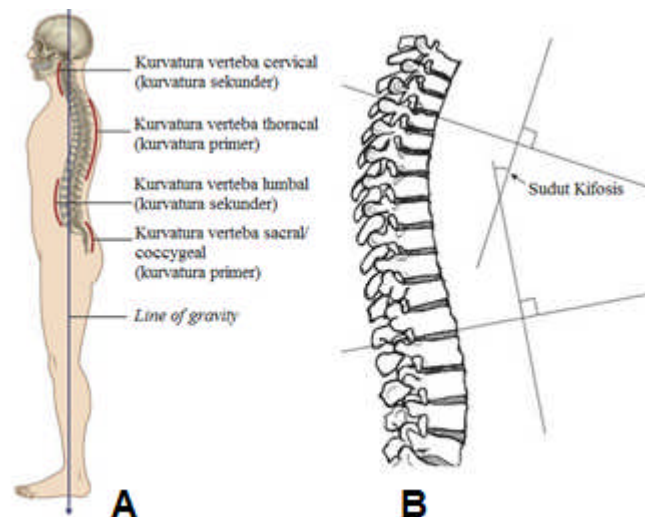
Dengan mencegah gerakan pelvis, semua kelompokan otot-otot yang sama harus berkerja sama untuk mempertahankan keseimbangan. Pengendalian pelvis dan batang tubuh sangat dibutuhkan untuk mempertahankan fondasi yang stabil pada saat kepala dan ekstrimitas melakukan gerakan.¹⁹

2.1.3. Kurvatura fisiologis *columna vertebralis*

Columna vertebralis secara normal bersifat fleksibel dan memiliki kontur sagital berbentuk kifotik dibagian thorakal dan berbentuk lordotik dibagian lumbal.²² Sudut kelengkungan ini dibentuk oleh permukaan plat atas *columna vertebralis thoracal* ke-4 terhadap permukaan plat bawah pada *columna vertebralis thoracal* di bawahnya, (gambar 9A) yang memiliki kecenderungan semakin mendatar pada pertemuan kedua plat permukaan setinggi *thoracolumbal*.²³

Pada saat lahir, seluruh *columna vertebralis* berada dalam posisi fleksi. Posisi fleksi ini tidak mengalami perubahan secara signifikan hingga pada tahapan awal belajar berjalan atau merangkak. Pada saat bayi mulai belajar duduk, *columna vertebralis thoracolumbal*, pelvis dan pinggul akan tetap mengalami fleksi akibat garis axial berat beban tubuh masih jatuh ke anterior terhadap aksis rotasi *columna vertebralis* pada bidang sagital.²⁴ Kelengkungan tulang-tulang *regio thoracal* dan *sacrococcygeal* ini dianggap sebagai kelengkungan primer.¹⁸

Pada saat anak belajar berdiri tegap, terjadi aktivasi otot-otot yang berkerja sebagai anti gravitasi sehingga menghasilkan kontur kelengkungan postural *columna vertebralis* yang akan mulai menetap. Pada saat berdiri tegak, kepala anak akan berada di anterior terhadap aksis rotasi untuk mempertahankan pusat gravitasi tubuh ke posterior, sehingga terbentuk *cervical lordosis*. Bagian pelvis dan pinggul akan tetap berada pada posisi fleksi sehingga perlu dikompensasi oleh otot *erector spinae* agar ekstrimitas bawah dapat sejajar secara vertikal dengan batang tubuh yang sedang mempertahankan beban tubuh pada saat berdiri tegak. Keadaan ini inilah akan membentuk *lumbal lordosis*, namun bagian *columna vertebralis thoracal* tetap berada pada posisi fleksi atau disebut sebagai posisi kifotik.²⁴ Lengkung tulang-tulang *cervical* dan *lumbal* yang akan mengalami perubahan arah lengkungan yang terbalik ini disebut sebagai kelengkungan sekunder. Kelengkungan yang terbentuk ini merupakan respon tubuh terhadap gravitasi dan berlanjut terbentuk hingga masa pubertas.¹⁸ Melalui radiografi konvensional, besarnya sudut pada kurvatura *columna vertebralis* dapat diukur dengan memanfaatkan pertemuan antara kedua garis tegak lurus yang membentang dari tepi atas *endplate* kedua *corpus vertebrae*. (gambar 9B)



Gambar 9. Ilustrasi kurvatura *columna vertebralis*

(A) Kurvatura alamiah vertebral spinal.¹⁷

(B) Pengukuran kurvatura kifosis *vertebrae thoracales*, merupakan sudut pertemuan garis tegak lurus yang membentang dari tepi atas *endplate thoracal* ke-4, sebagai tanda awal dari garis kelengkungan kifosis dan tepi bawah *endplate thoracal* ke-12, sebagai tanda akhir dari garis kelengkungan kifosis.²⁵

2.2. Postur tubuh berdiri yang ideal

Pada saat berdiri, tubuh manusia yang terdiri dari segmen-segmen tubuh akan melakukan aksi gerakan sehingga membentuk variasi postur yang memerlukan dukungan dari jaringan tubuh, seperti: tulang, sendi, ligament, otot ataupun saraf. Namun, tidak semua variasi postur tubuh saat berdiri memberikan efek yang menguntungkan bagi tubuh, bahkan dapat menimbulkan risiko perlukaan pada jaringan pendukung postur yang berakhir dengan munculnya berbagai keluhan pada jaringan pendukung postur ataupun kecacatan. Berdasarkan permasalahan ini, manusia perlu membentuk postur tubuh berdiri yang ideal, yakni dengan mempertahankan *good posture*, keseimbangan postur dan melalui peranan otot pendukung postur.¹⁸

2.2.1. *Good posture*

Good posture merupakan kondisi saat segmen-segmen tubuh, otot-otot dan tulang-tulang berada pada posisi *align* (sejajar dan sesuai dengan posisi anatomis normal) sehingga dapat berkerjasama dengan harmonis, melindungi tubuh dari perlukaan (*injury*) ataupun deformitas progresif.²⁶ Kesejajaran yang baik (*good alignment*) ini dapat mengurangi jumlah stress yang diterima oleh tulang,

ligament, otot dan tendon pada segmen tubuh tertentu, sehingga dapat memperbaiki fungsi dan menurunkan jumlah energi yang diperlukan oleh otot dalam menjaga tubuh tetap ke atas (*upright*).²⁷

Pada saat manusia berdiri, *good posture* akan tercapai pada postur tegak lurus, karena pada postur ini tulang *columna vertebralis* akan mempresentasikan kelengkungan fisiologis yang sejajar dengan tulang-tulang ekstremitas bawah, sehingga batang tubuh dan tungkai bawah menjadi adekuat untuk menahan seluruh beban tubuh. Dengan postur tegak lurus ini, kepala akan ereksi dan akan berada pada posisi keseimbangan yang baik dengan batang tubuh sehingga memberikan stress yang minimal kepada otot-otot leher. Segmen dada dan punggung atas juga akan berada pada posisi yang memberikan fungsi optimal untuk organ pernapasan. Postur berdiri tegak lurus juga akan menempatkan pelvis pada posisi yang alamiah, yakni: kedua *spina iliaca superior anterior* berada pada ketinggian yang sama pada bidang horisontal dan sejajar bidang vertikal dengan *symphysis pubis*, serta *spina iliaca superior anterior* dan *spina iliaca posterior superior* berada pada bidang yang hampir mendekati sama. Posisi pelvis yang alamiah akan memberikan keuntungan mekanis yang seimbang pada grup otot yang saling berlawanan dan melekat pada pelvis, serta memberikan keuntungan bagi *columna vertebralis* secara keseluruhan melalui hubungan persendiannya dengan *vertebrae lumbales*. Bila posisi pelvis menjadi lebih mengarah kedepan, yakni anteversi, maka kurvatura *vertebrae lumbales* akan menjadi lebih lordosis dan bila posisi pelvis menjadi lebih mengarah kebelakang, yakni retroversi, maka kurvatura *vertebrae lumbales* menjadi lebih datar.¹⁰ Berubahnya kurvatura fisiologis *vertebrae lumbales* akan mempengaruhi secara keseluruhan *columna vertebralis*, sehingga *columna vertebralis* tidak lagi berada pada kesejajaran yang ideal.

Good posture yang telah dibentuk oleh tubuh manusia perlu dipertahankan, baik pada kondisi statis dan dinamis melalui:¹⁸

a. Daya otot (*muscle force*) yang minimal

Daya otot minimal diperlukan untuk menghasilkan daya antigravitasi yang adekuat, sehingga dapat menahan gaya tarik gravitasi dengan baik dan kesejajaran

yang baik (*good alignment*) dapat dipertahankan tanpa usaha yang berlebihan ataupun tegangan yang berlebih.

b. Daya fleksibilitas yang cukup pada sendi yang sedang berada pada pengaruh beban tubuh.

Daya fleksibilitas sendi dapat mendukung kesejajaran yang baik, tanpa terjadi intervensi dan ketegangan (*strain*). Fleksibilitas sendi yang buruk dapat disebabkan oleh kekakuan dari ligament atau fascia, pemendekan otot ataupun hipertrofi otot. Daya fleksibilitaas juga tidak boleh terlalu fleksibel karena dapat mempengaruhi kerja otot-otot yang terkait menjadi berlebihan dalam mempertahankan kesejajaran sendi-sendi yang berada dalam pengaruh beban tubuh (*weight-bearing*).

c. Koordinasi yang baik

Koordinasi gerakan tubuh yang baik memerlukan fungsi kontrol neuromuscular yang baik serta pertumbuhan reflex postural yang baik. Koordinasi yang baik meliputi *kinesthetic awareness*, yakni kemampuan untuk mengkoordinasikan gerakan dengan baik, kemampuan kontrol derajat tegangan otot tubuh, serta kemampuan untuk mempertahankan stabilisasi dan keseimbangan tubuh.

2.2.2. Keseimbangan postur

Pada *good postur*, selain memberikan keuntungan bagi jaringan pendukung postur, mengefisienkan penggunaan energi tubuh dan terhindar dari perlukaan, *good postur* juga membantu menciptakan keseimbangan postur sehingga manusia tidak terjatuh, meskipun keseimbangan postur masih dapat dipelihara pada variasi postur tubuh yang tidak ideal. Hal ini disebabkan karena keseimbangan postur dipengaruhi oleh beberapa faktor tambahan, seperti: *postural sway*, *center of gravity*, *line of gravity*, *center of pressure* dan *base of support*.¹⁸

2.2.2.1. Postural sway

Meskipun manusia berdiri statis, tubuh akan cenderung untuk melakukan gerakan mengayun (*sway*), baik ke depan, belakang ataupun ke samping secara konstan dan tanpa disadari. Gerakan mengayun involunter ini disebut sebagai

“*postural sway*”. *Postural sway* terjadi agar tubuh dapat memfasilitasi pompa aliran balik vena dan mempertahankan sirkulasi darah secara adekuat ke organ otak agar dapat mempertahankan kesadaran. Akibat terjadinya *postural sway* secara konstan, tubuh menjadi rentan untuk mengalami gangguan keseimbangan sehingga memerlukan peran serta jaringan pendukung postur yang adekuat agar dapat memelihara keseimbangan tersebut. Besarnya *postural sway* dipengaruhi oleh umur, kelelahan tubuh, perlukaan, *bracing*, obesitas dan keseimbangan lingkungan.¹⁸

2.2.2.2. Center of gravity

Center of gravity adalah titik yang merepresentasikan pusat berat suatu objek. Pada tubuh manusia, *center of gravity* merupakan suatu titik pada tubuh yang menjadi pusat berat dari seluruh tubuh dan yang mempengaruhi keseimbangan dari semua bagian tubuh antara satu dengan lainnya. Pemahaman di atas tidak menyebabkan *center of gravity* akan selalu berada ditengah-tengah bagian tubuh, karena tubuh manusia bukanlah suatu objek yang statis dan selalu homogen seperti sebuah kubus atau bola.¹⁸

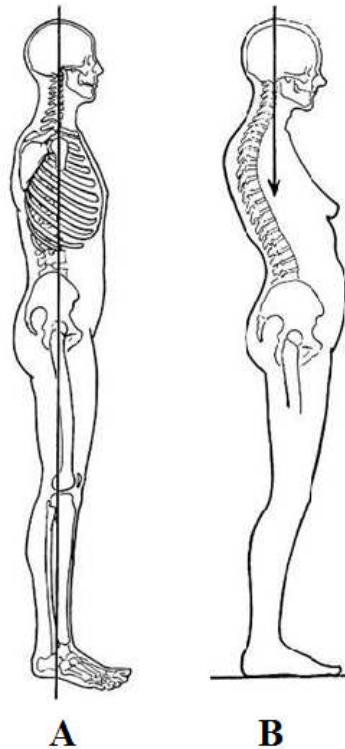
Tubuh manusia terdiri dari struktur yang bersegmentasi dengan distribusi berat massa yang berbeda-beda. Hal inilah yang menyebabkan setiap gerakan yang dilakukan manusia selalu menciptakan variasi postur yang tidak homogen sehingga berat massa tubuh juga akan berpindah mengikuti perubahan variasi postur tubuh tersebut dan tubuh akan cenderung menjadi lebih berat pada segmen tertentu. *Center of gravity* yang merupakan pusat berat dari seluruh tubuh, juga tidak menetap pada satu lokasi tubuh, melainkan selalu berubah-ubah mengikuti struktur anatomi tubuh, umur, jenis kelamin, kebiasaan berpostur dan posisi tubuh serta dipengaruhi oleh adanya penambahan beban eksternal tubuh. Meskipun tubuh manusia tidak mencapai good postur, tubuh masih dapat mempertahankan keseimbangan karena adanya peranan jaringan pendukung postur yang adekuat, seperti yang ditemukan pada penari balet, penari akrobatik, pesenam *gymnastic*, dan aktivitas lainnya yang menuntut kemampuan mempertahankan keseimbangan yang tinggi.¹⁸

Pada saat manusia dengan bentuk anatomi tubuh normal dan berdiri tegap secara statis dengan kedua tangan pada sisi tubuh, *center of gravity* berlokasi pada pelvis di depan dari bagian atas *sacrum*, namun lokasi *center of gravity* pada wanita berada lebih rendah dari pada pria karena pelvis wanita lebih berat, bentuk paha dan kaki wanita yang lebih pendek dari pria.¹⁸

2.2.2.3. Line of gravity dan center of pressure

Line of gravity merupakan garis vertikal yang selalu memotong *center of gravity* dan dapat berpindah mengikuti perubahan *center of gravity*. Pada posisi berdiri statis dengan seimbang, *line of gravity* juga akan ikut memotong *center of pressure*, yakni suatu titik pusat dari tekanan seluruh tubuh yang jatuh dipermukaan tanah melalui permukaan kaki. Dalam hubungannya dengan keseimbangan tubuh manusia, untuk mencapai keseimbangan, *center of gravity* akan berhubungan langsung di atas dari *center of pressure* melalui *line of gravity*. Semakin *center of pressure* menyimpang dari *center of gravity*, maka tubuh tidak lagi berada pada kesejajaran yang ideal dan atau berada pada postur tubuh yang tidak seimbang, namun semakin dekatnya jarak *line of gravity* ke *center of pressure* belum tentu menandakan tubuh berada pada kesejajaran segmental yang ideal. Hal ini dapat dilihat pada tubuh manusia yang mengalami deviasi kesejajaran postur yang berat, sehingga menciptakan penyimpangan sumbu tubuh namun tetap dapat berdiri dengan seimbang, baik pada bagian depan dan belakang tubuhnya, atau bagian samping kanan dengan kirinya. Kondisi disebut sebagai kesejajaran berliku (*zigzag*), atau “*zags*” mengimbangi “*zigs*”, yakni tubuh masih dapat berdiri dengan seimbang meskipun tubuh berada pada kesejajaran berliku (bukan kesejajaran segmental yang ideal) akibat adanya kecacatan bentuk tubuhnya. (gambar 10A-B) Bila segmen-segmen berat beban tubuh tidak sejajar secara vertikal maka daya gravitasi bumi juga tidak akan paralel dengan sumbu tubuh tersebut sehingga akan meningkatkan efek rotasi dari daya gravitasi bumi. Hal ini dapat menyebabkan munculnya kelelahan otot yang sedang mempertahankan postur yang buru tersebut, sehingga tubuh akan mengandalkan peranan jaringan pendukung lain, seperti tulang, ligamentum dan persendian agar tubuh tidak terjatuh. Postur ini disebut juga dengan postur melelahkan (*fatigue*

posture) yang berpotensi untuk menimbulkan peregangan berlebihan serta dapat menetap pada ligamentum dan juga memaparkan tulang rawan persendian terhadap beban yang tidak seimbang dan peningkatan daya gesek (*friction*) yang abnormal sehingga dapat membawa jaringan pendukung tersebut ke proses infamasi yang dapat menimbulkan keluhan fisik.¹⁸



Gambar 10. Ilustrasi kesejajaran vertikal tubuh (28)

- (A) Kesejajaran yang ideal dari segmen-segmen beban berat tubuh (*weight-bearing*) sehingga meminimalisasi efek rotasi dari daya gravitasi bumi
- (B) Kesejajaran *zigzag* dari segmen-segmen berat beban tubuh (*weight-bearing*) sehingga meningkatkan efek rotasi dari daya gravitasi bumi.

2.2.2.4. *Base of support*

Base of support merupakan area disekitar bagian tubuh yang mengadakan kontak dengan permukaan tanah.²⁷ Apabila seseorang berdiri dengan menggunakan kedua kakinya, maka *base of support* individu tersebut adalah seluruh area yang mengelilingi kedua kaki, termasuk jarak di antara kedua kaki individu tersebut, namun bila individu tersebut berdiri menggunakan tongkat sandar, maka *base of support* akan semakin luas, yakni meliputi kedua kaki dan tongkat sandar, serta jarak antara kedua kaki dan antara kaki dengan tongkat sandar tersebut. Semakin besar luas area *base of support* seseorang, maka semakin mudah *center of gravity* jatuh didalam area *base of support*, sehingga individu

tersebut akan semakin seimbang dan semakin mudah mempertahankan keseimbangan tubuhnya, namun bila semakin *center of gravity* jatuh ditepian atau bahkan diluar *base of support*, maka individu tersebut akan mengalami gangguan keseimbangan dan semakin sulit mempertahankan keseimbangan tubuhnya.¹⁸

2.2.3. Peranan otot terhadap postur tubuh

Otot rangka akan menggerakkan struktur manusia agar dapat berpindah tempat dan melewati suatu ruang sehingga memiliki kemampuan jarak tempuh yang dinamis, mampu melakukan suatu gerakan yang menghasilkan tenaga yang kuat untuk mendorong tubuh dan melawan gaya gravitasi bumi. Otot rangka juga mendukung hubungan antara tulang-tulang tubuh satu dengan lainnya, sebagai usahanya dalam melawan gaya gravitasi untuk mempertahankan keutuhan sebuah postur tubuh.¹⁰

Pada tubuh manusia terdapat 2 jenis otot rangka yang mendukung postur dan gerakan tubuh, yakni: otot *phasic* dan otot *tonic*. Otot utama yang bertanggung jawab terhadap gerakan tubuh pada suatu ruangan disebut otot gerakan (*phasic*), sedangkan otot utama yang bertanggung jawab untuk mendukung bentuk postur tubuh disebut otot postur (*tonic*). Kedua otot ini sangat penting dalam membentuk postur tubuh manusia secara keseluruhan.¹⁰

Otot gerakan/*phasic* dibentuk paling dominan oleh serat merah yang mampu berkedut cepat, sehingga mampu melakukan suatu kontraksi dan relaksasi dalam waktu cepat untuk merespon suatu stimulus. Otot gerakan/*phasic* saling berhubungan dengan lengkung refleks tubuh sehingga dapat menggerakkan tubuh secara cepat untuk beradaptasi dengan kejadian yang tidak diantisipasi sebelumnya, seperti yang ditemukan dalam mekanisme refleks alamiah tubuh. Serat-serat merah otot gerakan/*phasic* mendapat asupan darah yang relatif rendah dari tubuh sehingga serat-serat merah ini mudah mengalami kelelahan dan memproduksi sejumlah besar asam laktat yang tidak dapat dibuang otot secara cepat. Hal ini menyebabkan otot gerakan/*phasic* memiliki kekuatan otot yang pendek, lebih cepat lelah dan memerlukan waktu pemulihan otot yang lebih lama.¹⁰

Otot postur/*tonic* mendukung tubuh untuk melawan gaya gravitasi, sehingga otot postur/*tonic* mampu berkontraksi dalam jangka waktu yang lama, melalui bentuk semi-kontraksi. Otot postur/*tonic* yang utama pada tubuh manusia adalah otot fleksor pinggul, seperti otot *iliopsoas* dan *sartorius*, *erektor spina*, *gastrocnemius*, *hamstring*, *piriformis*, *quadratus lumborum*, *rectus femoris* dan *soleus*. Otot postur/*tonic* dibentuk paling dominan oleh serat merah yang lambat berkedut dan memperoleh asupan pembuluh darah yang banyak. Hal ini menyebabkan otot postur/*tonic* memiliki ketahanan otot yang sangat besar, karena serat-serat merahnya tidak berkontraksi dalam bentuk “*unison*” (bersama-sama), melainkan berkontraksi secara segmentasi (bergantian), yakni ada bagian area yang mengalami kontraksi dan ada bagian area lain yang mengalami relaksasi sehingga serat-serat merah pada otot postur/*tonic* berkontraksi dengan model bergiliran. Sifat semikontraksi inilah yang menyebabkan otot postur/*tonic* tidak mudah lelah dalam menahan beban tubuh yang berat dan mempertahankan postur yang selalu dipengaruhi oleh gaya gravitasi, meskipun gerakan otot postur/*tonic* sangat terbatas.¹⁰

Bila seseorang mengadopsi postur tubuh yang mengalami distorsi, seperti saat menggunakan sepatu hak tinggi, maka diperlukan peran dari otot postur/*tonic* untuk mempertahankan keseimbangan tubuh dan mengembalikan ketidaksejajaran postur tubuh yang mengalami distorsi ini. Otot gerakan/*phasic* juga ikut mendukung mekanisme pemeliharaan ini, namun bila distorsi postur ini terus terjadi maka otot postur/*tonic* dapat mengalami pemendekan dan otot gerakan/*phasic* akan cenderung menjadi kelelahan, karena alamiahnya yang mudah menjadi lelah, sehingga kini otot postur/*tonic* harus bekerja lebih keras untuk mendukung mekanisme pemeliharaan ini, serta dapat berakhir dengan kondisi spasme otot sementara. Pemendekan otot postur/*tonic*, yang sebenarnya sedang berupaya untuk memperkuat (*bracing*) postur, dapat mencetuskan tubuh untuk membentuk jaringan ikat tambahan di dalam jaringan otot postur/*tonic* yang sedang kontraksi (pemendekan) tersebut, sehingga justru menyebabkan otot postur/*tonic* tidak lagi dapat kembali memanjang, serta mengakibatkan terjadinya spasme otot yang menetap. Kondisi spasme berat dan menetap dari otot

postur/*tonic* ini akan memperburuk distorsi postur serta dapat berakhir dengan pembentukan kecacatan postur.¹⁰

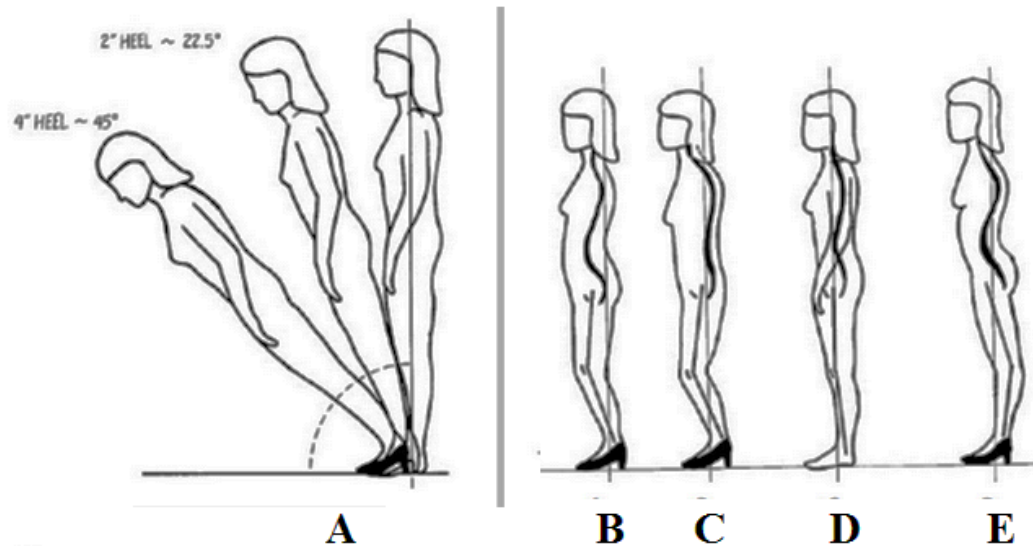
2.3. Postur tubuh berdiri menggunakan sepatu hak tinggi

Berbagai macam kondisi yang dihadapi oleh tubuh manusia saat berdiri diperlukan pengaturan postur yang sesuai sehingga keseimbangan dapat tetap dipertahankan. Variasi kondisi ini dapat berupa: berdiri pada kondisi dengan pergerakan secara konstan, yakni: seperti berdiri didalam bus, lalu berdiri dengan penambahan berat badan, yakni: seperti pada wanita hamil, ataupun berdiri pada permukaan yang miring, yakni: seperti saat menggunakan sepatu hak tinggi. Pada saat menggunakan sepatu hak tinggi, meskipun permukaan tanahnya datar, tubuh akan meresponnya sebagai permukaan yang miring akibat adanya hak dari sepatu tersebut, sehingga permukaan kaki menjadi tidak sama tinggi, yakni lebih tinggi dibagian tumit. Hal ini akan memicu respon perubahan postur tubuh secara otomatis agar dapat mempertahankan kesejajaran segmen-segmen tubuh secara vertikal dan menjadi tetap seimbang.¹⁸

2.3.1. Perubahan postur tubuh saat menggunakan sepatu hak tinggi

Secara biomekanik, postur berdiri merupakan kondisi dinamis hasil dari sebuah mekanisme keseimbangan antara tubuh dengan gaya gravitasi sebagai gaya eksternal yang menarik tubuh ke permukaan tanah. Pada saat manusia berdiri tegak tanpa alas kaki, tubuh akan membentuk sudut 90^0 dengan permukaan tanah karena permukaan area kaki sama tinggi dan sejajar dengan permukaan tanah yang datar, namun bila manusia berdiri dengan menggunakan sepasang hak tinggi, maka seluruh tubuh akan dipaksa untuk miring ke bagian depan tubuh akibat permukaan area alas kaki yang menjadi lebih tinggi di bagian tumit pada permukaan tanah yang datar, sehingga sudut yang dibentuk antara tubuh dengan tanah akan jadi mengecil, atau dengan kata lain menjadi lancip.(gambar 11A) Pengecilan sudut antara tubuh dengan permukaan tanah terjadi seiringan dengan semakin bertambahnya ketinggian tumit akibat tingginya hak sepatu.^{10,11} Kondisi tubuh yang semakin miring ke bagian depan akan memprovokasi elevasi tulang *calcaneus* yang berasosiasi dengan terjadinya fleksi sendi *tibiotalar* dan

menyebabkan *center of gravity* akan semakin mengalami elevasi dan berpindah ke bagian depan tubuh¹¹ sehingga menciptakan gangguan keseimbangan, yakni tubuh akan menjadi cenderung jatuh ke anterior.¹⁸



Gambar 11. Ilustrasi perubahan kesejajaran postur²⁹

- (A) Saat ketinggian tumit kaki mencapai 55 cm (2 inci) maka tubuh pengguna akan miring $22,5^{\circ}$ ke bagian depan tubuh. Kemiringan akan meningkat bila tumit menjadi lebih tinggi, yakni 10 cm (4 inci) maka kemiringan tubuh akan mencapai 45° di bagian depan tubuh.
- (B) Saat menggunakan sepatu hak tinggi, lutut menjadi fleksi dan terjadi hiperlordosis lumbal
- (C) Saat menggunakan sepatu hak tinggi, lutut menjadi fleksi dan terjadi pendataran lumbal
- (D) Tanpa alas kaki, lutut ekstensi normal dan kurvatura lordosis normal
- (E) Saat menggunakan sepatu hak tinggi, lutut hiperekstensi dan hiperlordosis berat lumbal

Tubuh manusia bukanlah batang pilar yang kaku karena terdiri dari berbagai segmen-segmen tubuh yang didukung oleh jaringan pendukung postur, seperti tulang, sendi, ligament, otot dan saraf sehingga agar tetap bisa menggunakan hak tinggi dan menjaga sikap berdiri tegak secara normal, diperlukan serangkaian pengaturan tubuh melalui peranan jaringan-jaringan pendukung postur tersebut. Pengaturan tubuh yang terjadi untuk perubahan ini menciptakan sudut klasik yang khas, yakni sikap berdiri dengan kelengkungan hak tinggi (*curved high heel stance*), yakni panggul menjadi miring ke anterior, bertambahnya kurvatura lordosis *vertebrae lumbales*, lutut sedikit mengalami fleksi atau hiperekstensi serta sedikit *varus*, serta kaki menjadi hipersupinasi.¹⁰ Bentuk khas pengguna sepatu hak tinggi ini tidak selalu ditemukan pada pengguna sepatu hak tinggi, berbagai proses adaptasi postural akan diadopsi oleh para pengguna sepatu hak

tinggi sehingga menghasilkan bentuk postur tubuh yang bervariasi dan akan dibahas pada point pengaturan adaptasi postural. (gambar 11B-E)

2.3.2. Pengaturan adaptasi postural

Pada saat manusia berdiri dengan menggunakan sepatu hak tinggi, tubuh akan menciptakan pengaturan adaptasi postural sebagai akibat dari terjadinya perubahan posisi kaki, yakni fleksi sendi *tibiotalar* dan *center of gravity* yang mengalami elevasi serta berpindah ke bagian anterior tubuh.¹¹ Pengaturan adaptasi postural tubuh ini meliputi segmen-segmen tubuh yang dimulai dari kaki dan pergelangan kaki, tungkai bawah, lutut, pelvis hingga kepada *vertebrae lumbales* dan *sacrum*.¹⁰

a. Kaki dan pergelangan kaki

Pada saat menggunakan sepatu hak tinggi, kaki merupakan segmen tubuh pertama yang akan mengalami pengaturan adaptasi postural.¹¹ Ketinggian hak sepatu akan mengakibatkan sendi pergelangan kaki mengalami dorsifleksi, sehingga sudut antara tubuh dengan permukaan tanah menjadi mengecil dan keseimbangan tubuh akan terganggu. Untuk mengembalikan keseimbangan tersebut dan agar tetap bisa berdiri tegak, maka sendi pergelangan kaki akan mengalami pengaturan adaptasi postural berupa plantar fleksi dengan dibantu oleh peranan kerja keras dari otot-otot plantar fleksi kaki, seperti otot *gastrocnemius*, *soleus*, *plantaris*, *fleksor hallucis longus*, *fleksor digitorum longus*, *tibialis posterior*, *peroneus longus* dan *peroneus brevis*. Peningkatan kerja keras dari otot-otot plantar fleksi ini dapat menciptakan penambahan beban stress pada otot-otot tersebut yang dapat berakibat kepada pengurangan kekuatan kontraksi otot, spasme otot atau bahkan perlukaan jaringan otot dan tendon hingga kepada keterbatasan gerakan kaki.¹⁰

Sepatu hak tinggi juga dapat mengakibatkan perubahan pada morfologi kaki, seperti terjadinya supinasi kaki berlebihan, penambahan kelengkungan *arcus plantaris* kaki dan peningkatan tekanan plantar pada kaki bagian depan. Kondisi ini dapat mengakibatkan timbulnya keluhan nyeri pada kaki hingga kepada deformitas kaki, seperti: *hammer toes*, *bunions*, *bunionettes (tailor's bunions)*, neuroma dan deformitas *Haglund's*.¹⁰

Pengaturan adaptasi postural yang terjadi pada kaki dan pergelangan kaki ini akan mencetuskan juga perubahan pengaturan segmen-segmen tubuh di atasnya, yakni segmen tungkai bawah dan *columna vertebralis*.¹¹

b. Tungkai bawah dan lutut

Kesejajaran yang baik pada tungkai bawah harus ditandai dengan ekstensi lutut, posisi *patella* yang menghadap langsung ke bagian depan tungkai bawah, serta kaki berada pada posisi yang seimbang, yakni tidak berada pada posisi pronasi ataupun supinasi. Pada saat menggunakan sepatu hak tinggi, bertambahnya kelengkungan arcus plantaris kaki sebagai akibat dari pengaturan adaptasi postural kaki dan pergelangan kaki, dapat menyebabkan kaki menjadi lebih supinasi sehingga beban tubuh menjadi ditopang pada sisi luar kaki. Kondisi inilah yang akan mencetuskan pengaturan adaptasi postural lutut, yakni lutut akan mengalami hiperekstensi atau dapat juga mengalami fleksi sedang, dan patella akan mengalami deviasi ke arah lateral.¹⁰ Pengaturan adaptasi postural ini akan meningkatkan gaya secara paksa pada artikulasi *femoropatellar* dan otot-otot kompartemen medial sehingga pada pengguna sepatu hak tinggi akan menunjukkan kondisi lutut *valgus*.¹¹

Peningkatan secara konstan dari otot-otot *quadriceps* akibat terjadinya fleksi sedang pada lutut saat menggunakan sepatu hak tinggi dapat mengakibatkan bertambah ketatnya otot-otot fleksor pinggul, sehingga diperlukan juga pengaturan adaptasi postural untuk segmen-segmen yang lebih di atasnya, yakni panggul dan *lumbal*.¹⁰

c. Panggul

Panggul merupakan tempat pertemuan antara tungkai bawah dengan batang tubuh dan juga merupakan tempat dari otot-otot fleksor tungkai bawah yang berperan dalam memberikan gerakan pada tungkai bawah. Otot fleksor utama yang berperan dalam menggerakkan tungkai bawah adalah otot *illiopsoas*. Kontraksi konsentris dari otot *illiopsoas*, bersamaan dengan otot *sartorius* dan *quadriceps femoris*, akan menghasilkan gerakan fleksi panggul agar dapat mengangkat tungkai bawah dan menginisiasi gerakan berayun kedepan pada saat berjalan. Selain untuk bergerak, otot *illiopsoas* juga berperan secara aktif dalam

menjaga postur berdiri tegap, mempertahankan bentuk lordosis normal kurvatura *vertebrae lumbales* dan mencegah terjadinya hiperekstensi sendi pinggul.¹⁰

Pada saat menggunakan sepatu hak tinggi, berubahnya kesejajaran tungkai bawah dan fleksi sedang lutut akan mengakibatkan terjadinya peningkatan beban kerja otot fleksor panggul. Apabila otot fleksor panggul mengalami beban stress secara kronis, maka dapat terjadi pemendekan dan kontraktur.¹⁰

Ketidaksejajaran posisi lutut juga dapat menginduksi rotasi internal panggul sehingga dengan adanya ketidakseimbangan aktifitas oposisi dari kelompok otot postural bagian anterior dan bagian posterior,¹⁰ yakni peningkatan kekuatan kelompok otot anterior dan perlemahan kelompok otot posterior, dapat menyebabkan tulang panggul menjadi miring ke arah anterior (anteversi).¹¹ Tulang panggul yang mengalami rotasi ke arah depan akan menyebabkan *center of gravity* tubuh juga akan ikut berpindah ke arah depan, akibatnya batang tubuh akan melakukan perubahan postur, yakni dengan melakukan gerakan bersandar kebelakang untuk mengembalikan *center of gravity* ke posisi awal dan tubuh akan kembali mencapai posisi vertikal yang seimbang, namun kondisi ini justru dapat menyebabkan *vertebrae lumbales* akan semakin lordosis sehingga mencetuskan keluhan nyeri pada segmen *lumbal*.¹⁰

d. Segmen *lumbal*

Peningkatan beban kerja pada otot fleksor panggul terutama otot iliopsoas saat menggunakan sepatu hak tinggi akan mengakibatkan bertambah ketatnya otot tersebut. Kondisi ini tentu akan mengganggu peranan otot iliopsoas dalam mempertahankan bentuk lordosis normal kurvatura *vertebrae lumbales*, sehingga *vertebrae lumbales* akan menjadi bertambah lordosis. Selain itu, seiringan dengan bertambahnya lordosis kurvatura *vertebrae lumbales* akan mengganggu kesejajaran segmen-segmen *vertebrae lumbales* sehingga mencetuskan gangguan keseimbangan aktifitas oposisi antara kelompok otot pendukung postur bagian anterior dan bagian posterior yang sedang berkerja pada daerah panggul dan *lumbal*. Munculnya gangguan keseimbangan aktifitas oposisi ini tentu akan memperburuk kondisi bentuk kurvatura lordosis *lumbal* yang sudah mengalami penyimpangan.¹⁰

Gangguan kesejajaran segmen-segmen *vertebrae lumbales* juga dapat mengakibatkan beban tindh yang tidak seimbang serta abnormal pada *vertebrae lumbales* dan pada *discus intervertebralis* sehingga ikut mengganggu kesejajaran pertemuan antar sendi *facet vertebrae lumbales*. Kondisi ini dapat mencetuskan keluhan nyeri pada *vertebrae lumbales*, keterbatasan ruang gerakan *vertebrae lumbales* hingga kepada gangguan bentuk morfologi *lumbal* yakni hiperlordosis *lumbal*.¹⁰

e. *Vertebrae sacrales*

Lokasi anatomis *vertebrae sacrales* mengadakan persendian dengan kedua tulang *ilium* panggul dan *vertebrae lumbales*. Persendian *vertebrae sacrales* dengan kedua tulang *ilium* panggul disebut sebagai sendi *sacroiliaca*, merupakan persendian melalui kedua bagian postero-lateral *vertebrae sacrales* dengan permukaan antero-lateral tulang *ilium* sehingga terbentuk gelang panggul, sedangkan persendian *vertebrae sacrales* dengan *vertebrae lumbales* ke lima disebut sebagai sendi *lumbosacral*, merupakan persendian melalui basis *corpus vertebrae sacrales* dengan *facies inferior corpus vertebrae lumbales* yang diperantarai oleh *discus intervertebralis*. Terhubungnya *vertebrae sacrales* dengan *vertebrae lumbales* dan kedua tulang *ilium* panggul menyebabkan *vertebrae sacrales* akan ikut berubah seiringan dengan perubahan adaptasi postural yang terjadi pada saat menggunakan sepatu hak tinggi.²⁷

Saat seseorang berdiri menggunakan sepatu hak tinggi, akibat berpindahnya *center of gravity* ke arah anterior menyebabkan batang tubuh akan melakukan adaptasi postural dengan cara melakukan ekstensi untuk mengembalikan *center of gravity* dan mempertahankan keseimbangan tubuh.^{11,12} Mekanisme adaptasi postural ini akan mencetuskan gerakan fleksi *sacrum* dengan akibat sudut *sacrum* akan menjadi bertambah kecil,²¹ pelvis akan mengalami retroversi dan bentuk lordosis kurvatura *vertebrae lumbales* akan mengalami pengurangan.¹² Kondisi ini ditemukan oleh Pezzan.*et.al*¹² sebagai mekanisme pembetulan *lumbal* (*rectification of the lumbar*) pada subjek yang bukan pengguna sepatu hak tinggi, namun pada subjek pengguna sepatu hak tinggi, mekanisme pembetulan ini tidak terjadi sehingga terjadi anteversi panggul, ekstensi *sacrum*, sudut *sacrum* akan bertambah besar serta bentuk lordosis kurvatura *vertebrae lumbales* akan menjadi

bertambah besar. Pezzan.*et.al*¹² menjelaskan bahwa subjek pengguna sepatu hak tinggi tersebut masih dapat berdiri dengan seimbang karena telah melakukan mekanisme adaptasi postur dengan cara lain, yakni melakukan anteversi panggul meskipun *center of gravity* masih berada di anterior tubuh. Berdasarkan penjelasan di atas maka saat seseorang menggunakan sepatu hak tinggi, *vertebrae sacrales* memiliki peran dalam mempertahankan integrasi vertikal batang tubuh, yakni melalui mekanisme pengaturan kurvatura *vertebrae lumbales* dan melalui perubahan kemiringan panggul.¹¹

2.4. Faktor risiko

Berdasarkan review artikel yang dilakukan oleh Been dan Kalichman, bentuk lordosis kurvatura *vertebrae lumbales* dipengaruhi oleh berapa faktor risiko yang dapat menambah ataupun mengurangi besarnya sudut kurvatura *vertebrae lumbales* tersebut, antara lain:⁹

a. Umur

Degenerasi yang terjadi pada *columna vertebralis* akibat umur yang semakin bertambah tua dapat menyebabkan pendataran (*flatten*) bentuk lordosis kurvatura *vertebrae lumbales*. Hubungan asosiasi antara umur dengan perubahan kurvatura *vertebrae lumbales* masih menuai fakta studi penelitian yang beragam. Beberapa studi tidak menemukan adanya hubungan asosiasi yang signifikan, namun studi lain justru menemukan bahwa *lumbal* lordosis akan semakin bertambah seiring dengan pertambahan umur dan semakin berkurang setelah masuk umur 60 tahun.

b. Jenis kelamin

Bentuk tubuh pria dan wanita yang sedikit berbeda secara anatomi menyebabkan bentuk lordosis kurvatura *vertebrae lumbales* yang juga berbeda. Wanita, terutama pada ras kaukasia dan afrika-amerika, memiliki bentuk kurvatura *vertebrae lumbales* yang lebih lordosis karena memiliki bentuk bokong yang lebih menonjol.

c. Tinggi badan dan berat badan

Pada umumnya peneliti menemukan bahwa obesitas, terutama obesitas sentral (abdominal) dapat menambah bentuk lordosis kurvatura *vertebrae lumbales*. Bentuk lordosis kurvatura *vertebra lumbal* akan semakin bertambah

besar secara signifikan pada individu dengan *body mass index* (BMI) yang besar. Setiap penambahan 24kg/m^2 dari BMI normal, akan menambah besaran sudut *lumbal*, sehingga menjadi lebih lordosis. Pertambahan bentuk lordosis kurvatura *vertebrae lumbales* disebabkan karena pada individu obesitas mengalami kompensasi tubuh yang cenderung bersandar kebelakang untuk mengembalikan keseimbangan tubuhnya.

Tinggi badan juga mempunyai hubungan asosiasi yang signifikan dengan pertambahan lordosis kurvatura *vertebrae lumbales*. Hal ini disebabkan karena individu yang tinggi dapat meningkatkan beban tidih pada area *lumbal* sehingga akan menambah bentuk lordosis kurvatura *vertebrae lumbales*.

d. Kehamilan

Beberapa penelitian menemukan adanya hubungan asosiasi antara pertambahan bentuk lordosis kurvatura *vertebrae lumbales* dengan kehamilan fase lanjut, frekuensi kehamilan dan jumlah kehamilan sebelumnya. Pertambahan bentuk lordosis kurvatura *vertebrae lumbales* disebabkan karena di kehamilan trimester ketiga terjadi kompensasi posisi bersandar kebelakang seiringan dengan pertambahan berat abdomen dan terjadi perlunakan pada ligamentum paraspinal akibat kondisi *hyperlaxity* sendi. Wanita dengan jumlah kehamilan yang banyak akan mengalami perregangan dan perlemahan otot abdomen, namun otot punggung akan menjadi lebih kuat sehingga menciptakan ketidakseimbangan kerja otot abdomen dengan otot punggung yang dapat menambah bentuk lordosis kurvatura *vertebrae lumbales*.

e. Etnis

Bentuk lordosis kurvatura *vertebrae lumbales* ditemukan lebih besar 4^0 pada ras afrika-amerika daripada ras kaukasia, namun pada ras Chinese dengan Europa tidak ditemukan perbedaan sudut lordosis lumbal yang signifikan. Kondisi ini disebabkan karena pada beberapa etnis memiliki bentuk bokong yang lebih besar sehingga memberikan hasil pemeriksaan visual yang lebih lumbal lordosis.

f. Herediter

Studi mengenai keterlibatan faktor herediter dalam mempengaruhi bentuk lordosis kurvatura *vertebrae lumbales* sangat jarang dilakukan, namun sebuah

studi yang dilakukan oleh Dryden.*et.al* menemukan adanya hubungan antara sudut lordosis lumbal yang diturunkan secara familial.

g. Kelemahan otot abdomen dan kekakuan otot punggung

Pada saat berdiri tegak secara statis, kemiringan pelvis dan bentuk lordosis kurvatura *vertebrae lumbales* dipengaruhi oleh keseimbangan antara peranan otot abdomen dan otot punggung yang saling mempengaruhi satu sama lainnya. Lemahnya otot abdomen dapat mengakibatkan anteversi panggul dan kurvatura *vertebrae lumbales* menjadi hiperlordosis, namun bila otot abdomen mengalami penambahan kekuatan justru dapat mengakibatkan panggul bergerak ke posterior dan mengurangi bentuk lordosis kurvatura *vertebrae lumbales*. Hal yang berlawanan terjadi pada otot punggung. Apabila otot punggung mengalami penambahan kekuatan dapat mengakibatkan panggul bergerak ke anterior sehingga akan menambah bentuk lordosis kurvatura *vertebrae lumbales*.

Selain pengaruh dari otot abdomen dan otot punggung, diperlukan juga keseimbangan antara peranan otot fleksor dan ekstensor batang tubuh. Secara relatif, kuatnya otot ekstensor spinal dan lemahnya fleksor spinal berasosiasi dengan semakin bertambahnya bentuk lordosis kurvatura *vertebrae lumbales* dan hal ini berlaku sebaliknya.

h. Olah raga

Hubungan alami antara aktivitas olah raga dengan penambahan bentuk lordosis kurvatura *vertebrae lumbales* masih belum diketahui dengan penuh, namun beberapa peneliti menemukan bahwa para atlet memiliki sudut lordosis lumbal yang lebih besar daripada non-atlet. Hal ini berasosiasi dengan banyaknya akumulasi jumlah waktu latihan yang dilakukan para atlet. Para peneliti juga menemukan adanya asosiasi antara jenis olahraga dengan perubahan kurvatura *vertebrae lumbales*, seperti: atlet pelari jarak jauh dan sprinter mempunyai sudut lordosis lumbal yang lebih besar dari nilai normal rata-rata, atlet rugby dan sepak bola mempunyai sudut lordosis lumbal yang rata-rata normal, sedangkan atlet perenang dan bina raga mempunyai sudut lordosis lumbal yang justru lebih rendah dari nilai normal rata-rata.

i. Okupasi

Pengaruh pekerjaan terhadap perubahan bentuk kurvatura *vertebrae lumbales* masih bervariasi, seperti para pekerjaan pemotong bulu domba yang menunjukkan bentuk hiperlordosis lumbal dan bentuk kifosis thorakal yang lebih datar bila dibanding dengan yang bukan pekerja pemotong bulu domba. Beberapa jenis aktivitas saat melakukan pekerjaan justru ditemukan tidak berbeda secara signifikan, seperti pada saat subjek yang beraktivitas dengan posisi duduk menggunakan bangku dan meja bila dibandingkan duduk dilantai, saat subjek bekerja dengan posisi berdiri bila dibandingkan dengan posisi duduk, serta saat subjek bekerja dengan aktifitas stress fisik yang berat bila dibandingkan dengan stress fisik ringan.

2.5. Radiografi konvensional

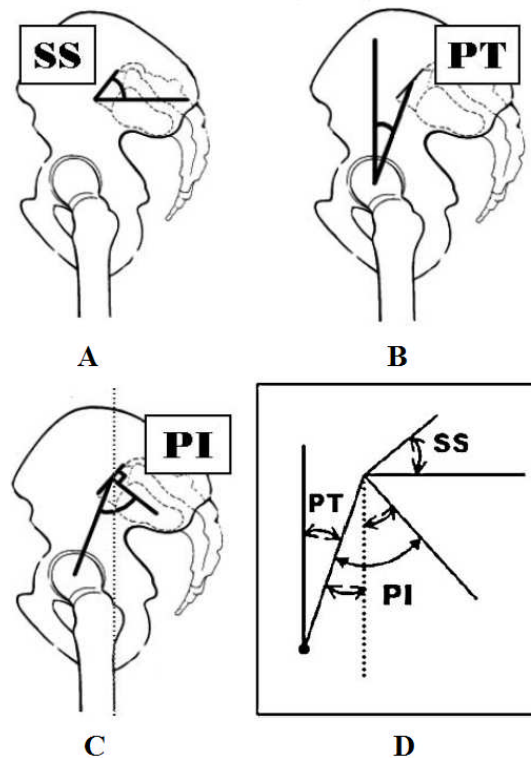
Beberapa metode visual telah digunakan oleh para peneliti sebelumnya untuk mendeteksi adanya efek dari penggunaan sepatu hak tinggi terhadap perubahan kurvatura *vertebrae lumbales*, seperti metode fotografi visual,^{12,14,30} alat penggaris flekibel yakni flexicurve,³¹⁻³³ alat ukur kemiringan yakni inclinometer³⁴ ataupun pengukuran dengan “*spinal mouse*”,³⁵ namun hasil dari pengukuran beberapa penelitian ini belum dapat menemukan kesepakatan mengenai adanya efek yang pasti terhadap bentuk lordosis kurvatura *vertebrae lumbales*. Review yang dilakukan oleh Russell.*et.al* menyatakan bahwa selain akibat dari perbedaan metode yang diterapkan pada penelitian sebelumnya, adanya pengaruh dari faktor risiko, seperti umur, jenis kelamin, ras, dan sebagainya, menyebabkan keterlibatan dari ketebalan kulit dan jaringan bawah kulit serta bentuk bokong manusia yang bervariasi pada setiap pengukuran dengan metode visual dapat memberikan keluaran nilai yang meragukan.¹³

Dalam penelitian ini, bentuk lordosis kurvatura *vertebrae lumbales* akan diukur menggunakan radiografi konvensional pada segmen *lumbosacral*, sehingga perubahan *vertebrae lumbales* yang terjadi pada saat menggunakan sepatu hak tinggi dapat dilihat dan diukur secara langsung tanpa melibatkan jaringan kulit dan bawah kulit ataupun bentuk bokong seseorang.

Radiografi konvensional yang diterapkan dalam penelitian ini akan memaparkan subjek penelitian dengan sinar radiasi x yang telah banyak digunakan oleh pakar kesehatan untuk mendiagnostik adanya beberapa kelainan penyakit yang terjadi di dalam tubuh manusia. Sinar x menghasilkan efek radiasi yang menyerupai dengan efek radiasi alam (contoh: matahari), bahan makanan tertentu ataupun alat detektor yang ada di bandara, sehingga sinar radiasi x memiliki potensi untuk memberikan risiko kemunculan kanker, namun hal ini terjadi seiringan dengan penambahan dosis, terutama bila dosisnya terlalu besar. Sinar x yang diterapkan dalam berbagai penelitian menggunakan dosis rendah, yakni: 0.1 mSV pada pemaparan 2 kali foto dada, yang jauh lebih rendah dari pada pemeriksaan radiografi lainnya seperti *CT-scan* ataupun PET, yakni: 7 -30 mSv, sehingga sangat kecil kemungkinan terjadinya efek samping setelah pemeriksaan dan relatif aman untuk subjek penelitian.³⁶

Pada penelitian ini, parameter yang digunakan untuk mengetahui adanya efek penggunaan sepatu hak tinggi terhadap kurvatura *vertebrae lumbales* adalah sudut lordosis lumbal. Sudut lordosis lumbal adalah sudut yang dibentuk dari pertemuan kedua garis terak lurus yang ditarik dari tepi *endplate superior vertebrae lumbales* pertama dan tepi *endplate vertebrae sacrales* (L1-S1).^{9,15,37} Rentang nilai ini adalah minimal 46° dan maksimal 87° ,³⁸ dengan rata-rata nilai $51.3^{\circ} \pm 10.7^{\circ}$,⁹ bila lebih besar disebut sebagai hiperlordosis lumbal, sedangkan bila lebih kecil disebut pendataran *vertebrae lumbales*. Selain sudut lordosis lumbal, penelitian ini juga akan mengukur *sacral slope* (SS), *pelvic incidence* (PI) dan *pelvic tilt* (PT). *Sacral slope* atau disebut sudut *sacrum* adalah sudut yang dibentuk dari pertemuan antara garis horisontal dengan garis yang ditarik sejajar pada tepi *endplate vertebrae sacrales*. (gambar 12A) Rentang nilai sudut *sacrum* adalah $40,6^{\circ} \pm 8,5^{\circ}$.³⁸⁻⁴¹ Semakin besar *sacral slope* maka kemiringan basis *endplate vertebrae sacrales* semakin mendekati garis vertikal dan *vertebrae sacrales* semakin mendekati garis horisontal⁹ serta semakin ekstensi.²¹ Sudut *pelvic incidence* adalah sudut yang dibentuk dari pertemuan dua buah garis, yakni antara garis tegak lurus yang melewati pertengahan tepi *endplate vertebrae sacrales* dengan garis dari titik tengah tepi *endplate vertebrae sacrales* ke titik tengah aksis caput tulang femur. (gambar 12C) Rentang nilai *pelvic incidence*

adalah $53^\circ \pm 9$ atau $PI = (SS + PT)$.^{38,42} Semakin besar nilai *pelvic incidence* maka menandakan terjadi bertambahnya kurvatura *lordosis vertebrae lumbales*.⁴³ *Pelvic tilt* adalah sudut yang dibentuk antara garis vertikal dengan garis yang menghubungkan antara titik tengah tepi *endplate vertebrae sacrales* dengan titik tengah aksis caput tulang femur.^{38,44} Rentang nilai *pelvic tilt* adalah $11,4^\circ \pm 5,9$.³⁸ Semakin besar nilai *pelvic tilt*, maka tulang panggul semakin berotasi ke posterior (retroversi).⁴³ Sudut *pelvic incidence* mewakili bentuk keseimbangan *columna vertebralis* yang sedang beristirahat pada gelang panggul, yakni melalui permukaan *vertebrae sacrales*,⁴⁵ sedangkan sudut *pelvic tilt* mewakili kondisi posisi tulang panggul yang bergerak di atas caput femur, yakni anteversi atau retroversi.³⁸



Gambar 12. Ilustrasi parameter pelvis dan korelasinya.⁴²

(A) *Sacral slope* (SS), (B) *pelvic tilt* (PT), (C) *pelvic incidence*, dan (D) hubungan matematisnya

Pengukuran sudut *sacral slope*, sudut *pelvic incidence* dan sudut *pelvic inclination* merupakan parameter tambahan untuk melihat adanya efek penggunaan sepatu hak tinggi terhadap perubahan kurvatura *vertebrae lumbales*, karena *vertebrae lumbales*, *vertebrae sacrales* dan tulang panggul (pelvis) secara anatomis saling berhubungan yakni melalui persendian sendi *sacroiliaca*, yakni

antara *vertebrae sacrales* dengan kedua tulang *ilium* panggul dan melalui persendian *lumbosacral*, yakni antara tulang *facies inferior corpus vertebrae lumbales* ke lima dengan basis *corpus vertebrae sacrales*.^{21,27} (gambar 26) Parameter-parameter yang diukur dalam penelitian ini, secara biomekanik saling berkorelasi membentuk rangkaian kerja mekanis yang sangat penting untuk mempertahankan keseimbangan tubuh dan kesejajaran batang tubuh secara vertikal sehingga diharapkan dapat diketahui ada atau tidaknya korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvis setelah subjek penelitian berdiri statis menggunakan sepatu hak tinggi.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Desain penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian analitik observasional dengan desain pendekatan potong lintang.

3.2. Tempat dan waktu penelitian

Tempat penelitian di departemen anatomi FKUI dan departemen radiologi RSCM, dengan waktu penelitian bulan Desember 2016 sampai Maret 2017.

3.3. Subjek penelitian

Perempuan yang mempunyai riwayat penggunaan sepatu hak tinggi selama lebih dari 1 tahun.

3.4. Penetapan jumlah subjek penelitian

1. Jumlah subjek penelitian ditetapkan dengan metode *consecutive sampling*, yaitu perempuan yang memenuhi kriteria inklusi, telah diwawancara dan menandatangani *informed consent* akan dijadikan sampel penelitian sampai memenuhi jumlah sampel minimal.
2. Kriteria inklusi umum
 - Berada pada rentang umur 18 – 34 tahun
 - Berada pada rentang Indeks Massa Tubuh (IMT) wanita normal, yakni antara 18 – 25 Kg/m²
 - Memiliki tingkat aktivitas fisik ringan hingga aktif. (1.40 – 1.99 PAL)
 - Mengisi kuesioner penelitian dengan lengkap
 - Bersedia mengikuti wawancara penelitian, mengisi dan menandatangani formulir *informed consent*
3. Kriteria inklusi kelompok tidak terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi (NHT)
 - Menggunakan sepatu hak tinggi ukuran < 6 cm untuk semua tipe hak sepatu
 - Menggunakan sepatu hak tinggi ≤ 3 jam/hari dan ≤ 3 kali/minggu

4. Kriteria inklusi kelompok terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi (HT)
 - Menggunakan sepatu hak tinggi ukuran ≥ 6 cm untuk semua tipe hak sepatu
 - Menggunakan sepatu hak tinggi > 3 jam/hari dan > 3 kali/minggu
5. Kriteria eksklusi
 - Tidak menyelesaikan tahapan penelitian secara keseluruhan
 - Memiliki riwayat cacat postural, dengan cara melihat bentuk batang tubuh subjek penelitian secara visual dari arah depan, belakang dan lateral
 - Memiliki rerata perbedaan panjang tungkai bawah (*anisomelia*), yakni lebih dari 1 cm
 - Memiliki kondisi patologis *vertebrae lumbales*, dengan cara melihat hasil radiografi konvensional *lumbosacral* dari arah antero-posterior dan lateral seperti skoliosis, spondilosis, *osteoarthritis*, degenerasi diskus, dsb.
 - Memiliki kelainan *lumbosacral* transisional yang melebihi derajat 1a dan 1b, dengan cara melihat adanya hubungan persendian antara *processus transversus vertebrae lumbales* ke-5 dengan *vertebrae sacrales* ke-1 melalui hasil radiografi konvensional *lumbosacral*
 - Subjek penelitian pernah hamil dan sedang hamil, dengan cara test kehamilan melalui urin.
6. Besar sampel
 - Besar sampel ditentukan dengan melakukan perhitungan besar sample menggunakan rumus analisis komparatif kategorik-numerik berpasangan, yakni :

$$n1 = n2 = \left[\frac{(Z_{\alpha} + Z_{\beta}) S}{X_1 - X_2} \right]^2$$

Keterangan:

S: Simpang baku dari selisih / perbedaan rerata nilai sudut lordosis lumbal dan sudut *sacrum* pada kelompok sebelum dan sesudah menggunakan sepatu hak tinggi

Z_{α} & Z_{β} : Kesalahan tipe 1 & 2

$X_1 - X_2$: Selisih / perbedaan rerata minimal antara nilai sudut lumbal lordosis dan sudut *sacrum* sebelum dan sesudah menggunakan sepatu hak tinggi yang dianggap bermakna bagi peneliti, ditentukan berdasarkan judgement peneliti

Perhitungan besar sample untuk mengukur sudut lordosis lumbal, yakni:

- Berdasarkan penelitian Dai.*et.al*⁴⁴, S pada nilai sudut lordosis lumbal sebelum pakai sepatu $54,3^0$ dan sesudah pakai sepatu $65,2^0$, maka S yang digunakan adalah selisih nya, yakni: $S = 54,3 - 65,2 = 10,9$
- Peneliti menduga selisih minimal yang dianggap bermakna (X1-X2), yakni: 8^0
- Peneliti menetapkan $Z\alpha: 5\% = 1,64$ dan $Z\beta: 10\% = 1,28$
- Maka perhitungannya:
- $n1 = n2 = \frac{[(1,64 + 1,28) 10,9]^2}{(8)^2} = \frac{[2,92 \times 10,9]^2}{64} =$
- $n1 = n2 = \frac{(31,828)^2}{64} = \frac{1013,02}{64} = 15,828$
- Untuk menggenapi akan digunakan 16 peserta tiap kelompok

Perhitungan besar sample untuk mengukur sudut *sacrum*

- Penelitian Dai.*et.al*(44), rerata sudut *sacrum* sebelum pakai sepatu $36,5^0$ dan sesudah pakai sepatu $37,3^0$, sehingga $S = 36,5 - 37,3 = 0,8$
- Nilai X1-X2 = $0,8^0$, karena pergerakan *vertebrae sacrales* sangat terbatas
- Peneliti menetapkan $Z\alpha: 5\% = 1,64$ & $Z\beta: 10\% = 1,28$
- $n1 = n2 = \frac{[(1,64 + 1,28) 0,8]^2}{(0,7)^2} = \frac{[2,92 \times 0,8]^2}{0,49} =$
- $n1 = n2 = \frac{(2,336)^2}{0,49} = \frac{5,45}{0,49} = 11,12 = 12$ peserta
- Karena masih lebih kecil maka mengikuti besar sample sudut lordosis lumbal

Kesimpulan: Karena besar sample untuk mengukur sudut lordosis lumbal lebih banyak dari besar sample untuk mengukur sudut *sacrum*, maka besar sample yang tepat untuk penelitian ini adalah mengikuti perhitungan besar sampel untuk mengukur sudut lordosis lumbal, yakni: 16 subjek/kelompok, sehingga total minimal besar sampel penelitian ini 32 peserta.

3.5. Variabel penelitian

1. Variabel bebas pada penelitian ini adalah kondisi tanpa alas kaki dan menggunakan sepatu hak tinggi (kategorik)
2. Variabel tergantung pada penelitian ini adalah sudut lordosis lumbal, sudut *sacral slope*, sudut *pelvic tilt* dan sudut *pelvic incidence* dalam satuan derajat (numerik)

3.6. Definisi operasional

1. Perempuan

Berdasarkan jenis kelamin yang terdaftar di kartu identitas. Skala pengukuran data nominal.

2. Grup NHT dan grup HT

Grup NHT merupakan kelompok peserta penelitian yang memiliki riwayat tidak terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi, yakni: < 6 cm untuk semua tipe hak sepatu, ≤ 3 jam/hari dan ≤ 3 kali/minggu. Grup HT merupakan kelompok peserta penelitian yang memiliki riwayat terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi, yakni: ≥ 6 cm untuk semua tipe hak sepatu, > 3 jam/hari dan > 3 kali/minggu.

3. Indeks masa tubuh (IMT)

Perbandingan antara berat badan (Kg) dengan tinggi badan (m^2). IMT merupakan metode yang digunakan untuk mengukur status gizi dan tingkat obesitas seseorang.(46,47) Di Indonesia, nilai IMT perempuan yang digunakan sebagai acuan adalah: kurus: $< 18 \text{ Kg/m}^2$, normal: $18 - 25 \text{ Kg/m}^2$, kegemukan : $25 - 27 \text{ Kg/m}^2$, dan obesitas: $> 27 \text{ Kg/m}^2$. Skala pengukuran data ratio.

4. Tingkat aktifitas fisik / *physical activity level* (PAL)

Aktivitas fisik merupakan gerakan anggota tubuh oleh otot-otot skeletal yang ditunjukkan dari hasil pengeluaran energi ⁴⁸ berdasarkan tabel acuan dari FAO/WHO/UNU.(49) Pengeluaran energi pada aktivitas fisik manusia dibagi menjadi 3 tingkat,(49) yakni: sedentary atau ringan ($1.40 - 1.69$ PAL), aktif atau sedang ($1.70 - 1.99$ PAL) dan berat ($2.00 - 2.40$ PAL). Skala pengukuran data ratio.

5. Perbedaan panjang tungkai bawah / *anisomelia*

Anisomelia merupakan kondisi bilateral tungkai bawah yang asimetri / tidak sama panjangnya dengan cara mengukur dari *spina iliaca anterior superior* (SIAS) ke puncak *malleolus medial*.⁵⁰ Skala pengukuran data ratio. Secara umum *anisomelia* dibagi menjadi 2 tipe, yakni: anatomis dan fisiologis. *Anisomelia* tipe anatomis disebabkan oleh pemendekan struktural tungkai bawah, sedangkan *anisomelia* tipe fisiologis merupakan pemendekan semu, tanpa disertai adanya

pemendekan tulang tungkai bawah.⁵¹ *Anisomelia* dibagi menjadi 3 tingkat pemendekan,⁵¹⁻⁵³ yakni: ringan: 0 – 3 cm, sedang : 3 – 6 cm dan berat: > 6 cm.

6. Skoliosis

Skoliosis merupakan bentuk deformitas *columna vertebralis* dengan deviasi abnormal pada bidang koronal. Pada kasus skoliosis ringan hingga berat penilaian dapat dilakukan dengan radiografi konvensional lumbosakral posisi antero-posterior dan teknik visual menggunakan “*Trunk Appearance Perception Scale (TAPS)*”.⁵⁴ Nilai TAPS diperoleh dengan membagi total skor dengan 3. Nilai skor 1 adalah normal, nilai skor 5 adalah skoliosis berat. Skala pengukuran data ordinal.

7. *Lumbosacral transisional vertebra (LSTV)*

Lumbosacral transisional vertebra adalah kelainan kongenital *columna vertebralis* yang ditandai dengan adanya hubungan antara *processus transversus vertebrae lumbales* dengan *sacrum*, baik secara komplit atau inkomplit, yang dapat terjadi baik unilateral atau bilateral. *Lumbosacral transisional vertebra* dapat diketahui melalui radiografi konvensional *lumbosacral*. Bila ditemukan adanya LSVT yang melebihi derajat 1a dan 1 b, maka subjek penelitian akan di eksklusi.⁵⁵⁻⁵⁸ Skala pengukuran data ordinal.

8. *Plumbline*

Plumbline merupakan garis referensi untuk menilai kesejajaran tubuh secara vertikal. Kesejajaran vertikal subjek penelitian diukur dengan garis *plumbline* dari sisi lateral dengan posisi mata sejajar secara horisontal. Tubuh yang sejajar secara vertikal bila garis *plumbline* melewati¹⁹ :

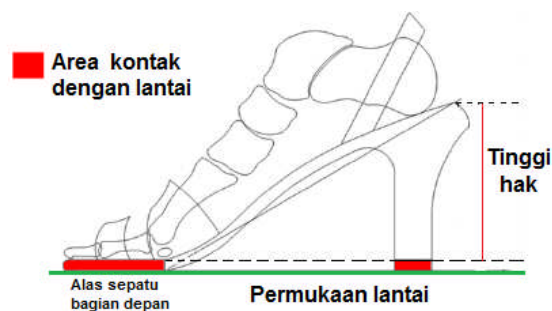
- Kepala: Melintasi daun telinga
- Bahu: Melintasi ujung dari prosesus acromion
- *Thoracal*: Melintas di anterior dari *vertebrae thoracales*
- Lumbal: Melintasi *vertebrae lumbales*
- Pelvis: Melintasi pelvis
- Pinggul: Melintasi *trochanter major*, sedikit ke posterior dari aksis sendi pinggul
- Lutut: Melintas sedikit di posterior patella, sedikit ke anterior dari aksis sendi lutut) dengan kondisi lutut ekstensi

- Pergelangan kaki: Melintas sedikit di anterior *malleolus lateralis* pada kondisi pergelangan kaki yang netral, yakni: antara dorsifleksi dan plantarfleksi

Apabila seseorang menunjukkan ketidaksejajaran tubuh akibat adanya kifosis *thoracalis*, maka punggung belakang akan membengkok sehingga garis *plumbline* tidak akan menunjukkan kesesuaian pada segmen kepala, bahu dan *thoracalis*.¹⁹ Skala pengukuran data ordinal.

9. Sepatu hak tinggi (gambar 13)

Sepatu hak tinggi adalah sepatu dengan alas kaki bagian belakang yang memiliki ketinggian ≥ 6 cm yang diukur secara vertikal mulai dari lantai hingga ke puncak permukaan sepatu bagian tumit.⁵⁹ Dalam penelitian ini digunakan tinggi hak sepatu sebenarnya: ukuran 7 cm, diukur dari permukaan lantai hingga ke puncak hak sepatu, dikurangi 1,5 cm dari ketinggian alas sepatu bagian depan, tipe *stiletto*, yakni hak dengan ujung yang runcing. Skala pengukuran data rasio.



Gambar 13. Ilustrasi ketinggian hak sepatu sebenarnya.⁵⁹

10. Parameter lumbosakropelvis

Parameter lumbosakropelvis terdiri dari sudut lordosis lumbal, sudut *sacral slope*, sudut *pelvic tilt* dan sudut *pelvic incidence*, yaitu:

- Sudut lordosis lumbal adalah sudut antara *endplate superior vertebrae lumbales* ke-1 dan *endplate superior sacrum* ke-1 (L1-S1).^{9,44}
- Sudut *sacral slope* adalah sudut antara *endplate superior vertebrae sacrales* ke-1 dengan garis horisontal.^{42,44}
- Sudut *pelvic tilt* adalah sudut antara garis vertikal dengan garis yang membentang dari titik tengah plat *sacrum* ke aksis *caput femur*.^{42,44}
- Sudut *pelvic incidence* adalah sudut antara garis tegak lurus dari titik tengah plat *sacrum* dengan garis yang membentang dari titik tengah *sacrum* ke aksis *caput femur*.^{42,44}

Parameter lumbosakropelvis diukur dengan menggunakan pesawat sinar x RSCM pada *lumbosacral* menggunakan piranti lunak yang ada dalam PACS (*picture archiving and communication system*) di Departemen Radiologi RSCM. Subjek difoto pada dua kondisi, yakni: kondisi tanpa alas kaki dengan posisi AP dan lateral, kemudian pada kondisi menggunakan sepatu hak tinggi yang telah disediakan dengan posisi lateral. Skala pengukuran data rasio.

11. Radiografi konvensional *lumbosacral*

Radiografi konvensional *lumbosacral* adalah metode pencitraan dengan pesawat sinar x yang digunakan untuk mendiagnostik beberapa kelainan yang terjadi pada tulang *lumbosacral*. Radiografi konvensional *lumbosacral* mencakup *vertebrae lumbales*, sakrokoksigeus dan memperlihatkan *caput femur*.

3.7. Instrumen Penelitian

1. Kuesioner penelitian
2. Formulir informed consent
3. Formulir pemeriksaan visual skoliosis (TAPS)
4. Timbangan berat badan (Kg)
5. Tiang pengukur tinggi badan (cm)
6. Tiang garis *plumbline*
7. Kamera DSLR
8. Pesawat sinar x

3.8. Cara kerja penelitian

1. Pra Penelitian

Mengajukan proposal penelitian ke Biomedik FKUI. Setelah proposal penelitian disetujui oleh Biomedik FKUI, mengajukan permintaan izin etik penelitian kepada Komite Etik Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia dan RSCM. Mengajukan surat izin atau permohonan kepada direktur perusahaan tempat subjek peneliti bekerja agar dapat melibatkan staff pramuniaganya untuk ikut kedalam program penelitian mulai dari: presentasi, pengisian kuesioner, wawancara, pemeriksaan fisik dan radiologi

2. Saat Penelitian

Setelah memperoleh ijin dari direktur perusahaan, penelitian ini akan dimulai dengan presentasi, penyebaran dan pengisian kuesioner kepada seluruh staff pramuniaga wanita ditempat perusahaan tersebut. Setelah penyebaran, kuesioner akan dievaluasi oleh peneliti sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi. Kemudian semua pramuniaga wanita yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi akan diwawancara dan diminta persetujuan penelitian melalui penandatanganan *informed consent*. Semua pramuniaga wanita yang telah menandatangani informed consent, akan dievaluasi dan dipilih sebagai subjek penelitian sesuai dengan hasil perhitungan besar sample penelitian.

Tahap akhir adalah semua subjek penelitian yang telah sesuai dengan besar sampel akan dilibatkan kedalam pemeriksaan fisik, berupa: pengukuran berat badan, tinggi badan, panjang tungkai, test urin kehamilan, menilai kondisi patologis tulang belakang secara visual dari arah depan dan belakang menggunakan score TAPS, serta dari arah lateral dengan menggunakan tiang garis *plumbline*. Kemudian subjek penelitian diminta untuk mengikuti pemeriksaan radiografi konvensional *lumbosacral* untuk menyingkirkan adanya LSVT yang melebihi derajat 1a dan 1b, serta memperoleh data besaran sudut lordosis lumbal, sudut *sacral slope*, sudut *pelvic tilt* dan sudut *pelvic incidence* pada dua kondisi, yakni pertama: radiografi konvensional posisi AP dan lateral pada saat subjek penelitian berdiri tanpa alas kaki, kedua: radiografi konvensional posisi lateral pada saat subjek penelitian berdiri dengan menggunakan sepatu hak tinggi 7 cm tipe stiletto yang telah disediakan. Di antara waktu pemeriksaan radiografi konvensional *lumbosacral* pertama dan kedua, subjek penelitian diminta untuk berdiri dengan menggunakan sepatu hak tinggi yang akan digunakan pada pemeriksaan radiografi konvensional kedua selama 1 jam, sehingga struktur tulang, sendi dan otot tubuh subjek penelitian dapat mengalami adaptasi terhadap sepatu hak tinggi tersebut.

3. Pengolahan Data

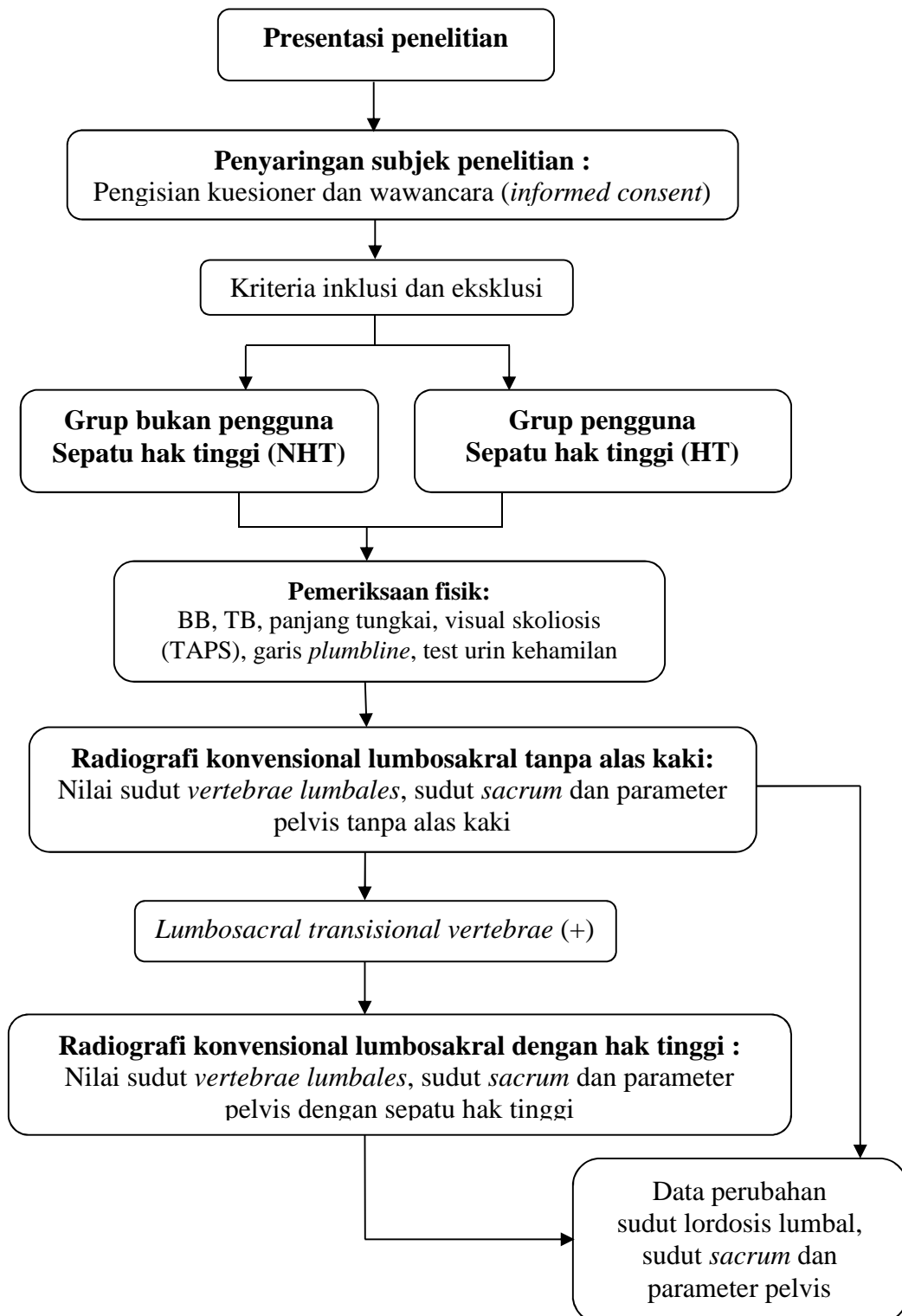
Data yang sudah terkumpul dari pemeriksaan fisik dan radiografi, selanjutnya diolah dengan menggunakan program statistik SPSS.20.

3.9. Metode analisis statistik

Penelitian ini akan mengolah data hasil penelitian dengan langkah sebagai berikut: (lampiran 8)

- Semua data dari peserta penelitian dilakukan uji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk dan diperoleh distribusi data normal sehingga dapat dilakukan uji parametrik
- Karakteristik sampel penelitian diperoleh melalui analisis deskriptif
- Analisis efek penggunaan sepatu hak tinggi terhadap perubahan sudut parameter lumbosakropelvis pada kedua kondisi di kedua grup diperoleh melalui uji T-test Berpasangan
- Analisis korelasi antara parameter lumbosakropelvis kedua grup saat berdiri menggunakan sepatu hak tinggi diperoleh melalui uji Korelasi Pearson

3.10. Alur penelitian



BAB IV HASIL PENELITIAN

4.1. Karakteristik sampel penelitian

Penelitian ini melibatkan total 35 peserta wanita dengan rentang umur mulai dari 19 sampai 27 tahun, memiliki indeks massa tubuh (IMT) normal dan memiliki tingkat aktifitas fisik ringan hingga aktif.

Semua peserta dikelompokkan menjadi dua grup berdasarkan pengalamannya dalam menggunakan sepatu hak tinggi, yakni grup non-hak tinggi (NHT) dan grup hak tinggi (HT) pada tabel 1, yakni: grup NHT terdiri dari 17 peserta wanita yang beraktifitas sebagai mahasiswi dengan rerata umur $22,18 \pm 1,98$ tahun, berat badan $51,09 \pm 4,21$ Kg, tinggi badan $154,15 \pm 4,21$ cm, IMT $21,51 \pm 1,49$ Kg/m² dan memiliki riwayat penggunaan sepatu hak tinggi yakni ± 2 jam/hari serta ± 1 kali/minggu. Grup HT terdiri dari 18 peserta wanita yang bekerja sebagai *sales promotion girl* (SPG) sebuah perusahaan retail yang berlokasi di Jakarta dengan rerata umur $21,72 \pm 2,32$ tahun, berat badan $51,69 \pm 4,88$ Kg, tinggi badan $155,83 \pm 3,69$ cm, IMT $21,32 \pm 1,47$ Kg/m² dan memiliki riwayat penggunaan sepatu hak tinggi yakni ± 7 jam/hari serta ± 6 kali/minggu.

Tabel 1. Karakteristik umur, berat badan, tinggi badan dan indeks massa tubuh (IMT) antara grup NHT dan grup HT

	Grup	Rerata (SD)	n	P
Umur	NHT	22,18 (1,98)	17	0,17*
	HT	21,72 (2,32)	18	0,08*
Berat badan	NHT	51,09 (4,21)	17	0,34*
	HT	51,69 (4,88)	18	0,16*
Tinggi badan	NHT	154,15 (4,82)	17	0,24*
	HT	155,83 (3,69)	18	0,34*
IMT	NHT	21,51 (1,49)	17	0,19*
	HT	21,32 (1,47)	18	0,56*

* Shapiro Wilk test, signifikan bila $p > 0,05$

Berdasarkan hasil anamnesis riwayat keluhan fisik yang pernah dialami peserta selama menggunakan sepatu hak tinggi, ditemukan: grup NHT terdapat 5,88 % keluhan pada jari-jari kaki, 70,59 % keluhan pada kaki, 35,29 % keluhan pada betis, 17,65 % keluhan pada lutut, 11,76 % keluhan pada paha, 5,88 % keluhan pada panggul, 47,06 % keluhan pada pinggang belakang dan 5,88 %

keluhan pada punggung. Grup HT terdapat 33,33 % keluhan pada jari-jari kaki, 94,44 % keluhan pada kaki, 44,44 % keluhan pada betis, 22,22 % keluhan pada lutut, 22,22% keluhan pada paha, 11,11 % keluhan pada panggul dan 72,22 % keluhan pada pinggang belakang.

4.2. Efek penggunaan sepatu hak tinggi terhadap perubahan sudut parameter lumbosakropelvis

Hasil analisis komparatif sudut parameter lumbosakropelvis antar kondisi pada grup NHT (tabel 2), menunjukkan: Kurvatura lordosis *vertebrae lumbales* semakin mendatar, yakni sudut lordosis lumbal (LL) dari $61,13^0 (\pm 9,76^0)$ menjadi $58,39^0 (\pm 9,11^0)$ setelah menggunakan sepatu hak tinggi, dengan signifikansi 0,04 ($P < 0,05$). *Vertebrae sacrales* mengalami ekstensi *sacrum*, yakni sudut *sacral slope* dari $43^0 (\pm 6,22^0)$ menjadi $39,43^0 (\pm 7,96^0)$ setelah menggunakan sepatu hak tinggi, dengan signifikansi 0,00 ($P < 0,05$). Tulang pelvis mengalami rotasi ke posterior, yakni sudut *pelvic tilt* (PT) dari $13,03^0 (\pm 6,16^0)$ menjadi $15,50^0 (\pm 5,99^0)$ setelah menggunakan sepatu hak tinggi, dengan signifikansi 0,00 ($P < 0,05$). Sudut *pelvic incidence* (PI) relatif tidak berubah, yakni dari $56,10^0 (\pm 9,31^0)$ menjadi $55,69^0 (\pm 9,31^0)$ dengan signifikansi 0,70 ($P > 0,05$).

Tabel 2. Parameter radiografi lumbosakropelvis grup NHT yang berdiri statis pada kondisi tanpa alas kaki (*barefoot*) dan dengan menggunakan sepatu hak tinggi / *high heel* (HH)

Grup NHT	Rerata (SD)	Selisih (SD)	IK 95%	P
LL	Barefoot 61,13 (9,76)	2,74 (5,17)	5,40 ~ 0,08	0,04*
	HH 58,39 (9,11)			
SS	Barefoot 43,00 (6,22)	3,57 (3,96)	5,60 ~ 1,53	0,00**
	HH 39,43 (7,96)			
PT	Barefoot 13,03 (6,16)	- 2,47 (3,15)	- 0,85 ~ - 4,09	0,00**
	HH 15,50 (5,99)			
PI	Barefoot 56,09 (9,31)	0,41 (4,32)	- 1,81 ~ 2,63	0,70
	HH 55,68 (9,31)			

* Signifikan bila $p < 0,05$

** Signifikan bila $p < 0,00$

Hasil analisis komparatif sudut parameter lumbosakropelvis antar kondisi pada grup HT (tabel 3), menunjukkan: Kurvatura lordosis *vertebrae lumbales* semakin bertambah lordosis, yakni sudut lordosis lumbal (LL) dari $56,67^0 (\pm 7,53^0)$ menjadi $58,85^0 (\pm 7,39^0)$ setelah menggunakan sepatu hak tinggi dengan signifikansi 0,03 ($P < 0,05$). *Vertebrae sacrales* relatif tidak berubah, yakni sudut *sacral slope* dari $37,06^0 (\pm 5,87^0)$ menjadi $37,87^0 (\pm 7,18^0)$ setelah menggunakan sepatu hak tinggi dengan signifikansi 0,51 ($P > 0,05$). Tulang pelvis relatif tidak berubah, yakni sudut *pelvic tilt* dari $12,10^0 (\pm 6,49^0)$ dan menjadi $13,15^0 (\pm 4,91^0)$ setelah menggunakan sepatu hak tinggi dengan signifikansi 0,28 ($P > 0,05$). Sudut *pelvic incidence* semakin bertambah besar, yakni dari $48,93^0 (\pm 8,05^0)$ dan menjadi $51,88^0 (\pm 10,21^0)$ dengan signifikansi 0,04 ($P < 0,05$).

Tabel 3. Parameter radiografi lumbosakropelvis grup HT yang berdiri statis pada kondisi tanpa alas kaki (*barefoot*) dan dengan menggunakan sepatu hak tinggi / *high heel* (HH)

Grup HT	Rerata (SD)	Selisih (SD)	IK 95%	P
LL	Barefoot 56,67 (7,53)	-2,19 (3,99)	- 0,21 ~ - 4,17	0,03*
	HH 58,85 (7,39)			
SS	Barefoot 37,06 (5,87)	- 0,81 (5,13)	1,74 ~ - 3,36	0,51
	HH 37,87 (7,18)			
PT	Barefoot 12,10 (6,49)	- 1,05 (3,96)	0,92 ~ - 3,02	0,28
	HH 13,15 (4,91)			
PI	Barefoot 48,93 (8,05)	- 2,95 (5,46)	- 0,24 ~ - 5,67	0,04*
	HH 51,88(10,21)			

* Signifikan bila $p < 0,05$

** Signifikan bila $p < 0,00$

4.3. Korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvis pada saat berdiri statis menggunakan sepatu hak tinggi

Hasil uji korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvis pada saat grup NHT menggunakan sepatu hak tinggi (tabel 4) menunjukkan korelasi yang signifikan ($p < 0,05$) hanya pada nilai sudut *sacral slope* yang berkorelasi positif sangat kuat ($r = 0,81$, $P = 0,00$) dengan nilai sudut *pelvic incidence* (PI).

Tabel 4. Hasil uji korelasi antar sudut parameter lumbosacropelvic grup NHT pada kondisi menggunakan sepatu hak tinggi / high heels (HH)

		Correlations			
		LL_HH	SS_HH	PT_HH	PI_HH
LL_HH	Pearson	1	.415	-.378	.130
	Correlation				
	Sig. (2-tailed)		.098	.135	.618
	N	17	17	17	17
SS_HH	Pearson	.415	1	-.046	.805**
	Correlation				
	Sig. (2-tailed)	.098		.860	.000
	N	17	17	17	17
PT_HH	Pearson	-.378	-.046	1	.440
	Correlation				
	Sig. (2-tailed)	.135	.860		.077
	N	17	17	17	17
PI_HH	Pearson	.130	.805**	.440	1
	Correlation				
	Sig. (2-tailed)	.618	.000	.077	
	N	17	17	17	17

** . Korelasi signifikan pada tingkat 0.01 level (2-tailed).

Hasil uji korelasi antar sudut parameter lumbosacropelvis pada saat grup HT menggunakan sepatu hak tinggi menunjukkan korelasi yang signifikan ($p < 0,05$) pada tabel 5, yakni: Nilai sudut lordosis lumbal (LL) berkorelasi positif sedang ($r = 0,48$, $P = 0,04$) dengan nilai sudut *sacral slope* (SS). Nilai sudut *sacral slope* (SS) berkorelasi positif kuat ($r = 0,77$, $P = 0,00$) dengan nilai sudut *pelvic incidence* (PI) dan berkorelasi positif sedang ($r = 0,48$, $P = 0,04$) dengan nilai sudut lordosis lumbal (LL). Nilai sudut *pelvic tilt* (PT) hanya berkorelasi positif kuat ($r = 0,66$, $P = 0,00$) dengan nilai sudut *pelvic incidence* (PI). Nilai sudut *pelvic incidence* (PI) berkorelasi positif kuat ($r = 0,77$, $P = 0,00$) dengan nilai sudut *sacral slope* (SS) dan berkorelasi positif kuat ($r = 0,61$, $P = 0,00$) dengan sudut *pelvic tilt* (PT).

Tabel 5. Hasil uji korelasi antar sudut parameter lumbosacropelvic grup HT pada kondisi menggunakan sepatu hak tinggi / high heels (HH)

		Correlations			
		LL_HH	SS_HH	PT_HH	PI_HH
LL_HH	Pearson Correlation	1	.482*	-0.132	0.27
	Sig. (2-tailed)		0.043	0.601	0.279
	N	18	18	18	18
SS_HH	Pearson Correlation	.482*	1	0.116	.771**
	Sig. (2-tailed)	0.043		0.646	0
	N	18	18	18	18
PT_HH	Pearson Correlation	-0.132	0.116	1	.612**
	Sig. (2-tailed)	0.601	0.646		0.007
	N	18	18	18	18
PI_HH	Pearson Correlation	0.27	.771**	.612**	1
	Sig. (2-tailed)	0.279	0	0.007	
	N	18	18	18	18

*. Korelasi signifikan pada tingkat 0.05 (2-tailed).

**. Korelasi signifikan pada tingkat 0.01 (2-tailed).

BAB V

PEMBAHASAN

5.1. Karakteristik sampel penelitian

Menurut Been.*et.al* sudut kurvatura lordosis *vertebrae lumbales* dipengaruhi oleh beberapa faktor internal dan eksternal tubuh yang dapat menambah ataupun mengurangi besarnya sudut kurvatura *vertebrae lumbales* tersebut. Perbedaan jenis kelamin memiliki pengaruh terhadap sudut kurvatura lordosis *vertebrae lumbales*⁹ dan berdasarkan fakta di lapangan, perempuan yang paling sering menggunakan sepatu hak tinggi daripada laki-laki di Indonesia. Oleh karena itu peserta penelitian ini melibatkan perempuan. Sudut kurvatura lordosis *vertebrae lumbales* juga dipengaruhi oleh masa pertumbuhan tulang⁶⁰⁻⁶² sehingga peneliti melibatkan peserta dengan rentang usia 19 sampai 27 tahun, yang telah melewati masa pertumbuhan tulang. Pada usia tersebut juga merupakan rentang usia produktif^{63,64} wanita yang berisiko untuk terpapar oleh dampak negatif penggunaan sepatu hak tinggi,⁶⁵ sehingga dapat diperoleh sampel yang dapat mewakili populasi untuk menganalisis adanya efek penggunaan sepatu hak tinggi terhadap sudut parameter lumbosakropelvis.

Indeks massa tubuh (IMT) yang besar dapat menambah sudut kurvatura lordosis *vertebrae lumbales* menjadi lebih besar,⁹ oleh karena itu peneliti melibatkan peserta dengan indeks massa tubuh (IMT) normal.^{46,47} Peserta penelitian dipilih dengan tingkat aktivitas fisik ringan hingga aktif karena ada pengaruh dari kekuatan otot-otot pendukung postural, terutama otot bagian anterior dan posterior dalam mempengaruhi perubahan sudut lumbosakropelvis.⁹

Peserta tidak memiliki kelainan struktural postur tubuh seperti thorakal kifosis, skoliosis, *anisomelia*,⁵² LSTV lebih dari derajat 1a dan 1b,^{66,67} *spondylosis*, *osteoarthritis*, degenerasi diskus, dsb. Adanya kelainan ini akan mempengaruhi keseimbangan dan kurvatura *columna vertebralis* sehingga dapat menjadi faktor bias yang dapat mempengaruhi hasil penelitian ini.⁹ Peserta penelitian juga tidak memiliki riwayat pernah hamil ataupun sedang hamil karena sinar radiasi dari pesawat sinar x dapat meningkatkan risiko pada janin.⁶⁸

Semua peserta penelitian harus memiliki riwayat paparan sepatu hak tinggi lebih dari 1 tahun, sehingga peneliti berharap dalam jangka waktu tersebut sudah terjadi perubahan minimal biomekanik lumbosakropelvis yang dapat dianalisis. Peneliti juga membagi peserta penelitian menjadi dua grup yang berbeda berdasarkan riwayat frekuensi paparan sepatu hak tinggi, yakni grup yang belum terbiasa (NHT) menggunakan tinggi hak sepatu < 6 cm untuk semua tipe hak sepatu, ≤ 3 jam/hari dan ≤ 3 kali/minggu, sedangkan grup yang terbiasa (HT) menggunakan ≥ 6 cm untuk semua tipe hak sepatu, > 3 jam/hari dan > 3 kali/minggu. Penetapan riwayat penggunaan sepatu hak tinggi di kedua grup ini diadopsi berdasarkan panduan dari penelitian sebelumnya yang telah menganalisis dan memperoleh data valid pada segmen lumbal.^{12,14,44} yang telah menunjukkan efek penggunaan sepatu hak tinggi, sehingga dapat dibandingkan dengan penelitian sebelumnya dan bermanfaat sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.

Berdasarkan kriteria di atas peneliti berharap dapat menganalisis efek penggunaan sepatu hak tinggi yang lebih akurat dan dapat mengurangi bias yang berasal dari faktor risiko.⁹

5.2. Efek penggunaan sepatu hak tinggi terhadap perubahan sudut parameter lumbosakropelvis

Berdasarkan hasil pemeriksaan radiografi lumbosakropelvis yang dilakukan analisis komparatif antar kondisi kaki pada kedua grup, ditemukan bahwa sepatu hak tinggi 7 cm dengan tipe stiletto telah memberikan efek perubahan sudut parameter lumbosakropelvis yang berbeda.

Pada grup NHT, sepatu hak tinggi telah menyebabkan nilai sudut lordosis lumbal (LL) semakin berkurang, yakni dari $61,13^{\circ}$ ($\pm 9,76^{\circ}$) menjadi $58,39^{\circ}$ ($\pm 9,11^{\circ}$) dengan signifikansi 0,04 ($P < 0,05$). Berkurangnya nilai sudut lordosis lumbal (LL) ini menyatakan bahwa kurvatura lordosis *vertebrae lumbales* bertambah datar.

Sepatu hak tinggi juga telah mengurangi nilai sudut *sacral slope* dari 43° ($\pm 6,22^{\circ}$) menjadi $39,43^{\circ}$ ($\pm 7,96^{\circ}$) dengan signifikansi 0,00 ($P < 0,05$) dan memperbesar sudut *pelvic tilt* dari $13,03^{\circ}$ ($\pm 6,16^{\circ}$) menjadi $15,50^{\circ}$ ($\pm 5,99^{\circ}$) dengan

signifikansi 0,00 ($P < 0,05$). Berkurangnya sudut *sacral slope* menandakan bahwa posisi *vertebrae sacrales* semakin bertambah vertikal dan bertambah besarnya sudut *pelvic tilt* menandakan bahwa tulang pelvis mengalami rotasi ke arah posterior (retroversi). Sudut *pelvic incidence* dengan tidak signifikan 0,70 ($P > 0,05$) bertambah kecil dari $56,10^0 (\pm 9,31^0)$ menjadi $55,69^0 (\pm 9,31^0)$.

Berdasarkan hasil ini, peneliti berpendapat bahwa sepatu hak tinggi telah mengubah rangkaian biomekanik lumbosakropelvis grup NHT sehingga menyebabkan kurvatura lordosis *vertebrae lumbales* bertambah datar, posisi *vertebrae sacrales* bertambah vertikal dan tulang pelvis mengalami rotasi ke arah posterior (retroversi), meskipun sudut *pelvic incidence* berkurang secara tidak signifikan.

Hasil ini sesuai dengan penemuan Russell.et.al³⁵ yang menemukan sudut lordosis lumbal yang berkurang secara tidak signifikan di kedua grup penelitiannya. Cassarin.et.al¹⁴ yang menyatakan bahwa bentuk lumbal yang semakin mendatar menyebabkan peningkatan otot tungkai bawah yang lebih besar daripada otot lumbal karena tungkai bahwa berkontraksi lebih keras untuk melakukan plantar fleksi saat menggunakan hak tinggi sehingga otot-otot lumbal menjadi kurang aktif. Pezzan.et.al¹² juga menemukan bentuk postur yang serupa pada grup *non-user* (NUG) dan menyatakan bahwa mendatarnya bentuk lordosis lumbal setelah menggunakan sepatu hak tinggi disebut sebagai postur pembetulan lordosis lumbal (*lumbal rectification posture*) akibat sepatu hak tinggi telah memindahkan *center of gravity* tubuh ke arah anterior dan mencetuskan gangguan keseimbangan tubuh yang perlu dikompensasi melalui postur pembetulan lordosis lumbal tersebut. Franklin.et.al⁸ juga menyatakan bahwa berkurangnya bentuk kurvatura lordosis *vertebrae lumbales* yang disertai dengan pengurangan rotasi anterior tulang pelvis dan *sacral base angle* dapat berpotensi untuk menimbulkan keluhan klinis *low back pain* (LBP) pada para pengguna sepatu hak tinggi.

Secara anatomi, antara *vertebrae lumbales*, *vertebrae sacrales* dan tulang panggul saling berhubungan satu dengan yang lainnya melalui sendi *lumbosacral* dan sendi *sacroiliaca*^{19,69} serta memiliki rangkaian biomekanik yang saling mempengaruhi antara satu dengan lainnya, sehingga berubahnya salah satu tulang ini dapat menyebabkan perubahan tulang lainnya untuk menyesuaikan bentuk

postur tubuh yang diadopsi oleh seseorang.⁴³ Seorang yang berdiri menggunakan sepatu hak tinggi akan mengadopsi bentuk postur tubuh yang tidak sama seperti saat berdiri pada permukaan yang datar atau tanpa alas kaki, akibat semakin bertambah tingginya tumit kaki maka akan menyebabkan rangkaian perubahan pada segmen tubuh di atasnya.^{10,11} Segmen panggul adalah bagian dari tubuh yang mempertemukan batang tubuh dengan tungkai kaki sehingga perubahan yang terjadi pada tungkai kaki saat berdiri menggunakan sepatu hak tinggi tentu juga akan mengubah segmen tubuh yang lebih di atasnya, yakni panggul dan batang tubuh, namun perubahan rangkaian biomekanik lumbosakropelvis ini masih menuai kontroversi bila ditinjau dari kenyataan hasil penelitian.

Silva.*et.al*¹¹ dan Pannell SL¹⁰ menjelaskan bahwa secara umum pada saat seseorang menggunakan sepatu hak tinggi, tubuh akan melakukan perubahan postur yang bervariasi. Sepatu hak tinggi akan mengangkat tumit kaki menjadi lebih tinggi dan menyebabkan gerakan dorsi fleksi pada kaki sehingga tubuh menjadi lebih condong ke arah depan dan menggeser *center of gravity* tubuh ke bagian anterior. Kondisi inilah yang menciptakan gangguan keseimbangan postur yang dapat menyebabkan tubuh akan jatuh ke arah depan. Tubuh manusia bukanlah batang pilar yang kaku karena terdiri dari berbagai segmen-segmen tubuh yang didukung oleh jaringan pendukung postur, seperti tulang, sendi, ligament, otot dan saraf yang berperan untuk mempertahankan bentuk postur tubuh. Melalui peran dan dukungan dari jaringan pendukung postur ini maka tubuh mampu melakukan serangkaian pengaturan segmen-segmen tubuh sehingga seseorang dapat berdiri tegak secara normal dan seimbang meskipun sepatu hak tinggi telah menciptakan gangguan keseimbangan tubuh ke arah anterior. Rangkaian pengaturan segmen-segmen tubuh saat seseorang menggunakan sepatu hak tinggi sangat bervariasi, namun tungkai bawah merupakan segmen tubuh pertama yang akan mengalami perubahan. Perubahan ini akan terus merambat naik ke lutut dengan mengubah kesejajaran lutut dan mencetuskan rotasi internal tulang panggul (anteversi). Gerak rotasi internal tulang panggul ini merupakan onset untuk terjadinya hiperlordosis lumbal. Hiperlordosis lumbal juga dapat dicetuskan akibat melemahnya peran dan kontrol otot-otot pendukung postur, seperti: melemahnya kerja kelompok otot postur bagian posterior dari pada

kelompok otot anterior, semakin tidak fleksibelnya otot-otot spinal dan pemanjangan otot abdominal akibat kelompokan otot ini harus berkerja lebih berat saat seseorang menggunakan sepatu hak tinggi.

Peneliti berpendapat bahwa pada saat grup NHT menggunakan sepatu hak tinggi, tubuhnya mengadopsi bentuk postur baru untuk kompensasi terjadinya deviasi *center of gravity* tubuh ke arah anterior, yakni dengan melakukan ekstensi panggul optimal sehingga terjadi perubahan yang signifikan pada sudut *pelvic tilt*. Ekstensi panggul optimal ini perlu diimbangi dengan gerakan fleksi batang tubuh agar *center of gravity* tubuh tidak bergeser ke arah posterior. Gerakan fleksi batang tubuh inilah yang menyebabkan bertambah kecilnya sudut lordosis lumbal (LL) sehingga kurvatura lordosis *vertebrae lumbales* bertambah datar dan menyebabkan nilai sudut *sacral slope* bertambah kecil secara signifikan. Akibat adanya korelasi positif antara sudut *pelvic incidence*, sudut *sacral slope* dan sudut *pelvic tilt*,^{38,43} maka sudut *pelvic incidence* (PI) yang relatif tidak berubah mungkin disebabkan karena sudut *sacral slope* dan sudut *pelvic tilt* saling bergerak dengan arah yang berlawanan untuk mengkompensasi semakin berkurangnya sudut lordosis lumbal sehingga sudut *pelvic incidence* berkurang minimal secara tidak signifikan. Bentuk postur yang diadopsi oleh grup NHT mungkin terjadi akibat grup NHT belum terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi, sehingga tubuhnya lebih mengandalkan mekanisme kompensasi melalui segmen panggulnya daripada segmen lumbalnya.

Nilai sudut lumbosakropelvis yang berbeda ditemukan pada hasil analisis grup HT, yakni nilai sudut lordosis lumbal (LL) semakin bertambah besar, mulai dari $56,67^{\circ} (\pm 7,53^{\circ})$ menjadi $58,85^{\circ} (\pm 7,39^{\circ})$ dengan signifikansi 0,03 ($P < 0,05$). Bertambahnya nilai sudut lordosis lumbal (LL) ini menyatakan bahwa kurvatura lordosis *vertebrae lumbales* bertambah lordosis.

Sepatu hak tinggi telah menambah secara tidak signifikan sudut *sacral slope* (SS) dari $37,06^{\circ} (\pm 5,87^{\circ})$ menjadi $37,87^{\circ} (\pm 7,18^{\circ})$ dengan signifikansi 0,51 ($P > 0,05$) dan sudut *pelvic tilt* (PT) dari $12,10^{\circ} (\pm 6,49^{\circ})$ menjadi $13,15^{\circ} (\pm 4,91^{\circ})$ dengan signifikansi 0,28 ($P > 0,05$), namun nilai *pelvic incidence* (PI) semakin bertambah besar secara signifikan, yakni dari $48,93^{\circ} (\pm 8,05^{\circ})$ menjadi $51,88^{\circ} (\pm 10,21^{\circ})$ dengan signifikansi 0,04 ($P < 0,05$).

Berdasarkan hasil ini, peneliti berpendapat bahwa sepatu hak tinggi hanya mengubah sebagian dari rangkaian biomekanik lumbosakropelvis grup HT, yakni dengan menambah kurvatura lordosis *vertebrae lumbales* dan sudut *pelvic incidence* secara signifikan, namun segmen panggulnya relatif tidak berubah, meskipun menunjukkan posisi *vertebrae sacrales* sedikit bertambah horizontal dan tulang pelvis sedikit mengalami rotasi ke arah posterior (retroversi).

Hasil ini sesuai dengan penemuan Lee.et.al⁷⁰ yang menemukan terjadinya pengurangan dari trunk flexion angle pada saat berdiri statis sehingga berpotensi menimbulkan penambahan stress pada lumbal. Dai.et.al.⁴⁴ yang berpendapat bahwa adanya mekanisme kompensasi lain pada tubuh para pengguna sepatu hak tinggi sehingga menyebabkan bertambahnya bentuk lordosis kurvatura *vertebrae lumbales* tidak disertai dengan perubahan signifikan pada segmen *sacropelvic* Kondisi yang berlawanan ditemukan oleh Pezzan.et.al¹² pada grup *user* (UG) yang menemukan bertambahnya bentuk lordosis segmen lumbal disertai dengan perubahan signifikan pada segmen panggulnya yang menjadi miring ke arah anterior. Pezzan.et.al¹² berpendapat bahwa akibat grup *user* (UG) telah secara kronis menggunakan sepatu hak tinggi maka pada segmen lumbalnya akan mengalami adaptasi menjadi lebih hiperlordosis yang disertai dengan pergerakan tulang pelvis ke arah anterior untuk memulihkan keseimbangan tubuhnya, seperti yang terjadi pada postur dengan pembetulan lordosis lumbal di grup *non-user* (NUG).

Peneliti berpendapat bahwa, pada saat grup HT berdiri menggunakan sepatu hak tinggi, tubuhnya cenderung mempertahankan posisi segmen panggulnya dengan cara melakukan gerak ekstensi minimal. Gerak ekstensi minimal panggul ini tidak cukup untuk mengkompensasi perpindahan *center of gravity* tubuh yang mengalami deviasi ke arah anterior, sehingga perlu disertai dengan melakukan gerak ekstensi batang tubuh. Gerakan ekstensi batang tubuh yang disertai dengan gerak ekstensi minimal segmen panggul inilah menyebabkan kurvatura lordosis *vertebrae lumbales* semakin bertambah lordosis dan semakin bertambah besarnya sudut *pelvic incidence* secara signifikan, namun tidak disertai dengan perubahan signifikan pada posisi *vertebrae sacrales* dan gerakan rotasi tulang pelvis. Bentuk postur yang diadopsi oleh grup HT mungkin terjadi akibat grup HT telah terbiasa

menggunakan sepatu hak tinggi dalam jangka waktu yang lama sehingga tubuhnya telah beradaptasi dengan mengandalkan perubahan pada segmen lumbal daripada segmen panggulnya. Kondisi ini berlawanan dengan bentuk postur yang diadopsi oleh grup NHT.

Berbedanya perubahan sudut lumbosakropelvis pada kedua grup penelitian ini ataupun pada penelitian sebelumnya, mungkin disebabkan adanya peran kontrol dan dukungan dari otot-otot pendukung postur yang dapat mempengaruhi bentuk postur tubuh seseorang yang berdiri menggunakan sepatu hak tinggi seperti yang dijelaskan oleh Silva.*et.al*¹¹ dan Pannell SL.¹⁰ Apabila otot-otot pendukung postur mengalami kegagalan dalam mempertahankan bentuk postur dan telah beradaptasi dengan bentuk postur tubuh yang baru, dapat menyebabkan semakin bertambah buruknya kesejajaran vertikal pada segmen lumbal, *sacrum* dan pelvis, serta parameter lumbosakropelvis akan berubah secara signifikan.^{10,11}

Otot-otot pendukung postur yang memiliki sifat kerja dengan daya berpasangan (*force couple*) sangat penting dalam mempertahankan keseimbangan tubuh apapun bentuk postur yang diadopsi oleh tubuh karena otot-otot ini memiliki tempat perlekatan disekitar segmen tungkai, lumbosakropelvis bahkan hingga kepada batang tubuh sehingga setiap aktifitas kontraksinya pasti akan mempengaruhi bentuk segmen-segmen tubuh yang terkait dan dapat mempengaruhi bentuk postur yang akan diadopsi oleh tubuh.¹⁹ Adanya peranan otot-otot pendukung postur telah ditemukan oleh beberapa peneliti sebelumnya^{8,14,70,71} dan mungkin menjadi salah satu penyebab bentuk postur seseorang yang menggunakan sepatu hak tinggi ditemukan tidak signifikan berubah.^{14,30,35}

Secara kinesiologi, tubuh yang tetap seimbang pada saat berdiri tegak lurus tidak selalu menunjukkan bentuk yang *good postur*, yakni kondisi saat segmen-segmen tubuh, otot-otot dan tulang-tulang berada pada posisi sejajar dan sesuai dengan posisi anatomis normal (*align*) sehingga dapat berkerjasama dengan harmonis, melindungi tubuh dari perlukaan ataupun deformitas progresif.²⁸ Hal ini dapat dicontohkan pada saat kedua grup penelitian ini berdiri statis menggunakan sepatu hak tinggi. Kedua grup mampu berdiri dengan postur tegak lurus dengan seimbang, namun setelah dilakukan pemeriksaan radiografi ditemukan adanya

deviasi pada kesejajaran tulang-tulang segmen lumbosakropelvis. Grup NHT mengadopsi bentuk segmen lumbosakropelvis yang saling bertindih, sedangkan grup HT mulai menunjukkan bentuk segmen lumbosakropelvis yang saling berliku dengan mengadopsi bentuk postur dengan kesejajaran berliku (*zig-zag*).²⁸

Bentuk deviasi segmen lumbosakropelvis ini merupakan postur yang melelahkan (*fatigue posture*) dan berpotensi untuk menimbulkan peregangan berlebihan pada ligamentum, memaparkan tulang rawan persendian terhadap beban yang tidak seimbang, hingga kepada peningkatan daya gesek (*friction*) yang abnormal sehingga dapat membawa jaringan pendukung tersebut ke proses infamasi yang dapat menimbulkan keluhan fisik.²⁸

Hal inilah yang mungkin menyebabkan keluhan fisik pada daerah tungkai bawah hingga kepada segmen lumbal pada grup NHT setelah berdiri selama 1 jam menggunakan sepatu hak tinggi, serta pada grup HT yang mengeluh keluhan fisik simptomatis daerah tungkai bawah hingga kepada segmen lumbalnya yang semakin bertambah buruk apabila harus lebur berkerja sambil menggunakan sepatu hak tinggi.

Kedua bentuk postur tegak lurus ini, baik dengan cara mengurangi ataupun menambah kurvatura lordosis *vertebrae lumbales* memiliki kerugian mekanis secara struktural bagi bentuk anatomi tulang, persendian, ligamentum dan otot-otot tubuh sehingga keluhan kelinis berupa nyeri pinggang belakang (*low back pain*) mungkin saja dapat muncul pada kedua bentuk ini, bukan hanya disebabkan akibat semakin bertambahnya kurvatura lordosis *vertebrae lumbales*. Hal ini mungkin menjadi salah satu penyebab bahwa derajat lordosis lumbal secara tidak signifikan mempengaruhi bentuk disfungsi lumbal yang dialami oleh penderita *chronic mechanical low back pain* (CMLBP) seperti yang ditemukan oleh Ashraf.*et.al*⁷² dan masih belum jelasnya hubungan antara kemunculan *low back pain* (LBP) dengan kebiasaan menggunakan sepatu hak tinggi.^{3,73}

5.3. Korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvis pada saat berdiri menggunakan sepatu hak tinggi

Hasil uji korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvis grup NHT menunjukkan hanya sudut *sacral slope* yang berkorelasi positif sangat kuat ($r = 0,81$, $P = 0,00$) dengan nilai sudut *pelvic incidence* (PI). Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecilnya sudut *sacral slope* (SS) akan diikuti dengan semakin kecilnya sudut *pelvic incidence* (PI).

Lazennec.*et.al*⁴³ menyatakan bahwa besarnya derajat sudut *pelvic tilt* yang berperan untuk mengkompensasi gangguan keseimbangan sagital ke arah anterior ini, dipengaruhi oleh sudut *pelvic incidence*. Sudut *pelvic tilt* dan sudut *sacral slope* berperan secara bersama-sama dalam memberikan bentuk rotasi tulang panggul sehingga secara anatomi terdapat korelasi antara sudut *pelvic incidence*, sudut *pelvic tilt* dan sudut *sacral slope* melalui persamaan $PI = PT + SS$.^(38,43) Berubahnya sudut *pelvic tilt* akan mempengaruhi gerak rotasi tulang panggul bersamaan dengan sudut *sacral slope*.⁴³

Berdasarkan studi literatur di atas, peneliti berpendapat bahwa akibat grup NHT belum terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi, maka tubuhnya lebih mengandalkan mekanisme kompensasi pada segmen panggulnya daripada segmen lumbalnya. Mekanisme kompensasi pada segmen panggul ini memerlukan kinerja otot pendukung postur bagian posterior, seperti otot ekstensor panggul yang lebih besar daripada otot bagian anterior.¹⁹

Adanya peran dan kontrol yang adekuat pada otot-otot pendukung postur bagian posterior yang lebih besar daripada bagian anterior ini menyebabkan terganggunya sebagian besar korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvis grup NHT sehingga hanya ditemukan korelasi sudut *sacral slope* dengan sudut *pelvic incidence*.

Hasil uji korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvis pada saat grup HT menggunakan sepatu hak tinggi menunjukkan korelasi yang signifikan ($p < 0,05$), yakni: Nilai sudut lordosis lumbal (LL) berkorelasi positif sedang ($r = 0,48$, $P = 0,04$) dengan nilai sudut *sacral slope* (SS). Nilai sudut *sacral slope* (SS) berkorelasi positif kuat ($r = 0,77$, $P = 0,00$) dengan nilai sudut *pelvic incidence* (PI) dan berkorelasi positif sedang ($r = 0,48$, $P = 0,04$) dengan nilai sudut lordosis

lumbal (LL). Nilai sudut *pelvic tilt* (PT) hanya berkorelasi positif kuat ($r = 0,66$, $P = 0,00$) dengan nilai sudut *pelvic incidence* (PI). Nilai sudut *pelvic incidence* (PI) berkorelasi positif kuat ($r = 0,77$, $P = 0,00$) dengan nilai sudut *sacral slope* (SS) dan berkorelasi positif kuat ($r = 0,61$, $P = 0,00$) dengan nilai sudut *pelvic tilt* (PT).

Berdasarkan hasil di atas, maka peneliti berpendapat bahwa setelah grup HT menggunakan sepatu hak tinggi, maka secara anatomi tubuhnya masih memperlihatkan korelasi pada segmen lumbosakropelvis, seperti: kelengkungan kurvatura lordosis *vertebrae lumbales* hanya berkorelasi dengan posisi *vertebrae sacrales*. Posisi *vertebrae sacrales* hanya berkorelasi dengan salah satu sudut parameter segmen panggul, yakni sudut *pelvic incidence*. Sudut *pelvic incidence* paling berkorelasi dengan posisi *vertebrae sacrales* baru kemudian dengan bentuk rotasi tulang pelvis, yakni sudut *pelvic tilt*. Namun korelasi antara sudut lordosis lumbal dengan sudut *pelvic incidence* justru menghilang.

Boulay.*et.al* menjelaskan bahwa terdapat korelasi yang signifikan antara orientasi spinal dengan sudut *pelvic incidence*. Sudut *pelvic incidence* yang kecil akan menyebabkan sudut *sacral slope* dan sudut lordosis lumbal bertambah kecil, begitu pula sebaliknya. Berubahnya salah satu dari parameter ini, kecuali nilai sudut *pelvic incidence*, akan menyebabkan perubahan parameter lainnya. Kondisi ini merupakan kemampuan fungsional dari unit *spinopelvic* untuk membentuk dan mempertahankan keseimbangan sagital tubuh.⁷⁴

Bervariasinya sudut parameter *spinopelvic* berkaitan dengan kemampuan adaptasi lumbal dan lengkung dorsal tubuh. Bila nilai parameter ini melewati batasnya maka postur tubuh manusia akan menjadi tidak seimbang tergantung dari mekanisme kompensasi pada segmen atas tubuh atau segmen bawah tubuh sehingga dapat menimbulkan pola patologis jangka pendek atau jangka panjang.⁷⁴

Peneliti berpendapat bahwa akibat grup HT telah terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi maka tubuhnya dapat beradaptasi dengan bentuk postur yang baru tersebut dan telah disesuaikan oleh peran dan kontrol jaringan pendukung postur, terutama otot-otot postural bagian anterior dan posterior. Akibat grup HT mengadopsi gerakan ekstensi minimal maka korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvis lainnya masih dapat dipelihara, namun gerakan ekstensi batang tubuh yang dilakukan untuk memulihkan *center of gravity* tubuh ini justru

menyebabkan hilangnya korelasi antara sudut lordosis lumbal dengan sudut *pelvic incidence*, karena adanya peran dan dukungan otot pendukung postur bagian posterior seperti otot ekstensor batang tubuh, yang bekerja aktif mempertahankan bentuk postur yang diadopsi oleh grup HT ini.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

1.1. Kesimpulan

1. Sepatu hak tinggi dapat mengubah sudut parameter lumbosakropelvis pada grup yang belum terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi, yaitu berkurangnya sudut lordosis lumbal dan sudut *sacral slope* serta bertambahnya nilai sudut *pelvic tilt*, namun tidak ada perubahan signifikan pada sudut *pelvic incidence*.
2. Sepatu hak tinggi dapat mengubah sudut parameter lumbosakropelvis pada grup yang terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi, yaitu bertambahnya sudut lordosis lumbal dan sudut *pelvic incidence* secara signifikan, namun tidak ada perubahan signifikan pada sudut *sacral slope* dan sudut *pelvic tilt*.
3. Terdapat korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvis pada saat grup yang belum terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi berdiri statis menggunakan sepatu hak tinggi, yaitu antara sudut *sacral slope* dengan sudut *pelvic incidence*.
4. Terdapat korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvis pada saat grup yang terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi berdiri statis menggunakan sepatu hak tinggi, kecuali pada sudut lordosis lumbal dengan sudut *pelvic incidence*.

1.2. Saran

1. Peneliti menyarankan untuk memanfaatkan metoda radiografi konvensional untuk mengukur postur tubuh pengguna sepatu hak tinggi sehingga perubahan bentuk anatomi tulang dapat dianalisis secara langsung dan lebih akurat.
2. Peneliti menyarankan untuk melakukan pemeriksaan *electromyography* (EMG) pada otot-otot pendukung postural, terutama otot anterior dan posterior yang terkait sehingga dapat diketahui peranannya dalam mengubah atau mempertahankan bentuk postur seseorang.
3. Peneliti menyarankan agar mengurangi frekuensi pemakaian dan ketinggian hak sepatu, serta melakukan peregangan pada otot-otot area pinggang hingga tungkai bawah, baik sebelum dan sesudah menggunakan sepatu hak tinggi agar dapat mengurangi stress pada otot tersebut dan terhindar dari perlukaan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Barkema D. The effect of heel height on frontal plane joint moments, impact acceleration, and shock attenuation during walking [Graduate Theses and Dissertations]. [Iowa, USA]: Iowa State University; 2010.
2. Park SW, Lee K. Simulation of biomechanical influence of high heels on musculoskeletal system of foot and ankle. Proc 28 Th Conf Int Soc Biomech Sport. 2007;28.: p 1 [internet]. [tanggal akses 27 juni 2017]. Didapat dari: <https://isbweb.org/images/conf/2009/data/pdf/238.pdf>
3. Kumar VN, Prasanna C, Sundar S, Venkatesan A. High heels footwear causes heel pain and back pain, myth or reality. Int J Sci Study. 2015;3(8): p 101.
4. Barnish MS, Barnish J. High-heeled shoes and musculoskeletal injuries: a narrative systematic review. BMJ Open. 2016;6(1): p 10053-62.
5. Odebiyi DO AE. Effects of Walking in High Heeled Shoes on Oxygen Consumption and Energy Expenditure in Young Women. J Exerc Physiol Online. 2011;14(6): p 20–8.
6. Sinta CR, Rumampuk JF, Lintong F. Analisis pengaruh tinggi hak sepatu terhadap nyeri kaki pada pramuniaga kosmetik di manado. J E-Biomedik. 2014;2(1): p 1-6 [internet]. [tanggal akses 27 juni 2017]. Didapat dari: <https://ejournal.unsrat.ac.id/>
7. Maha BAKS, Ticoalu SH., Wongkar D. Pengaruh penggunaan sepatu hak tinggi terhadap risiko timbulnya varises pada tungkai bawah. J E-Biomedik. 2013;1(3): p 1-6 [internet]. [tanggal akses 27 juni 2017]. Didapat dari: <https://ejournal.unsrat.ac.id/>
8. Franklin ME, Chenier TC, Brauning L, Cook H, Harris S. Effect of positive heel inclination on posture. J Orthop Sports Phys Ther. 1995;21(2): p 94–9.
9. Been E, Kalichman L. Lumbar lordosis. Spine J Off J North Am Spine Soc. 2014 Jan;14(1): p 87–97.
10. Pannell SL. The Postural and Biomechanical Effects of High Heel Shoes: A Literature Review [A Senior Research Project Submitted in Partial Requirement for the Degree of Doctor of Chiropractic]. [Chasterfield, USA]: Longan University; 2012.
11. Silva AM, de Siqueira GR, da Silva GAP. Implications of high-heeled shoes on body posture of adolescents. Rev Paul Pediatr Orgão Of Soc Pediatr São Paulo. 2013; 31(2): p 265–71.
12. de Oliveira Pezzan PA, João SMA, Ribeiro AP, Manfio EF. Postural assessment of lumbar lordosis and pelvic alignment angles in adolescent users and nonusers of high-heeled shoes. J Manipulative Physiol Ther. 2011; 34(9): p 614–21.
13. Russell BS. The effect of high-heeled shoes on lumbar lordosis: a narrative review and discussion of the disconnect between Internet content and peer-reviewed literature. J Chiropr Med. 2010; 9(4): p 166–73.
14. Casarin CAS, Bocalini DS, Marchetti PH, Andrade EL de, Leite GS, Serra AJ, et al. Relation between Wearing High-Heeled Shoes and Gastrocnemius and Erector Spine Muscle Action and Lumbar Lordosis_2014. Med Sci Technol. 2014;55: p 71–16.
15. Vrtovec T, Pernuš F, Likar B. A review of methods for quantitative evaluation of spinal curvature. Eur Spine J. 2009; 18(5): p 1–15.
16. Herkowitz HN, Garfin SR, Eismont FJ. Rothman Simeone The Spine. 6th ed. Vol. 1. Philadelphia, USA: Saunders Elsevier; 2011. p 109-26.
17. Drake R, Vogl AW, Mitchell AWM. Gray's Basic Anatomy. Elsevier Health Sciences; 2012. p 631.
18. Hamilton N, Weimar W, Luttgens K. Kinesiology: scientific basis of human motion. 11th ed. Boston: McGraw-Hill; 2008. p 193-5.
19. Lippert LS. Clinical Kinesiology and Anatomy. 5th ed. Philadelphia: F.A. Davis Company; 2011. p 332.
20. Moore KL, Dalley AF, Agur AMR. Clinically Oriented Anatomy [Internet]. 6th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2010. p 1134. didapat dari : https://books.google.co.id/books?id=7wslOgAACAAJ&dq=moore+clinical+anatomy+6th+ed&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwim3LWc_pvTAhVKP48KHd4wB7sQ6AEIGTAA

21. Hamill J, Knutzen K, Derrick TR. *Biomechanical Basis of Human Movement*. 4th ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2014. p 188-95
22. Kliegman RM, Bonita, Stanton, St. Geme J, Schor N, Behrman RE. *Nelson Text Book of Elsevier*. 19th ed. Philadelphia, USA: Saunders Elsevier; 2011. p 2371.
23. Mauroy JC de. *Kyphosis Physiotherapy from Childhood to Old Age*. In: *Physical Therapy Perspectives in the 21st Century – Challenges and Possibilities*. 1st ed. Croatia: InTech; 2012. p. 398.
24. Herring J. *Tachdijan's Pediatric Orthopaedics*. 5th ed. Philadelphia, USA: Saunders Elsevier; 2014. p 308.
25. Singh AP. *Cobb Angle Measurement | Bone and Spine [Internet]*. [tanggal akses 10 Mei 2017]. didapat dari: <http://boneandspine.com/cobb-angle-measurement/>
26. Simons DG, Travell JG, Simons LS. *Travell & Simons' Myofascial Pain and Dysfunction: Upper half of body*. Lippincott Williams & Wilkins; 1999. p 1068.
27. Lippert LS. *Clinical Kinesiology and Anatomy*. F.A. Davis; 2011. p 419.
28. Hamilton N, Weimar W, Luttgens K. *Kinesiology: Scientific Basis of Human Motion*. 11th ed. New york: McGraw-Hill; 2008. p 364-405
29. Zietsman N. *How to be aware of a problem that could be right under your feet | South Peninsula Moms [Internet]*. [tanggal akses 10 Mei 2017]. didapat dari: <http://www.southpeninsulamoms.co.za/how-to-be-aware-of-a-problem-that-could-be-right-under-your-feet/>
30. Lunes D, Monte-Raso W, Santos C, Castro F, Salgado H. *Postural influence of high heels among adult women: analysis by computerized photogrammetry*. *Rev Bras Fisioter*. 2008;12(6):p 454–9.
31. Babai E, Khodamoradi A, Mosavi Z, Bahari S. *An innovative software method for measuring lumbar lordosis*. *Sch Res Libr*. 2012;3(1): p 204–13.
32. Rajabi R, Seidi F, Mohamadi F. *Which method is accurate when using the flexible ruler to measure the lumbar curvature angle? deep pint or mid point of arch?* *World Appl Sci J*. 2008;4(6): p 849–52.
33. Hart DL, Rose SJ. *Reliability of a noninvasive method for measuring the lumbar curve*. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1986; 8(4): p1-5
34. Blommestein AS, Lewis JS, Morrissey MC, MacRae S. *Reliability of measuring thoracic kyphosis angle, lumbar lordosis angle and straight leg raise with an inclinometer*. *Open Spine J*. 2012;(4): p10–5.
35. Russell BS, Muhlenkamp KA, Hoiriis KT, DeSimone CM. *Measurement of lumbar lordosis in static standing posture with and without high-heeled shoes*. *J Chiropr Med*. 2012; 11(3): p 145–53.
36. *Medical radiation | American Cancer Society [Internet]*. [tanggal akses 11 April 2017]. didapat dari: <https://www.cancer.org/cancer/cancer-causes/radiation-exposure/x-rays-gamma-rays/medical-radiation.html>
37. Damasceno LHF, Catarin SRG, Campos AD, Defino HLA. *Lumbar lordosis, a study of angle values and of vertebral bodies and intervertebral discs role*. *Acta Ortop Bras*. 2006;14(4). p 1-6
38. Jean L. *Analysis of the Dynamic Sagittal Balance of the Lumbo-Pelvi-Femoral Complex*. In: *Biomechanics in Applications [Internet]*. InTech; 2011 [tanggal akses 11 April 2017]. didapat dari: <https://www.intechopen.com/books/biomechanics-in-applications>
39. Cowherd GP, Gringmuth R, Nolet P. *A comparison of the Metrecom skeletal analysis system vs plain film radiography in the measurement of sacral base angle and lumbar lordosis*. *J Can Chiropr Assoc*. 1992; 36(3):p 156–60.
40. Roussouly P, Berthonnaud E, Dimnet J. *Geometrical and mechanical analysis of lumbar lordosis in an asymptomatic population: proposed classification*. *Rev Chir Orthopédique Réparatrice Appar Mot [Internet]*. 2003 [tanggal akses 11 April 2017]. Didapat dari: <https://www.scienceopen.com/document?vid=087178e0-8c89-4eb8-95a2-cbb7af3579db>
41. Legaye J. *The femoro-sacral posterior angle: an anatomical sagittal pelvic parameter usable with dome-shaped sacrum*. *Eur Spine J*. 2007;16: p 219–25.
42. Vaz G, Roussouly P, Berthonnaud E, Dimnet J. *Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine*. *Eur Spine J*. 2002; 11(1): p 80–7.

43. Lazennec JY, Brusson A, Rousseau MA. Lumbar-pelvic-femoral balance on sitting and standing lateral radiographs. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2013; 99(1): p 87–103.
44. Dai M, Li X, Zhou X, Hu Y, Luo Q, Zhou S. High-heeled-related alterations in the static sagittal profile of the spino-pelvic structure in young women. *Eur Spine J.* 2015;24: p 1274–81.
45. Le Huec JC, Aunoble S, Philippe L, Nicolas P. Pelvic parameters: origin and significance. *Eur Spine J.* 2011; 20(5): p 564–71.
46. Harahap H, Widodo Y, Mulyati S. Penggunaan berbagai cut off indeks massa tubuh sebagai indikator obesitas terkait penyakit degeneratif di Indonesia. *Gizi Indones* [Internet]. 2005[tanggal akses 11 April 2017]. Didapat dari: http://ejournal.persagi.org/go/index.php/Gizi_Indon/article/view/20
47. Indrasanto D. Glosarium, data dan informasi kesehatan [Internet]. Indonesia: Pusat data dan informasi departemen kesehatan republik indonesia; 2006. p 40. [tanggal akses 11 April 2017]. Didapat dari: www.depkes.go.id/resources/download/pusdatin/lain-lain/glosarium-2006.pdf
48. Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep.* 1985;100(2): p 126–31.
49. FAO/WHO/UNU. Human energy requirements [Internet]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nation; 2001.: p 35–50. (Energy requirements of adult). Report No.: 1. [tanggal akses 11 April 2017]. Didapat dari: www.fao.org/docrep/007/y5686e/y5686e00.htm
50. Gogia PP, Braatz J. Validity and reliability of leg length measurements. - PubMed - NCBI. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1986; 8(4): p 185.
51. Brady RJ, Dean JB, Skinner TM, Gross MT. Limb length inequality: clinical implications for assessment and intervention. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2003;33(5): p 221–34.
52. Marotta MD. The Biomechanics of Leg Leght Discrepancies [Internet]. [Pennsylvania]: Lehigh University; 1998. [tanggal akses 11 April 2017]. Didapat dari: <http://preserve.lehigh.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1535&context=etd>
53. McCaw ST, Bates BT. Biomechanical implications of mild leg length inequality. *Br J Sports Med.* 1991;25(1): p 10–3.
54. Bago J, Sanchez-Raya J, Perez-Grueso FJS, Climent JM. The Trunk Appearance Perception Scale (TAPS): a new tool to evaluate subjective impression of trunk deformity in patients with idiopathic scoliosis. *Scoliosis Spinal Disord.* 2010;5: p 6.
55. French HD, Somasundaram AJ, Schaefer NR, Laherty RW. Lumbosacral Transitional Vertebrae and Its Prevalence in the Australian Population. *Global Spine J.* 2014;4: p 229–32.
56. Sekharappa V, Amritanand R, Krishnan V, David KS. Lumbosacral Transition Vertebra: Prevalence and Its Significance. *Asian Spine J.* 2014; 8(1): p 51–8.
57. Murlimanju B., Prabhu latha. ., Pai MM, Ganeshkumar C, Sarvepalli A. Lumbosacral Transitional Vertebrae Case Report and Clinical Implications. *Int J Morphol.* 2011;29(4): p 1123–5.
58. Konin GP, Walz DM. Lumbosacral Transitional Vertebrae: Classification, Imaging Findings, and Clinical Relevance. *Am J Neuroradiol.* 2010; 31(10): p 1778–86.
59. Melvin JM. The Effects of Heel Height, Shoe Volume and Upper Stiffness on Shoe Comfort and Plantar Pressure [Internet]. 2014 [tanggal akses 12 April 2017]. Didapat dari: <http://usir.salford.ac.uk/34066/1/post%20viva%20Thesis%20For%20Print.pdf>
60. Kini U, Nandeesh B. Physiology of Bone Formation, Remodeling, and Metabolism - Springer. In: *Physiology of Bone Formation, Remodeling, and Metabolism* [Internet]. 1st ed. Berlin Heidelberg: Springer; 2012.: p. 29–57. [tanggal akses 9 Mei 2017]. Didapat dari: http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-02400-9_2
61. Shefi S, Soudack M, Konen E, Been E. Development of the lumbar lordotic curvature in children from age 2 to 20 years. *Spine.* 2013; 38(10): p 602-8.
62. Office of the Surgeon General (US). Bone Health and Osteoporosis: A Report of the Surgeon General [Internet]. Rockville (MD): Office of the Surgeon General (US); 2004. [tanggal akses 9 Mei 2017]. (Reports of the Surgeon General). (Reports of the Surgeon General). Didapat dari: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK45513/>

63. Badan Pusat Statistik [Internet]. [tanggal akses 9 Mei 2017]. Didapat dari: <https://www.bps.go.id/index.php/Subjek/view/6>
64. Usia Produktif Dominasi Penduduk Indonesia 2016 - Databoks [Internet]. tanggal akses 9 Mei 2017]. Didapat dari: <http://databoks.katadata.co.id/datapublish/2016/09/24/bonus-demografi-2016-jumlah-penduduk-indonesia-258-juta-orang>
65. Williams CM, Haines TP. An exploration of emergency department presentations related to high heel footwear in Victoria, Australia, 2006–2010. *J Foot Ankle Res.* 2014; 7: p 4.
66. Paraskevas G, Tzaveas A, Koutras G, Natsis K. Lumbosacral transitional vertebra causing Bertolotti's syndrome: a case report and review of the literature. *Cases J* [Internet]. 2009;2. tanggal akses 16 Mei 2017]. Didapat dari: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2740102/>
67. Weerakkody Y. Bertolotti syndrome | Radiology Reference Article | Radiopaedia.org [Internet]. Radiopaedia. [[tanggal akses 16 Mei 2017]. Didapat dari: <https://radiopaedia.org/articles/bertolotti-syndrome>
68. How Safe are Medical X Ray, Environmental Health Guide [Internet]. [tanggal akses 16 Mei 2017]. Didapat dari: http://www.public.health.wa.gov.au/cproot/1394/2/How_Safe_are_Medical_X-Rays.pdf
69. Hamill J, Knutzen K. Biomechanical Basis of Human Movement. 4th ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2014. p 191-3
70. Lee CM. Biomechanical effects of wearing high heeled shoes. *Int J Ind Ergon.* 2001;28: p 321–326.
71. Ashley Marie Rockey. The relationship between anterior pelvic tilt, hamstring extensibility and hamstring strength [Internet]. [Greensboro]: The university of north carolina; 2008. [tanggal akses 16 Mei 2017]. Didapat dari: <https://libres.uncg.edu/ir/uncg/listing.aspx?id=243>
72. Ashraf A, Farahangiz S, Pakniat Jahromi B, Setayeshpour N, Naseri M, Nasserri A. Correlation between Radiologic Sign of Lumbar Lordosis and Functional Status in Patients with Chronic Mechanical Low Back Pain. *Asian Spine J.* 2014; 8(5): p 565–70.
73. Younus SM, Ali T, Memon WA, Qazi A, Ismail F. High heel shoes, outcome of wearing in young generation, a cross sectional study. *Prof Med J.* 2014;21(4): p 798–803.
74. Boulay C, Tardieu C, Hecquet J, Benaim C, Mouilleseaux B, Marty C, et al. Sagittal alignment of spine and pelvis regulated by pelvic incidence: standard values and prediction of lordosis. *Eur Spine J.* 2006;15(4): p 415–22.

Lampiran 1

Surat lolos kaji etik FKUI



Lampiran 1
UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS KEDOKTERAN

Gedung Fakultas Kedokteran UI
 Jl. Salemba Raya No.6, Jakarta 10430
 PO.Box 1358
 T. 62.21.3912477, 31930371, 31930373,
 3922977, 3927360, 3153236,
 F 62 21 3912477, 31930372, 3157288,
 E. humas@fk.ui.ac.id, office@fk.ui.ac.id
 fk.ui.ac.id

Nomor : 720 /UN2.F1/ETIK/2016

KETERANGAN LOLOS KAJI ETIK

ETHICAL APPROVAL

Komite Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia dalam upaya melindungi hak asasi dan kesejahteraan subyek penelitian kedokteran, telah mengkaji dengan teliti protokol berjudul:

The Ethics Committee of the Faculty of Medicine, University of Indonesia, with regards of the Protection of human rights and welfare in medical research, has carefully reviewed the research protocol entitled:

"Efek Penggunaan Sepatu Hak Tinggi terhadap Perubahan Biomekanik Lumbosakropelvik pada Saat Berdiri Statis".

Peneliti Utama : dr. Hartanto
Principal Investigator

Nama Institusi : Ilmu Biomedik FKUI
Name of the Institution

dan telah menyetujui protokol tersebut di atas.
and approved the above mentioned protocol



22 AUG 2016

Ketua
 Chairman

Prof. Dr. dr. Rianto Setiabudy, SpFK

* *Ethical approval* berlaku satu tahun dari tanggal persetujuan.

** Peneliti berkewajiban

1. Menjaga kerahasiaan identitas subyek penelitian.
2. Memberitahukan status penelitian apabila
 - a. Setelah masa berlakunya keterangan lolos kaji etik, penelitian masih belum selesai, dalam hal ini *ethical approval* harus diperpanjang.
 - b. Penelitian berhenti di tengah jalan.
3. Melaporkan kejadian serius yang tidak diinginkan (*serious adverse events*).
4. Peneliti tidak boleh melakukan tindakan apapun pada subyek sebelum penelitian lolos kaji etik dan *informed consent*.

Semua prosedur persetujuan dilakukan sesuai dengan standar ICH-GCP.
 All procedure of Ethical Approval are performed in accordance with ICH-GCP standard procedure.

Lampiran 2

Surat lolos kaji etik RSCM



KEMENTERIAN KESEHATAN

DIREKTORAT JENDERAL PELAYANAN KESEHATAN
RSUP NASIONAL Dr. CIPTO MANGUNKUSUMOJalan Diponegoro No. 71 Jakarta 10430 Kotak Pos 1086
Faksimile : (021) 3148991 Call Center : 1500135 Laman (Website) : www.rscm.co.id

13 Oktober 2016

No : LB.02.01/X.2/ 303 /2016
 Lampiran : Surat Keterangan Lolos Kaji Etik
 Hal : Persetujuan Ijin Penelitian dan Pengambilan Data

Kepada Yth

Ka. Departemen Radiologi

Bersama ini kami hadapkan peneliti :

Nama : dr. Hartanto
 NPM : 1306492805
 Kekhususan : Anatomi
 Universitas : Indonesia
 Strata : S - 2

Yang bersangkutan akan melakukan penelitian mengenai "Efek Penggunaan Sepatu Hak Tinggi terhadap Perubahan Biomekanik Lumbosakropelvik pada Saat Berdiri Statis". Penelitian ini dilakukan di Departemen Radiologi RSUPN Dr. Cipto Mangunkusumo. Sesuai dengan permohonan peneliti dengan disposisi oleh Direktur Pengembangan dan Pemasaran No. 20575 tanggal 19 September 2016. Pada prinsipnya kami mengizinkan, selanjutnya mohon kiranya Saudara dapat membantu kegiatan penelitian tersebut.

Kami mohon kesediaan sejawat agar menjadi anggota peneliti dalam penelitian tersebut dan mohon agar peneliti dapat mengirimkan hasil penelitian dalam bentuk *hard cover* disertai dengan melampirkan Abstrak penelitian dalam bentuk email dilengkapi nama lengkap, asal institusi dan judul penelitian yang dikirimkan kepada bagian penelitian (penelitianrscm@gmail.com).

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Kepala Bagian Penelitian

 Dr. dr. Andri MT/Lubis, Sp.OT(K)
 NIP: 196811051999031001

Tembusan Yth :

1. Direktur Pengembangan dan Pemasaran
2. Ka. Departemen Anatomi FKUI
3. Peneliti yang bersangkutan

KARS
SERT/127/VIII/2015JCI
CN.1609.1

Lampiran 3

Formulir Informasi Untuk Subjek Penelitian

Saya bernama Hartanto, dr adalah mahasiswa S2 program studi Biomedik kekhususan Anatomi Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, akan melakukan penelitian yang berjudul “Perubahan biomekanik lumbosakropelvis akibat penggunaan sepatu hak tinggi pada saat berdiri”. Penelitian ini dilakukan sebagai salah satu kegiatan akhir dalam menyelesaikan pendidikan S2 di Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menjelaskan efek penggunaan sepatu hak tinggi terhadap kelengkungan tulang punggung bagian pinggang / kurvatura *vertebrae lumbales* dan pelvis yang secara anatomis kedua tulang ini saling mempengaruhi dalam membentuk kelengkungan tulang punggung secara normal.

Sepatu hak tinggi merupakan bagian dari gaya berbusana bagi kaum wanita yang dapat menambah nilai penampilan diri, bahkan merupakan sepatu wajib yang harus digunakan pada bidang pekerjaan tertentu. Selain nilai positifnya, penelitian menemukan bahwa sepatu hak tinggi mempunyai efek negatif, mulai dari keluhan pada kaki, lutut, paha, pinggang hingga kepada tulang punggung manusia, namun efek negatif yang masih menuai perdebatan adalah efeknya pada bagian tulang punggung bagian pinggang. Penelitian sebelumnya diluar negeri, menemukan bahwa sepatu hak tinggi dapat menambah kelengkungan tulang punggung bagian pinggang sehingga menjadi lebih bengkok / melekok, meningkatkan beban stress pada tulang dan merupakan penyebab berbagai masalah keluhan tidak nyaman, pegal-pegal hingga nyeri pada pinggang, namun pendapat ini disangkal oleh peneliti lain dalam 5 tahun belakangan ini, bahwa sepatu hak tinggi justru tidak menyebabkan bertambah bengkoknya tulang punggung bagian pinggang.

Permasalahan ini masih menjadi perdebatan hingga saat ini sehingga para klinisi kesehatan masih ragu-ragu melibatkan sepatu hak tinggi sebagai faktor risiko dari keluhan kesehatan yang muncul pada bagian pinggang, yang juga dapat berdampak pada pemberian terapi non-medis kepada pasiennya. Para

peneliti lainnya berpendapat bahwa hasil penelitian yang tidak sama ini disebabkan adanya perbedaan jenis ras dan teknik pengukurannya. Penelitian sebelumnya mengukur kelengkungan tulang punggung bagian pinggang dengan teknik visual yang melibatkan jaringan kulit dan dibawah kulit, sehingga hasilnya belum adekuat.

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan di atas, maka saya melakukan penelitian agar dapat mengetahui dan menjelaskan mengenai perubahan kurvatura *vertebrae lumbales*, *sacrum* dan parameter pelvis dalam mempengaruhi biomekanik lumbosakropelvis pengguna sepatu hak tinggi dengan metode pengukuran yang lebih akurat, yakni: secara radiografi.

Radiografi konvensional adalah metode penyinaran dengan pesawat sinar x yang telah banyak digunakan oleh pakar kesehatan dalam mendiagnostik adanya beberapa kelainan yang terjadi didalam tubuh manusia. Dalam kaitannya dengan penelitian ini, sinar x dapat melihat secara langsung perubahan bentuk kesejajaran tulang yang terjadi akibat penggunaan sepatu hak tinggi sehingga tidak lagi mengandalkan penilaian visual yang menuntut penilaian subjektif dan kurang akurat. Sinar x menghasilkan efek radiasi yang menyerupai dengan efek radiasi alam (matahari), bahan makanan tertentu ataupun alat detektor yang ada dibandara. Sinar x juga memiliki potensi untuk memberikan risiko kemunculan kanker, namun hal ini terjadi seiringan dengan penambahan dosis, terutama bila dosisnya terlalu besar.

Tehnik radiografi konvensional yang digunakan dalam penelitian melibatkan paparan sinar x, pada 2 kondisi, yakni kondisi saat berdiri tanpa menggunakan sepatu hak tinggi dan kondisi saat berdiri dengan menggunakan sepatu hak tinggi, dengan jumlah total dosis: 4.5 mSv. Paparan radiasi sinar x dalam penelitian ini masih tergolong kecil dan aman diberikan kepada subjek penelitian, dengan dasar bahwa teknik penelitian ini mengikuti prinsip penelitian menurut world health organization (WHO) dan berada dibawah batas dosis paparan sinar x yang telah ditetapkan oleh international Commision on radiological Protection (ICRP)

Hal inilah yang menyebabkan teknik radiografi konvensional sering digunakan untuk pemeriksaan rutin dalam penerimaan karyawan pada bidang

pekerjaan tertentu, untuk pemeriksaan diagnostik umum diberbagai rumah sakit ataupun untuk bidang penelitian.

A. Kesukarelaan untuk ikut penelitian

Anda bebas memilih keikutsertaannya dalam penelitian ini tanpa ada paksaan. Bila anda sudah memutuskan untuk ikut, Anda juga bebas untuk mengundurkan diri / berubah pikiran setiap saat tanpa dikenai denda atau pun sanksi apapun. Segera sesudah anda berhenti berpartisipasi, tak seorangpun boleh melakukan diskriminasi apapun terhadap anda. Peneliti juga dapat memutuskan bahwa anda tidak boleh lagi ikut serta dalam penelitian ini, terlepas dari keinginan anda untuk tetap berpartisipasi atau tidak

B. Prosedur penelitian

Apabila anda bersedia berpartisipasi dalam penelitian ini, Anda diminta menandatangani lembar persetujuan ini rangkap dua, satu untuk Anda simpan, dan satu untuk peneliti. Prosedur selanjutnya adalah:

1. Anda akan diwawancarai oleh peneliti untuk menanyakan: nama, usia, riwayat penyakit, riwayat operasi tertentu, riwayat kecelakaan/ cedera pada tulang punggung, riwayat penggunaan sepatu hak tinggi sebelumnya (durasi (jam/minggu/tahun, tinggi hak dan tipe hak sepatu).
2. Menjalani pemeriksaan fisik berupa: pengukuran berat badan, tinggi badan, pengukuran panjang tungkai bawah, penilaian visual skoliosis dan penilaian kesejajaran tulang secara vertikal. Pemeriksaan fisik dilakukan oleh asisten peneliti (wanita) dengan cara mengamati, mengukur mencatat, dan melakukan foto dari sisi lateral pada suatu ruangan tertutup serta subjek menggunakan topeng, baju renang minimalis dan celana hospen mini.
3. Melakukan radiografi konvensional sebanyak dua kali, yakni: pertama pada saat tanpa menggunakan sepatu hak tinggi dan kedua pada saat mengenakan sepatu hak tinggi. Pemeriksaan radiografi konvensional dilakukan di ruangan khusus radiologi RSCM dengan teknik pemeriksaan sesuai standart rumah sakit tersebut.
4. Di antara kedua sela waktu radiografi konvensional, anda akan diminta untuk berdiri diam mengenakan jubah panjang dan sepatu hak tinggi berukuran 7 cm

selama 1 jam. Hal ini bertujuan untuk proses adaptasi otot dan tulang pada kaki dan batang tubuh, serta mengurangi paparan sinar x agar tidak berdekatan.

C. Kewajiban subjek penelitian

Sebagai subjek penelitian, anda berkewajiban mengikuti aturan atau petunjuk penelitian seperti yang tertulis di atas. Bila ada yang belum jelas, bapak/ibu/saudara bisa bertanya lebih lanjut kepada peneliti.

D. Manfaat

Keuntungan langsung yang didapatkan adalah berupa data informasi yakni apakah anda memiliki kelainan asimetri panjang tungkai bawah dan apakah bentuk kelengkungan tulang punggung bagian pinggang masih normal, atau sudah mengalami penambahan atau pengurangan kelengkungan, sehingga anda dapat mendeteksi lebih dini adanya kelainan pada tungkai bawah dan tulang punggung anda, seperti skoliosis, hiperkifosis *thoracal* ataupun hiperlordosis lumbal.

E. Kerahasiaan

Semua informasi yang berkaitan dengan identitas subjek penelitian akan dirahasiakan dan hanya akan diketahui oleh peneliti. Hasil penelitian akan dipublikasikan tanpa identitas subjek penelitian.

F. Informasi Tambahan

Bapak/ ibu diberi kesempatan untuk menanyakan semua hal yang belum jelas sehubungan dengan penelitian ini. Bapak/ ibu dapat menghubungi Haratnto pada nomor HP 0817-082-9550

Lampiran 4

Kuesioner penelitian

Mohon mengisi kuesioner dibawah ini dengan lengkap :

A. Identitas :

1. Nama :(tuliskan dengan huruf balok)
2. Umur : tahun
3. Berat badan : Kg

B. Riwayat Pekerjaan : (catatan: lingkari jawaban)

1. Sudah berapa lama anda bekerja : < 1 tahun / > 1 tahun
2. Berapa jam anda berkerja dalam satu hari : < 3 jam / > 6 jam
3. Berapa lama anda berdiri selama dilingkungan kerja : \leq 3 jam / > 6 jam

C. Riwayat Penggunaan Sepatu Hak Tinggi :

1. Apakah anda mempunyai sepatu hak tinggi :
Ya / Tidak
2. Sudah berapa lama anda mempunya sepatu hak tinggi :
 \leq 1tahun / 2 – 3 tahun / > 3 tahun
3. Berapa ukuran sepatu hak tinggi yang selalu anda gunakan dalam bekerja :
< 6 cm / > 6 cm
4. Apakah anda selalu menggunakan sepatu hak tinggi selama jam kerja:
Ya / Tidak
5. Berapa jam anda menggunakan sepatu hak tinggi selama satu hari :
 \leq 3 jam / > 3 jam
6. Selama menggunakan sepatu hak tinggi, apakah ada keluhan pada kaki/lutut/paha: Ya / Tidak
7. Bila ya, sebutkan 3 jenis keluhan yang paling sering pada kaki/lutut/paha, dari ringan, sedang dan berat :,,
8. Selama menggunakan sepatu hak tinggi, apakah ada keluhan pada pinggang belakang: Ya / Tidak
9. Bila ya, sebutkan 3 jenis keluhan yang paling sering pada pinggang belakang, dari ringan, sedang dan berat :,,

10. Apakah menurut anda sepatu hak tinggi dapat menambah nilai kosmetika diri :
Ya / Tidak (lingkari jawaban)

D. Pertanyaan Khusus :

1. Apakah ada riwayat penyakit kanker didalam silsilah keluarga anda?
Ya / Tidak (lingkari jawaban)
2. Apakah anda sedang hamil :
Ya / Tidak (lingkari jawaban)
3. Apakah anda dalam program hamil untuk 1 tahun kedepan :
Ya / Tidak (lingkari jawaban)
4. Apakah anda pernah melahirkan : Ya / Tidak (lingkari jawaban)
5. Apakah anda pernah mengalami keguguran kandungan > 3 minggu :
Ya / Tidak (lingkari jawaban)
6. Apakah anda bersedia mengikuti tahapan lanjutan penelitian ini, yakni:
wawancara:
Ya / Tidak (lingkari jawaban)

Lampiran 5

Formulir pemeriksaan fisik

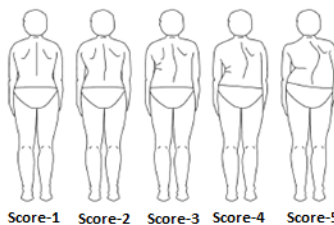
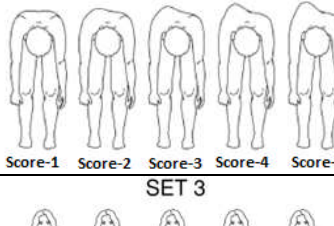
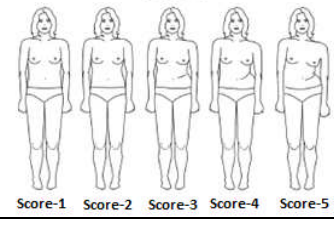
A. Penilaian Panjang Tungkai Bawah (cm)

Catatan : Pengukuran mulai dari spina iliaca anterior superior (SIAS) ke puncak malleolus medial menggunakan tali pengukur, sebanyak 3 kali kemudian dihitung reratanya.

No	Panjang Tungkai	Pengukuran 1	Pengukuran 2	Pengukuran 3	Rerata
1	Panjang tungkai kanan				
2	Panjang tungkai kiri				

B. Penilaian Skor TAPS

Catatan Pengukuran tubuh pasien dimulai dari belakang (no.1), membungkuk (no.2) dan depan (no.3), serta berikan nilai score yang disesuaikan dengan gambar pada table sebelahnya (deviasi pada gambar berlaku 2 arah, deviasi kekanan atau kekiri). Nilai diperoleh dengan cara = **Total score : 3 = Nilai skoliosis. Rentang, nilai skoliosis: 1 = normal dan 5 = deformitas berat**

Trunk Appearance Perception Scale (TAPS),		
No	Score (1-5)	Gambar
1	<p>SET 1</p>  <p>Score-1 Score-2 Score-3 Score-4 Score-5</p>
2	<p>SET 2</p>  <p>Score-1 Score-2 Score-3 Score-4 Score-5</p>
3	<p>SET 3</p>  <p>Score-1 Score-2 Score-3 Score-4 Score-5</p>
Total Score	
Nilai Skoliosis	 : 3 =

C. Penilaian Kesejajaran garis *plumbline*

Catatan:

Pengukuran dilakukan dengan cara melakukan fotografi saat subjek penelitian berdiri statis dengan rileks dari arah lateral didepan sebuah garis *plumbline*. Subjek penelitian berada 2,4 m dari kamera yang didirikan pada tripot setinggi 1 m dari lantai. Kemudian dari hasil fotografi dilakukan pencocokan patokan segmen tubuh dengan perpotongan garis *plumbline* pada setiap segmen tubuh.

No	Patokan Segmen Tubuh	Perpotongan garis <i>plumbline</i>			Ilustrasi Refensi
		Di belakang	Melintasi	Didepan	
A. SISI KANAN TUBUH					
1	Kepala (<i>meatus acustitus externus</i>)				
2	Bahu (<i>prosesus acromialis</i>)				
3	Thorakal (<i>vertebrae thoracales</i>)				
4	Lumbal (<i>vertebrae lumbales</i>)				
5	Pelvis (Pelvis)				
6	Pinggul (<i>trochanter major</i>)				
7	Lutut (<i>patella</i>)				
8	Pergelangan kaki (<i>malleolus lateral</i>)				
B. SISI KIRI TUBUH					
1	Kepala (<i>meatus acustitus externus</i>)				
2	Bahu (<i>prosesus acromialis</i>)				
3	Thorakal (<i>vertebra thorakal</i>)				
4	Lumbal (<i>vertebrae lumbales</i>)				
5	Pelvis (Pelvis)				
6	Pinggul (<i>trochanter major</i>)				
7	Lutut (<i>patella</i>)				
8	Pergelangan kaki (<i>malleolus lateral</i>)				

Catatan :

D. Penilaian Status Fisik

Pemeriksaan	Nilai	Keterangan
Berat Badan (Kg)		
Tinggi Badan (cm)		
IMT		
Scor PAL		

Lampiran 6

Formulir Anamnesis Tingkat Aktivitas Fisik

Nama :

No	Jenis Aktivitas	Time	PAR	Time x PAR	Kesimpulan
Aktifitas di rumah					
1	Sleeping		1		
2	Personal care (dressing, showering)		2.3		
3	Eating		1.5		
4	Cooking		2.1		
5	General household work		2.8		
6	Light leisure activities (watching TV, chatting)		1.4		
7	Miscellaneous light leisure activities		1.4		
Aktifitas di lingkungan kerja					
8	Sitting (office work, selling produce, tending shop)		1.5		
9	Standing, carrying light loads (waiting on tables, arranging merchandise)		2.2		
Pemanfaatan transportasi					
10	Driving car to/from work		2.0		
11	Commuting to/from work on the bus		1.2		
12	Walking at varying paces without a load		3.2		
Aktifitas tambahan					
13	Low intensity aerobic exercise		4.2		
14	Non-mechanized agricultural work (planting, weeding, gathering)		4.1		
15	<i>Non-mechanized domestic chores</i> (sweeping, washing clothes and dishes by hand)		2.3		
16	Collecting water/wood		4.4		
Total					

Lampiran 7

Formulir informed consent dari bagian kaji etik FK UI

RSUPN Dr. Cipto Mangunkusumo
Jl. Diponegoro No. 71 Jakarta 10430
Telp : (021) 391801 Fax: (021) 3148991

Setelah mendengarkan penjelasan pada halaman 1, 2 dan 3 mengenai penelitian yang akan dilakukan oleh dr.Hartanto dengan judul Perubahan biomekanik lumbosakropelvis akibat penggunaan sepatu hak tinggi pada saat berdiri, informasi tersebut telah saya pahami dengan baik.

Dengan menandatangani formulir ini, saya menyetujui untuk diikutsertakan dalam penelitian di atas dengan suka rela tanpa paksaan dari pihak manapun. Apabila suatu waktu saya merasa dirugikan dalam bentuk apapun, saya berhak membatalkan persetujuan ini.

Tanda Tangan Subjek atau cap jempol

Tanggal

Nama Subjek

Tanda Tangan Saksi / Wali

Ket: Tanda tangan saksi / wali diperlukan bila subjek tidak bisa baca tulis, penurunan kesadaran, mengalami gangguan jiwa, dan berusia dibawah 18 tahun.

Inisial Subjek _____

0265/rev02/LIT/2013

Lampiran 8

Tabel Penelitian

Tabel 1. Karakteristik umur, berat badan, tinggi badan dan indeks massa tubuh (IMT) antara grup NHT dan grup HT

	Grup	Rerata (SD)	n	P
Umur	NHT	22,18 (1,98)	17	0,17*
	HT	21,72 (2,32)	18	0,08*
Berat badan	NHT	51,09 (4,21)	17	0,34*
	HT	51,69 (4,88)	18	0,16*
Tinggi badan	NHT	154,15 (4,82)	17	0,24*
	HT	155,83 (3,69)	18	0,34*
IMT	NHT	21,51 (1,49)	17	0,19*
	HT	21,32 (1,47)	18	0,56*

* Shapiro Wilk test, signifikan bila $p > 0,05$ Tabel 2. Parameter radiografi lumbosakropelvis grup NHT yang berdiri statis pada kondisi tanpa alas kaki (*barefoot*) dan dengan menggunakan sepatu hak tinggi / *high heel* (HH)

Grup NHT		Rerata (SD)	Selisih (SD)	IK 95%	P
LL	Barefoot	61,13 (9,76)	2,74 (5,17)	5,40 ~ 0,08	0,04*
	HH	58,39 (9,11)			
SS	Barefoot	43,00 (6,22)	3,57 (3,96)	5,60 ~ 1,53	0,00**
	HH	39,43 (7,96)			
PT	Barefoot	13,03 (6,16)	- 2,47 (3,15)	- 0,85 ~ - 4,09	0,00**
	HH	15,50 (5,99)			
PI	Barefoot	56,09 (9,31)	0,41 (4,32)	- 1,81 ~ 2,63	0,70
	HH	55,68 (9,31)			

* Signifikan bila $p < 0.05$ ** Signifikan bila $p < 0,00$ Tabel 3. Parameter radiografi lumbosakropelvis grup HT yang berdiri statis pada kondisi tanpa alas kaki (*barefoot*) dan dengan menggunakan sepatu hak tinggi / *high heel* (HH)

Grup HT		Rerata (SD)	Selisih (SD)	IK 95%	P
LL	Barefoot	56,67 (7,53)	-2,19 (3,99)	- 0,21 ~ - 4,17	0,03*
	HH	58,85 (7,39)			
SS	Barefoot	37,06 (5,87)	- 0,81 (5,13)	1,74 ~ - 3,36	0,51
	HH	37,87 (7,18)			
PT	Barefoot	12,10 (6,49)	- 1,05 (3,96)	0,92 ~ - 3,02	0,28
	HH	13,15 (4,91)			
PI	Barefoot	48,93 (8,05)	- 2,95 (5,46)	- 0,24 ~ - 5,67	0,04*
	HH	51,88(10,21)			

* Signifikan bila $p < 0.05$ ** Signifikan bila $p < 0,00$

Tabel 4. Hasil uji korelasi antar sudut parameter lumbosacropelvic grup NHT pada kondisi menggunakan sepatu hak tinggi / high heels (HH)

		Correlations			
		LL_HH	SS_HH	PT_HH	PI_HH
LL_HH	Pearson Correlation	1	.415	-.378	.130
	Sig. (2-tailed)		.098	.135	.618
	N	17	17	17	17
SS_HH	Pearson Correlation	.415	1	-.046	.805**
	Sig. (2-tailed)	.098		.860	.000
	N	17	17	17	17
PT_HH	Pearson Correlation	-.378	-.046	1	.440
	Sig. (2-tailed)	.135	.860		.077
	N	17	17	17	17
PI_HH	Pearson Correlation	.130	.805**	.440	1
	Sig. (2-tailed)	.618	.000	.077	
	N	17	17	17	17

** . Korelasi signifikan pada tingkat 0.01 level (2-tailed).

Tabel 5. Hasil uji korelasi antar sudut parameter lumbosacropelvic grup HT pada kondisi menggunakan sepatu hak tinggi / high heels (HH)

		Correlations			
		LL_HH	SS_HH	PT_HH	PI_HH
LL_HH	Pearson Correlation	1	.482*	-0.132	0.27
	Sig. (2-tailed)		0.043	0.601	0.279
	N	18	18	18	18
SS_HH	Pearson Correlation	.482*	1	0.116	.771**
	Sig. (2-tailed)	0.043		0.646	0
	N	18	18	18	18
PT_HH	Pearson Correlation	-0.132	0.116	1	.612**
	Sig. (2-tailed)	0.601	0.646		0.007
	N	18	18	18	18
PI_HH	Pearson Correlation	0.27	.771**	.612**	1
	Sig. (2-tailed)	0.279	0	0.007	
	N	18	18	18	18

*. Korelasi signifikan pada tingkat 0.05 (2-tailed).

** . Korelasi signifikan pada tingkat 0.01 (2-tailed).

Lampiran 9

Data hasil uji statistik

1. Uji normalitas status umum dan parameter grup NHT

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Umur_NHT	17	100.0%	0	0.0%	17	100.0%
Berat_badan_NHT	17	100.0%	0	0.0%	17	100.0%
Tinggi_badan_NHT	17	100.0%	0	0.0%	17	100.0%
IMT_NHT	17	100.0%	0	0.0%	17	100.0%
LL_Barefoot	17	100.0%	0	0.0%	17	100.0%
SS_Barefoot	17	100.0%	0	0.0%	17	100.0%
PT_Barefoot	17	100.0%	0	0.0%	17	100.0%
PI_Barefoot	17	100.0%	0	0.0%	17	100.0%
LL_HH	17	100.0%	0	0.0%	17	100.0%
SS_HH	17	100.0%	0	0.0%	17	100.0%
PT_HH	17	100.0%	0	0.0%	17	100.0%
PI_HH	17	100.0%	0	0.0%	17	100.0%

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Umur_NHT	.132	17	.200 [*]	.924	17	.173
Berat_badan_NHT	.131	17	.200 [*]	.942	17	.342
Tinggi_badan_NHT	.123	17	.200 [*]	.932	17	.238
IMT_NHT	.146	17	.200 [*]	.926	17	.186
LL_Barefoot	.165	17	.200 [*]	.944	17	.371
SS_Barefoot	.127	17	.200 [*]	.950	17	.449
PT_Barefoot	.198	17	.075	.955	17	.532
PI_Barefoot	.164	17	.200 [*]	.924	17	.175
LL_HH	.123	17	.200 [*]	.952	17	.486
SS_HH	.122	17	.200 [*]	.973	17	.871
PT_HH	.124	17	.200 [*]	.955	17	.539
PI_HH	.103	17	.200 [*]	.974	17	.884

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

2. Uji normalitas status umum dan parameter grup HT

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Umur_HT	18	100.0%	0	0.0%	18	100.0%
Berat_badan_HT	18	100.0%	0	0.0%	18	100.0%
Tinggi_badan_HT	18	100.0%	0	0.0%	18	100.0%
IMT_HT	18	100.0%	0	0.0%	18	100.0%
LL_Barefoot	18	100.0%	0	0.0%	18	100.0%
SS_Barefoot	18	100.0%	0	0.0%	18	100.0%
PT_Barefoot	18	100.0%	0	0.0%	18	100.0%
PI_Barefoot	18	100.0%	0	0.0%	18	100.0%
LL_HH	18	100.0%	0	0.0%	18	100.0%
SS_HH	18	100.0%	0	0.0%	18	100.0%
PT_HH	18	100.0%	0	0.0%	18	100.0%
PI_HH	18	100.0%	0	0.0%	18	100.0%

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Umur_HT	.178	18	.138	.908	18	.080
Berat_badan_HT	.152	18	.200 [*]	.927	18	.175
Tinggi_badan_HT	.204	18	.046	.944	18	.337
IMT_HT	.131	18	.200 [*]	.958	18	.555
LL_Barefoot	.170	18	.179	.938	18	.272
SS_Barefoot	.154	18	.200 [*]	.954	18	.485
PT_Barefoot	.098	18	.200 [*]	.958	18	.558
PI_Barefoot	.144	18	.200 [*]	.956	18	.522
LL_HH	.105	18	.200 [*]	.973	18	.852
SS_HH	.142	18	.200 [*]	.958	18	.567
PT_HH	.102	18	.200 [*]	.972	18	.826
PI_HH	.148	18	.200 [*]	.939	18	.280

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

3. Data signifikasi uji t-test bebasangan grup NHT

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	LL_Barefoot	61.1306	17	9.76333	2.36796
	LL_HH	58.3876	17	9.10900	2.20926
Pair 2	SS_Barefoot	42.9988	17	6.21498	1.50735
	SS_HH	39.4312	17	7.96021	1.93064
Pair 3	PT_Barefoot	13.0324	17	6.16096	1.49425
	PT_HH	15.5029	17	5.98465	1.45149
Pair 4	PI_Barefoot	56.0918	17	9.31074	2.25819
	PI_HH	55.6812	17	9.30714	2.25731

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	LL_Barefoot & LL_HH	17	.852	.000
Pair 2	SS_Barefoot & SS_HH	17	.873	.000
Pair 3	PT_Barefoot & PT_HH	17	.866	.000
Pair 4	PI_Barefoot & PI_HH	17	.892	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2- taile d)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	LL_Barefoot - LL_HH	2.74294	5.17113	1.25418	.08419	5.40169	2.187	16	.044
Pair 2	SS_Barefoot - SS_HH	3.56765	3.95451	.95911	1.53443	5.60087	3.720	16	.002
Pair 3	PT_Barefoot - PT_HH	-2.47059	3.15155	.76436	-4.09097	-.85021	-3.232	16	.005
Pair 4	PI_Barefoot - PI_HH	.41059	4.31857	1.04741	-1.80982	2.63099	.392	16	.700

4. Data signifikasi uji t-test bebasangan grup HT

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	LL_Barefoot	56.6650	18	7.52803	1.77437
	LL_HH	58.8539	18	7.38760	1.74127
Pair 2	SS_Barefoot	37.0583	18	5.87058	1.38371
	SS_HH	37.8717	18	7.17510	1.69119
Pair 3	PT_Barefoot	12.0989	18	6.48969	1.52963
	PT_HH	13.1517	18	4.91315	1.15804
Pair 4	PI_Barefoot	48.9289	18	8.04876	1.89711
	PI_HH	51.8806	18	10.20742	2.40591

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	LL_Barefoot & LL_HH	18	.857	.000
Pair 2	SS_Barefoot & SS_HH	18	.708	.001
Pair 3	PT_Barefoot & PT_HH	18	.793	.000
Pair 4	PI_Barefoot & PI_HH	18	.847	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	LL_Barefoot	-2.18889	3.98910	.94024	-4.17262	-.20516	-2.328	.033	
	- LL_HH								
Pair 2	SS_Barefoot	-.81333	5.12469	1.20790	-3.36178	1.73511	-.673	.510	
	- SS_HH								
Pair 3	PT_Barefoot	-1.05278	3.96187	.93382	-3.02297	.91742	-1.127	.275	
	- PT_HH								
Pair 4	PI_Barefoot	-2.95167	5.46020	1.28698	-5.66696	-.23637	-2.293	.035	
	- PI_HH								

5. Data uji korelasi parameter lumbosakropelvis grup NHT kondisi menggunakan sepatu hak tinggi

Correlations

		LL_HH	SS_HH	PT_HH	PI_HH
LL_HH	Pearson Correlation	1	.415	-.378	.130
	Sig. (2-tailed)		.098	.135	.618
	N	17	17	17	17
SS_HH	Pearson Correlation	.415	1	-.046	.805**
	Sig. (2-tailed)	.098		.860	.000
	N	17	17	17	17
PT_HH	Pearson Correlation	-.378	-.046	1	.440
	Sig. (2-tailed)	.135	.860		.077
	N	17	17	17	17
PI_HH	Pearson Correlation	.130	.805**	.440	1
	Sig. (2-tailed)	.618	.000	.077	
	N	17	17	17	17

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

6. Data uji korelasi parameter lumbosakropelvis grup HT kondisi menggunakan sepatu hak tinggi

Correlations

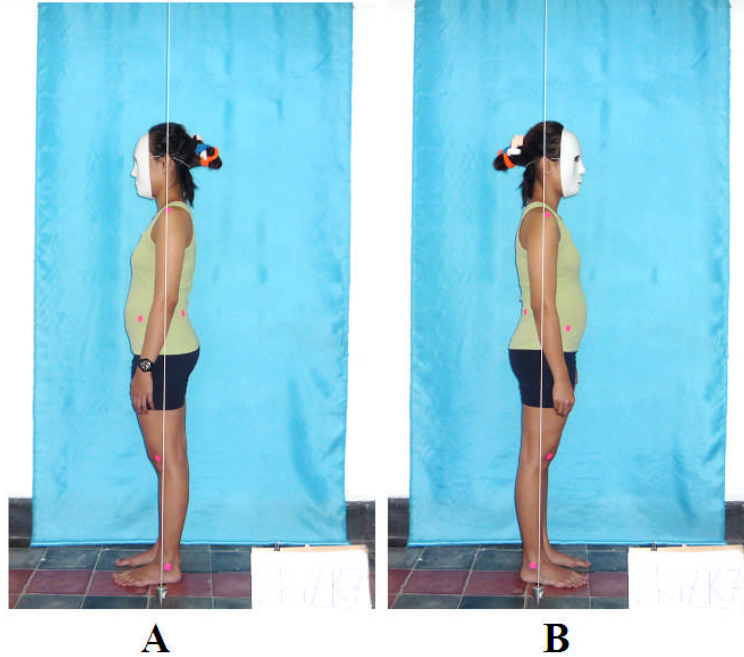
		LL_HH	SS_HH	PT_HH	PI_HH
LL_HH	Pearson Correlation	1	.482*	-.132	.270
	Sig. (2-tailed)		.043	.601	.279
	N	18	18	18	18
SS_HH	Pearson Correlation	.482*	1	.116	.771**
	Sig. (2-tailed)	.043		.646	.000
	N	18	18	18	18
PT_HH	Pearson Correlation	-.132	.116	1	.612**
	Sig. (2-tailed)	.601	.646		.007
	N	18	18	18	18
PI_HH	Pearson Correlation	.270	.771**	.612**	1
	Sig. (2-tailed)	.279	.000	.007	
	N	18	18	18	18

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

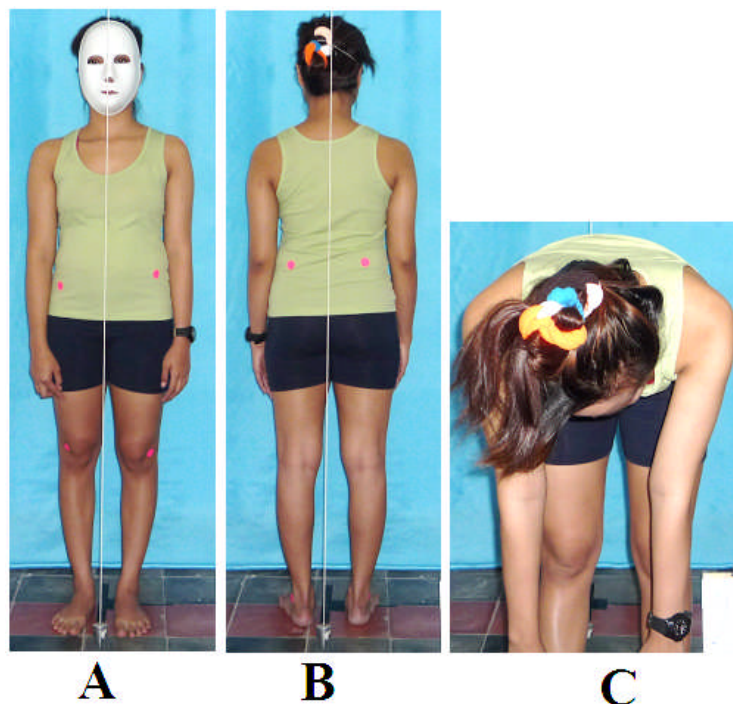
Parameter	Nilai	Interpretasi
Kekuatan korelasi	0,0 – <0,2	Sangat lemah
	0,2 – <0,4	Lemah
	0,4 – <0,6	Sedang
	0,6 – <0,8	Kuat
	0,8 – 1,00	Sangat kuat

Lampiran 10

Foto pemeriksaan postur dengan *plumbline* dan TAPS

Gambar 1. Pemeriksaan postur tubuh menggunakan tiang *plumbline*

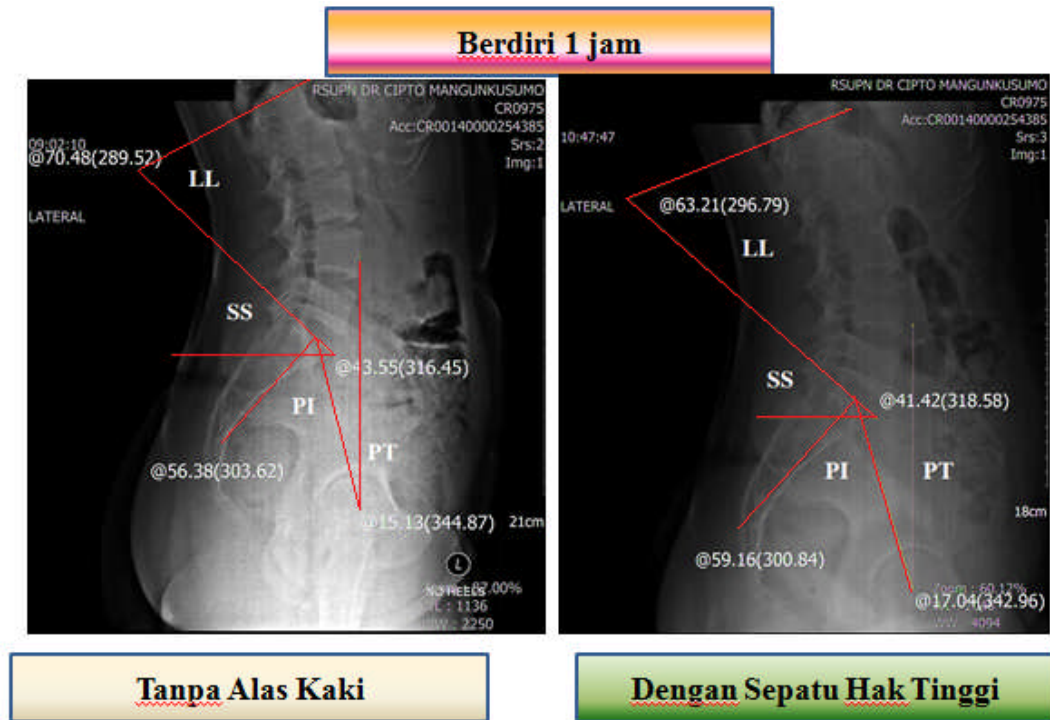
- (A) Posisi menghadap ke kiri
- (B) Posisi menghadap ke kanan



Gambar 2. Pemeriksaan postur dengan skor TAPS

- (A) Posisi menghadap ke depan
- (B) Posisi menghadap ke belakang
- (C) Posisi membungkuk

Lampiran 11

Foto radiografi konvensional dan parameter lumbosakropelvis

DRAFT ARTIKEL

**Efek Penggunaan Sepatu Hak Tinggi Terhadap
Perubahan Biomekanik Lumbosakropelvis Pada Saat Berdiri Statis**

Hartanto Hartono¹, Sasanthy Kusumaningtyas², Nyimas Diana Yulisa³

1. Departemen Anatomi, Fakultas Kedokteran UKRIDA
2. Departemen Anatomi, Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia
3. Departemen Radiologi, RSUPN Cipto Mangunkusumo, Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia

ABSTRAK

Nama : Hartanto Hartono
 Program Studi : Magister Ilmu Biomedik
 Judul :
 Perubahan biomekanik lumbosakropelvis akibat penggunaan sepatu hak tinggi pada saat berdiri

Permasalahan. Penelitian tentang efek sepatu hak tinggi masih menuai kontroversi akibat beberapa faktor, salah satunya adalah dalam mempengaruhi kurvatura *vertebrae lumbales*, sehingga belum diketahui secara pasti mekanisme perubahan kurvatura lordosis *vertebrae lumbales*.

Tujuan. Mengetahui efek sepatu hak tinggi dalam mengubah parameter lumbosakropelvis, serta diketahuinya korelasi antar parameter lumbosakropelvis pada saat berdiri statis menggunakan sepatu hak tinggi. **Metode.** Penelitian ini melibatkan total 35 peserta wanita. Setiap peserta diwawancara, dipisahkan menjadi kelompok tidak terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi (Grup NHT) dan kelompok terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi (Grup HT); dilakukan penandatanganan formulir informed consent dan pemeriksaan fisik, kemudian dilakukan pemeriksaan radiografi konvensional pada segmen lumbal dan pelvis pada kondisi tanpa alas kaki dan dengan menggunakan sepatu hak tinggi.

Hasil. Grup NHT menunjukkan berkurangnya lordosis lumbal, berkurangnya *sacral slope* dan retroversi pelvis yang signifikan, namun *pelvic incidence* relatif tidak berubah. Grup HT menunjukkan bertambahnya lordosis lumbal dan *pelvic incidence* yang signifikan, namun *sacral slope* dan *pelvic tilt* relatif tidak berubah. Pada grup NHT ditemukan korelasi antara *sacral slope* dan *pelvic incidence*, namun grup HT ditemukan korelasi antar parameter lumbosakropelvis, kecuali antara lordosis lumbal dengan *pelvic incidence*. **Kesimpulan.** Sepatu hak tinggi memberikan efek yang berbeda pada parameter lumbosakropelvis dan menghilangkan sebagian korelasinya.

Kata kunci : Sepatu hak tinggi, lordosis lumbal, biomekanik lumbosakropelvis

ABSTRACT

Name : Hartanto Hartono
 Study programe : Magister of biomedical science
 Title :
 Lumbosacropelvic biomechanical changes of wearing high heeled shoes on standing position.

Problem. The research about high heel shoes effects still give controversy results because of several factors, including the effect that influence the vertebrae lumbales curvature, so it hasn't known for certain about mechanisms that change the vertebrae lumbales lordosis curvature.

Purpose. To find out high heeled shoes effects that can change lumbosacropelvic parameter and also to discover the correlation between lumbosacropelvic parameter. **Method.** This research involves a total of 35 women. Each subject must pass an interview session, separated into non high heeled user (NHT grup) and high heeled user (HT grup); with informed written consent and physical examination, then performed a conventional radiography examination on lumbal and pelvis while standing barefoot and wearing high heels shoes. **Result.** NHT group shows a reducing lumbal lordosis, reducing sacral slope and pelvis retroversion significantly, but pelvic incidence angle insignificantly didn't chance. HT group shows an increasing lumbal lordosis and pelvic incidence significantly, but sacral and pelvic tilt insignificantly didn't chance. NHT group shows a correlation between sacral slope and pelvic incidence, but HT gorup has a correlation among the lumbosacropelvic parameters, except between lordosis lumbal and pelvic incidence. **Conclusion.** High heels shoes have a diverse effect to change lumbosacropelvic parameters dan dismiss its correlation partially.

Keywords. High heels, lumbal lordosis, biomechanic of lumbosacropelvic

PENDAHULUAN

Sepatu hak tinggi digunakan oleh wanita untuk memberikan nilai tambah bagi penampilan dirinya, seperti menambah tinggi badan dan memperindah bentuk kaki sehingga memberikan kesan yang lebih elegan. Selain manfaat positif dalam menggunakan sepatu hak tinggi, terdapat pula efek negatif seperti gangguan pada sistem muskuloskeletal tungkai bawah dan *columna vertebralis*. Penelitian mengenai efek hak tinggi terhadap *vertebrae lumbales* masih menuai hasil yang kontroversial. Brent.*et.al* menjelaskan bahwa penelitian biomekanik terhadap sepatu hak tinggi hingga tahun 2010 memberikan hasil yang bervariasi dalam mempengaruhi kurvatura *vertebrae lumbales*. Selain berdampak negatif terhadap kurvatura lumbal, beberapa peneliti justru menyatakan tidak adanya dampak yang

signifikan terhadap kurvatura *vertebrae lumbales*¹ meskipun masih berpotensi untuk menimbulkan *low back pain* (LBP).² Penelitian yang dilakukan sebelumnya menggunakan tehnik pengukuran kurvatura *vertebrae lumbales* dari luar permukaan kulit pasien yang melibatkan jaringan kulit dan jaringan bawah sehingga hasil pengukurannya belum tepat mencerminkan nilai kurvatura *vertebrae lumbales* sebenarnya.¹ Berdasarkan permasalahan di atas, peneliti ingin melakukan penelitian tentang hubungan antara sepatu hak tinggi dalam mempengaruhi biomekanik lumbosakropelvis pada saat berdiri statis menggunakan sepatu hak tinggi.

PESERTA PENELITIAN

Penelitian ini telah memperoleh persetujuan dari departemen kaji etik Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia dan Rumah Sakit Umum Pusat Nasional Dr.Cipto Mangunkusumo. Diperoleh total 35 peserta wanita dengan rentang umur mulai dari 19 sampai 27 tahun, aktivitas fisik aktif atau sedang, dan memiliki indeks massa tubuh (IMT) normal.^{3,4} Rentang umur tersebut merupakan usia optimal dari pertumbuhan tulang⁵⁻⁷ dan merupakan rentang usia produktif^{8,9} wanita yang berrisiko untuk terpapar oleh dampak negatif penggunaan sepatu hak tinggi¹⁰ sehingga diharapkan perubahan kurvatura lordosis tulang *vertebrae lumbales* hanya dipengaruhi oleh efek sepatu hak tinggi. Kriteria penelitian yang harus dimiliki peserta antara lain: tidak memiliki riwayat cacat postural dan kelainan patologis *columna vertebralis*, tidak ada *anisomelia*, tidak ada LSTV lebih dari 1a dan 1b, serta tidak ada riwayat hamil ataupun sedang hamil. Peserta dikelompokkan menjadi dua grup berdasarkan pengalamannya dalam menggunakan sepatu hak tinggi ≥ 6 cm selama lebih dari 1 tahun, yakni grup non-hak tinggi (NHT) dan grup hak tinggi (HT). Grup NHT memiliki riwayat penggunaan sepatu hak tinggi ≤ 3 jam/hari dan ≤ 3 kali/minggu, sedangkan grup HT memiliki riwayat penggunaan sepatu hak tinggi > 3 jam/hari dan > 3 kali/minggu.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan melalui dua tahapan, yakni pemeriksaan fisik dan pemeriksaan radiologi. Pada pemeriksaan fisik, semua peserta akan dilakukan test kehamilan, pengukuran berat badan, tinggi badan dan penilaian postur tubuh. Penilaian postur tubuh dilakukan menggunakan metode visual dengan kamera digital¹¹ dengan tiang *plumbline* dan menggunakan *Trunk Appearance Perception Scale (TAPS)*¹² untuk menyingkirkan adanya kelainan patologis thorakal kifosis dan skoliosis struktural. Kemudian semua peserta diminta untuk mengikuti pemeriksaan radiografi konvensional *lumbosacral* dengan posisi standar foto antero-posterior dan lateral sesuai dengan standart dari departemen radiologi RSUPN Cipto Mangunkusumo. Radiografi konvensional fase pertama dilakukan pada posisi AP dan lateral saat peserta berdiri tanpa alas kaki. Fase kedua dilakukan pada posisi lateral saat peserta berdiri menggunakan sepatu hak tinggi 7 cm tipe stiletto. Di antara fase pertama dan kedua, semua peserta diminta untuk berdiri menggunakan sepatu hak tinggi yang sama selama 1 jam, untuk beradaptasi sengan sepatu hak tinggi tersebut. Parameter *lumbosacropelvic* yang akan diukur adalah sudut lordosis lumbal (L1-S1), sudut *sacral slope*, sudut *pelvic tilt* dan sudut *pelvic incidence*.

ANALISIS STATISTIK

Semua data dari hasil penelitian ini akan dianalisis menggunakan SPSS 2.00 program Windows. Nilai parameter lumbosakropelvis berupa mean \pm standart deviasi (mean \pm SD). Efek penggunaan sepatu hak tinggi terhadap parameter lumbosakropelvis kedua grup pada kedua kondisi kaki diuji dengan t-test berpasangan dan korelasi antara parameter tersebut diuji dengan korelasi bivariate. Hasil signifikan bila memperoleh $p < 0,05$.

HASIL PENELITIAN

Karakteristik sampel penelitian

Grup NHT terdiri dari 17 peserta wanita yang beraktifitas sebagai mahasiswi dengan rerata umur $22,18 \pm 1,98$ tahun, berat badan $51,09 \pm 4,21$ Kg, tinggi badan $154,15 \pm 4,21$ cm, IMT $21,51 \pm 1,49$ Kg/m² dan memiliki riwayat penggunaan

sepatu hak tinggi yakni ± 2 jam/hari serta ± 1 kali/minggu.. Grup HT terdiri dari 18 peserta wanita yang bekerja sebagai *sales promotion girl* (SPG) sebuah perusahaan retail yang berlokasi di Jakarta dengan rerata umur $21,72 \pm 2,32$ tahun, berat badan $51,69 \pm 4,88$ Kg, tinggi badan $155,83 \pm 3,69$ cm, IMT $21,32 \pm 1,47$ Kg/m² dan memiliki riwayat penggunaan sepatu hak tinggi yakni ± 7 jam/hari serta ± 6 kali/minggu. (tabel 1) Berdasarkan hasil anamnesis riwayat keluhan fisik yang pernah dialami peserta selama menggunakan sepatu hak tinggi, ditemukan: grup NHT terdapat 5,88 % keluhan pada jari-jari kaki, 70,59 % keluhan pada kaki, 35,29 % keluhan pada betis, 17,65 % keluhan pada lutut, 11,76 % keluhan pada paha, 5,88 % keluhan pada panggul, 47,06 % keluhan pada pinggang belakang dan 5,88 % keluhan pada punggung. Grup HT terdapat 33,33 % keluhan pada jari-jari kaki, 94,44 % keluhan pada kaki, 44,44 % keluhan pada betis, 22,22 % keluhan pada lutut, 22,22% keluhan pada paha, 11,11 % keluhan pada panggul dan 72,22 % keluhan pada pinggang belakang.

Efek penggunaan sepatu hak tinggi terhadap perubahan sudut parameter lumbosakropelvis.

Hasil analisis komparatif sudut parameter lumbosakropelvis antar kondisi pada grup NHT menunjukkan (tabel 2) kurvatura lordosis tulang *vertebrae lumbales* semakin mendatar, yakni sudut lordosis lumbal dari $61,13^0 (\pm 9,76^0)$ menjadi $58,39^0 (\pm 9,11^0)$. Tulang *vertebrae sacrales* mengalami ekstensi *sacrum*, yakni sudut *sacral slope* dari $43^0 (\pm 6,22^0)$ menjadi $39,43^0 (\pm 7,96^0)$. Tulang pelvis mengalami rotasi ke posterior, yakni sudut *pelvic tilt* berubah dari $13,03^0 (\pm 6,16^0)$ menjadi $15,50^0 (\pm 5,99^0)$. Sudut *pelvic incidence* relatif tidak berubah, yakni dari $56,10^0 (\pm 9,31^0)$ menjadi $55,69^0 (\pm 9,31^0)$. Hasil analisis komparatif sudut parameter lumbosakropelvis antar kondisi pada grup HT menunjukkan (tabel 3) kurvatura lordosis tulang *vertebrae lumbales* semakin bertambah lordosis, yakni sudut lordosis lumbal dari $56,67^0 (\pm 7,53^0)$ menjadi $58,85^0 (\pm 7,39^0)$. Tulang *vertebrae sacrales* relatif tidak berubah, yakni sudut *sacral slope* dari $37,06^0 (\pm 5,87^0)$ menjadi $37,87^0 (\pm 7,18^0)$. Tulang pelvis relatif tidak berubah, yakni sudut *pelvic tilt* dari $12,10^0 (\pm 6,49^0)$ dan menjadi $13,15^0 (\pm 4,91^0)$. Sudut *pelvic incidence* semakin bertambah besar, yakni dari $48,93^0 (\pm 8,05^0)$ dan menjadi $51,88^0 (\pm 10,21^0)$.

Korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvis pada saat berdiri statis menggunakan sepatu hak tinggi

Hasil uji korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvis pada saat grup NHT menggunakan sepatu hak tinggi menunjukkan korelasi yang signifikan ($p < 0,05$) hanya pada nilai sudut *sacral slope* yang berkorelasi positif sangat kuat dengan nilai sudut *pelvic incidence*. (tabel 4) Hasil uji korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvis pada saat grup HT menggunakan sepatu hak tinggi menunjukkan korelasi yang signifikan ($p < 0,05$), yakni (tabel 5) Nilai sudut lordosis lumbal berkorelasi positif sedang dengan nilai sudut *sacral slope*. Nilai sudut *sacral slope* berkorelasi positif kuat dengan nilai sudut *pelvic incidence* dan berkorelasi positif sedang dengan nilai sudut lordosis lumbal. Nilai sudut *pelvic tilt* hanya berkorelasi positif kuat dengan nilai sudut *pelvic incidence*. Nilai sudut *pelvic incidence* berkorelasi positif kuat dengan nilai sudut *sacral slope* dan berkorelasi positif kuat dengan sudut *pelvic tilt*.

PEMBAHASAN

Efek penggunaan sepatu hak tinggi terhadap perubahan sudut parameter lumbosakropelvis.

Pada grup NHT, sepatu hak tinggi telah menyebabkan nilai sudut lordosis lumbal semakin berkurang, yakni dari $61,13^{\circ} (\pm 9,76^{\circ})$ menjadi $58,39^{\circ} (\pm 9,11^{\circ})$. Berkurangnya nilai sudut lordosis lumbal (LL) ini menyatakan bahwa kurvatura lordosis tulang *vertebrae lumbales* bertambah datar. Sepatu hak tinggi juga telah mengurangi nilai sudut *sacral slope* dari $43^{\circ} (\pm 6,22^{\circ})$ menjadi $39,43^{\circ} (\pm 7,96^{\circ})$ dan memperbesar sudut *pelvic tilt* dari $13,03^{\circ} (\pm 6,16^{\circ})$ menjadi $15,50^{\circ} (\pm 5,99^{\circ})$. Berkurangnya sudut *sacral slope* menandakan bahwa posisi tulang *vertebrae sacrales* semakin bertambah vertikal dan bertambah besarnya sudut *pelvic tilt* menandakan bahwa tulang pelvis mengalami rotasi ke arah posterir. Sudut *pelvic incidence* dengan tidak signifikan 0,70 ($P > 0,05$) bertambah kecil dari $56,10^{\circ} (\pm 9,31^{\circ})$ menjadi $55,69^{\circ} (\pm 9,31^{\circ})$. Berdasarkan hasil ini, peneliti berpendapat bahwa sepatu hak tinggi telah mengubah rangkaian biomekanik lumbosakropelvis grup NHT sehingga menyebabkan kurvatura lordosis tulang *vertebrae lumbales* bertambah datar, posisi tulang *vertebrae lumbales* bertambah vertikal dan tulang

pelvis mengalami rotasi ke arah posterior (retroversi), meskipun sudut *pelvic incidence* berkurang secara tidak signifikan.

Hasil ini sesuai dengan Russell.et.al,¹³ Cassarin.et.al,² Pezzan.et.al¹⁴ dan Franklin.et.al.¹⁵ Peneliti berpendapat bahwa pada saat grup NHT menggunakan sepatu hak tinggi, tubuhnya mengadopsi bentuk postur dengan melakukan ekstensi panggul optimal sehingga terjadi perubahan yang signifikan pada sudut *pelvic tilt*. Ekstensi panggul optimal ini perlu diimbangi dengan gerakan fleksi batang tubuh agar *center of gravity* tubuh tidak bergeser ke arah posterior kurvatura lordosis tulang *vertebrae lumbales* mendatar dan mengecilnya nilai sudut *sacral slope* secara signifikan. Akibat adanya korelasi positif antara sudut *pelvic incidence*, sudut *sacral slope* dan sudut *pelvic tilt*,^{16,17} maka sudut *pelvic incidence* yang relatif tidak berubah mungkin karena sudut *sacral slope* dan sudut *pelvic tilt* saling bergerak berlawanan untuk mengkompensasi mendatarnya lumbal sehingga sudut *pelvic incidence* berkurang secara tidak signifikan. Bentuk postur grup NHT mungkin disebabkan karena tubuhnya belum terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi, sehingga mengandalkan mekanisme kompensasi melalui segmen panggulnya daripada segmen lumbalnya.

Nilai sudut lumbosakropelvis yang berbeda ditemukan pada hasil analisis grup HT, yakni nilai sudut lordosis lumbal (LL) semakin bertambah besar, mulai dari $56,67^{\circ}$ ($\pm 7,53^{\circ}$) menjadi $58,85^{\circ}$ ($\pm 7,39^{\circ}$). Bertambahnya nilai sudut lordosis lumbal (LL) ini menyatakan bahwa kurvatura lordosis tulang *vertebrae lumbales* bertambah lordosis. Sepatu hak tinggi telah menambah secara tidak signifikan sudut *sacral slope* (SS) dari $37,06^{\circ}$ ($\pm 5,87^{\circ}$) menjadi $37,87^{\circ}$ ($\pm 7,18^{\circ}$) dan sudut *pelvic tilt* (PT) dari $12,10^{\circ}$ ($\pm 6,49^{\circ}$) menjadi $13,15^{\circ}$ ($\pm 4,91^{\circ}$). namun nilai *pelvic incidence* (PI) semakin bertambah besar secara signifikan, yakni dari $48,93^{\circ}$ ($\pm 8,05^{\circ}$) menjadi $51,88^{\circ}$ ($\pm 10,21^{\circ}$) dengan signifikansi 0,04 ($P < 0,05$). Berdasarkan hasil ini, peneliti berpendapat bahwa sepatu hak tinggi mengubah sebagian rangkaian biomekanik lumbosakropelvis, yakni bertambahnya kurvatura lordosis tulang *vertebrae lumbales* dan sudut *pelvic incidence* secara signifikan, namun segmen panggulnya relatif tidak berubah.

Hasil ini sesuai dengan penemuan Lee.et.al¹⁸ dan Dai.et.al¹⁹ namun bertentangan dengan Pezzan.et.al.¹⁴ Peneliti berpendapat bahwa, pada saat grup

HT berdiri menggunakan sepatu hak tinggi, tubuhnya cenderung mempertahankan posisi segmen panggulnya dengan melakukan gerak ekstensi minimal, namun gerakan ini tidak cukup untuk mengkompensasi deviasi *center of gravity*, sehingga perlu disertai dengan gerak ekstensi batang tubuh. Gerakan ekstensi batang tubuh yang disertai dengan gerak ekstensi minimal panggul inilah menyebabkan kurvatura lordosis tulang *vertebrae lumbales* bertambah lordosis dan membesarnya sudut *pelvic incidence* secara signifikan, namun tidak disertai dengan perubahan signifikan pada *sacrum* dan pelvis. Bentuk postur grup HT mungkin disebabkan karena tubunya telah terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi secara kronis dan telah beradaptasi.

Berbedanya perubahan sudut lumbosakropelvis pada kedua grup penelitian ini mungkin disebabkan adanya peran kontrol dan dukungan dari otot-otot pendukung postur yang mempengaruhi bentuk postur tubuh seseorang saat berdiri menggunakan sepatu hak tinggi. Apabila otot-otot pendukung postur mengalami kegagalan dapat menyebabkan bertambah buruknya kesejajaran vertikal pada segmen lumbosakropelvis secara signifikan.^{20,21}

Korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvis pada saat berdiri menggunakan sepatu hak tinggi

Hasil uji korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvis grup NHT menunjukkan korelasi antara sudut lumbosakropelvis lainnya tidak signifikan dan hanya sudut *sacral slope* yang berkorelasi positif sangat kuat ($r = 0,81$, $P = 0,00$) dengan nilai sudut *pelvic incidence* (PI).

Berdasarkan studi literatur, sudut *pelvic incidence* berkorelasi dengan segmen tubuh di atas panggul, yakni dengan sudut lordosis lumbal dan dengan segmen panggul sendiri, yakni dengan sudut *sacral slope* dan sudut *pelvic tilt* yang berperan penting dalam memberikan bentuk rotasi tulang panggul¹⁷ melalui persamaan $PI = PT + SS$.^{16,17} Peneliti berpendapat, akibat grup NHT belum terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi, maka tubuhnya lebih mengandalkan mekanisme kompensasi pada segmen panggulnya daripada segmen lumbalnya, sehingga memerlukan kinerja otot pendukung postur bagian posterior yang besar²² dan menyebabkan terganggunya sebagian besar korelasi antar sudut parameter

lumbosakropelvis, kecuali korelasi sudut *sacral slope* dengan sudut *pelvic incidence*.

Hasil uji korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvis pada saat grup HT menggunakan sepatu hak tinggi menunjukkan korelasi yang signifikan ($p < 0,05$), yakni nilai sudut lordosis lumbal berkorelasi positif sedang dengan nilai sudut *sacral slope*. Nilai sudut *sacral* berkorelasi positif kuat dengan nilai sudut *pelvic incidence* dan berkorelasi positif sedang dengan nilai sudut lordosis lumbal. Nilai sudut *pelvic tilt* hanya berkorelasi positif kuat dengan nilai sudut *pelvic incidence*. Nilai sudut *pelvic incidence* berkorelasi positif kuat dengan nilai sudut *sacral slope* dan berkorelasi positif kuat dengan nilai sudut *pelvic tilt*. Berdasarkan ini, saat grup HT menggunakan sepatu hak tinggi, secara anatomi tubuhnya masih memperlihatkan korelasi pada segmen lumbosakropelvisnya, kecuali korelasi antara sudut lordosis lumbal dengan sudut *pelvic incidence*. Berdasarkan studi literatur, terdapat korelasi signifikan antara orientasi spinal dengan sudut *pelvic incidence*, sehingga berubahnya salah satu dari parameter ini, kecuali nilai sudut *pelvic incidence*, akan menyebabkan perubahan parameter lainnya. Kondisi ini merupakan kemampuan fungsional dari unit *spinopelvic* untuk membentuk dan mempertahankan keseimbangan sagital tubuh.²³

Bervariasinya sudut parameter *spinopelvic* berkaitan dengan kemampuan adaptasi lumbal dan lengkung dorsal tubuh dan bila melewati batasnya maka postur tubuh manusia akan menjadi tidak seimbang serta menimbulkan pola patologis jangka pendek atau jangka panjang.²³ Peneliti berpendapat bahwa akibat grup HT terbiasa menggunakan sepatu hak tinggi maka tubuhnya dapat beradaptasi dan telah disesuaikan oleh peran dan kontrol otot-otot postural bagian anterior dan posterior, namun akibat grup HT mengadopsi gerakan ekstensi minimal dan ekstensi batang tubuh maka korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvis lainnya masih dapat dipelihara, namun kecuali antara sudut lordosis lumbal dan sudut *pelvic incidence*..

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis penelitian ini, peneliti menyimpulkan bahwa sepatu hak tinggi memberikan efek yang berbeda pada dua kelompok yang memiliki

latarbelakang paparan sepatu hak tinggi yang berbeda. Grup NHT mengadopsi postur yang lebih mengandalkan segmen panggulnya daripada segmen lumbalnya, namun menyebabkan hilangnya sebagian besar korelasi natara sudut parameter lumbosakropelvis. Postur yang berlawanan ditemukan pada grup HT karena tubuhnya lebih mengaandalkan segmen lumbalnya dari pada segmen panggulnya sehingga sebageian besar korelasi antar sudut parameter lumbosakropelvis masih dapat dipertahankan. Hal ini mungkin disebabkan adanya peran dan kontrol otot postur bagian anterior dan posterior tubuh. Kedua bentuk postur ini merupakan postur yang mengalami deviasi sehingga berpotensi untuk menimbulkan keluhan klinis pada pinggang dan tungkai bawah.

Tabel 1. Karakteristik umur, berat badan, tinggi badan dan indeks massa tubuh (IMT) antara grup NHT dan grup HT, normal $p > 0,05$

	Grup	Rerata (SD)	n	P
Umur	NHT	22,18 (1,98)	17	0,17
	HT	21,72 (2,32)	18	0,08
Berat badan	NHT	51,09 (4,21)	17	0,34
	HT	51,69 (4,88)	18	0,16
Tinggi badan	NHT	154,15 (4,82)	17	0,24
	HT	155,83 (3,69)	18	0,34
IMT	NHT	21,51 (1,49)	17	0,19
	HT	21,32 (1,47)	18	0,56

Tabel 2. Parameter radiografi lumbosakropelvis grup NHT yang berdiri statis pada kondisi tanpa alas kaki (*barefoot*) dan dengan menggunakan sepatu hak tinggi / *high heel* (HH), signifikan $p < 0,05$

	Grup NHT	Rerata (SD)	Selisih (SD)	IK 95%	Nilai P	Signifikasi
LL	Barefoot	61,13 (9,76)	2,74 (5,17)	5,40 ~ 0,08	0,04	< 0,05
	HH	58,39 (9,11)				
SS	Barefoot	43,00 (6,22)	3,57 (3,96)	5,60 ~ 1,53	0,00	< 0,05
	HH	39,43 (7,96)				
PT	Barefoot	13,03 (6,16)	- 2,47 (3,15)	- 0,85 ~ - 4,09	0,00	< 0,05
	HH	15,50 (5,99)				
PI	Barefoot	56,09 (9,31)	0,41 (4,32)	- 1,81 ~ 2,63	0,70	> 0,05
	HH	55,68 (9,31)				

Tabel 3. Parameter radiografi lumbosakropelvis grup HT yang berdiri statis pada kondisi tanpa alas kaki (*barefoot*) dan dengan menggunakan sepatu hak tinggi / *high heel* (HH), signifikan $p < 0,05$

Grup HT	Rerata (SD)	Selisih (SD)	IK 95%	Nilai P	Signifikasi
LL Barefoot	56,67 (7,53)	-2,19 (3,99)	- 0,21 ~ - 4,17	0,03	< 0,05
LL HH	58,85 (7,39)				
SS Barefoot	37,06 (5,87)	- 0,81 (5,13)	1,74 ~ - 3,36	0,51	> 0,05
SS HH	37,87 (7,18)				
PT Barefoot	12,10 (6,49)	- 1,05 (3,96)	0,92 ~ - 3,02	0,28	> 0,05
PT HH	13,15 (4,91)				
PI Barefoot	48,93 (8,05)	- 2,95 (5,46)	- 0,24 ~ - 5,67	0,04	< 0,05
PI HH	51,88(10,21)				

Tabel 4. Hasil uji korelasi antar sudut parameter lumbosacropelvic grup NHT pada kondisi menggunakan sepatu hak tinggi / high heels (HH), signifikan $p < 0,05$

	r	p	n
LL HH - SS HH	0,81	0,00	17

Tabel 5. Hasil uji korelasi antar sudut parameter lumbosacropelvic grup HT pada kondisi menggunakan sepatu hak tinggi / high heels (HH), signifikan $p < 0,05$

	r	p	n
LL HH - SS HH	0,48	0,04	18
SS HH - PI HH	0,77	0,00	18
PT HH - PI HH	0,61	0,00	18
PI HH - SS HH	0,77	0,00	18

DAFTAR PUSTAKA

1. Russell BS. The effect of high-heeled shoes on lumbar lordosis: a narrative review and discussion of the disconnect between Internet content and peer-reviewed literature. *J Chiropr Med.* 2010 Dec;9(4):166–73.
2. Casarin CAS, Bocalini DS, Marchetti PH, Andrade EL de, Leite GS, Serra AJ, et al. Relation between Wearing High-Heeled Shoes and Gastrocnemius and Erector Spine Muscle Action and Lumbar Lordosis_2014. *Med Sci Technol.* 2014;55:71–16.
3. Harahap H, Widodo Y, Mulyati S. Penggunaan berbagai cut off indeks massa tubuh sebagai indikator obesitas terkait penyakit degeneratif di Indonesia. *Gizi Indones* [Internet]. 2005 [cited 2016 Jun 25];31. Available from: http://ejournal.persagi.org/go/index.php/Gizi_Indon/article/view/20
4. Indrasanto D. *Glosarium, data dan informasi kesehatan* [Internet]. Indonesia: Pusat data dan informasi departemen kesehatan republik indonesia; 2006. 40 p. Available from: www.depkes.go.id/resources/download/pusdatin/lain-lain/glosarium-2006.pdf
5. Kini U, Nandeesh B. *Physiology of Bone Formation, Remodeling, and Metabolism* - Springer. In: *Physiology of Bone Formation, Remodeling, and*

- Metabolism [Internet]. 1st ed. Berlin Heidelberg: Springer; 2012 [cited 2017 May 9]. p. 29–57. Available from: http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-02400-9_2
6. Shefi S, Soudack M, Konen E, Been E. Development of the lumbar lordotic curvature in children from age 2 to 20 years. *Spine*. 2013 May 1;38(10):E602-608.
 7. Office of the Surgeon General (US). Bone Health and Osteoporosis: A Report of the Surgeon General [Internet]. Rockville (MD): Office of the Surgeon General (US); 2004 [cited 2017 May 9]. (Reports of the Surgeon General). Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK45513/>
 8. Badan Pusat Statistik [Internet]. [cited 2017 May 9]. Available from: <https://www.bps.go.id/index.php/Subjek/view/6>
 9. Usia Produktif Dominasi Penduduk Indonesia 2016 - Databoks [Internet]. [cited 2017 May 9]. Available from: <http://databoks.katadata.co.id/datapublish/2016/09/24/bonus-demografi-2016-jumlah-penduduk-indonesia-258-juta-orang>
 10. Williams CM, Haines TP. An exploration of emergency department presentations related to high heel footwear in Victoria, Australia, 2006–2010. *J Foot Ankle Res*. 2014 Jan 23;7:4.
 11. Iunes D, Monte-Raso W, Santos C, Castro F, Salgado H. Postural influence of high heels among adult women: analysis by computerized photogrammetry. *Rev Bras Fisioter*. 2008;12(6):454–9.
 12. Bago J, Sanchez-Raya J, Perez-Grueso FJS, Climent JM. The Trunk Appearance Perception Scale (TAPS): a new tool to evaluate subjective impression of trunk deformity in patients with idiopathic scoliosis. *Scoliosis Spinal Disord*. 2010;5:6.
 13. Russell BS, Muhlenkamp KA, Hoiriis KT, DeSimone CM. Measurement of lumbar lordosis in static standing posture with and without high-heeled shoes. *J Chiropr Med*. 2012 Sep;11(3):145–53.
 14. de Oliveira Pezzan PA, João SMA, Ribeiro AP, Manfio EF. Postural assessment of lumbar lordosis and pelvic alignment angles in adolescent users and nonusers of high-heeled shoes. *J Manipulative Physiol Ther*. 2011 Nov;34(9):614–21.
 15. Franklin ME, Chenier TC, Brauninger L, Cook H, Harris S. Effect of positive heel inclination on posture. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1995;21(2):94–9.
 16. Jean L. Analysis of the Dynamic Sagittal Balance of the Lumbo-Pelvi-Femoral Complex. In: *Biomechanics in Applications* [Internet]. InTech; 2011 [cited 2017 Apr 11]. Available from: <https://www.intechopen.com/books/biomechanics-in-applications>
 17. Lazennec JY, Brusson A, Rousseau MA. Lumbar-pelvic-femoral balance on sitting and standing lateral radiographs. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2013 Feb;99(1, Supplement):S87–103.
 18. Lee CM. Biomechanical effects of wearing high heeled shoes. *Int J Ind Ergon*. 2001;28:321–326.
 19. Dai M, Li X, Zhou X, Hu Y, Luo Q, Zhou S. High-heeled-related alterations in the static sagittal profile of the spino-pelvic structure in young women. *Eur Spine J*. 2015;24:1274–81.

20. Silva AM, de Siqueira GR, da Silva GAP. Implications of high-heeled shoes on body posture of adolescents. *Rev Paul Pediatr Orgão Of Soc Pediatr São Paulo*. 2013 Jun;31(2):265–71.
21. Pannell SL. *The Postural and Biomechanical Effects of High Heel Shoes: A Literature Review [A Senior Research Project Submitted in Partial Requirement for the Degree of Doctor of Chiropractic]*. [Chasterfield, USA]: Longan University; 2012.
22. Lippert LS. *Clinical Kinesiology and Anatomy*. 5th ed. Philadelphia: F.A. Davis Company; 2011. 332 p.
23. Boulay C, Tardieu C, Hecquet J, Benaim C, Mouilleseaux B, Marty C, et al. Sagittal alignment of spine and pelvis regulated by pelvic incidence: standard values and prediction of lordosis. *Eur Spine J*. 2006 Apr;15(4):415–22.

RIWAYAT HIDUP

A. Data Pribadi

1. Nama : Hartanto
2. NPM : 1306492805
3. Alamat : Jl. TPI II, Blok U, No.26
4. Umur / Kelamin / Agama : 34 tahun / laki-laki / Kristen Protestan
5. Tempat dan tanggal lahir : Jakarta, 08 April 1983
6. Asal Instansi : Fakultas Kedokteran, UKRIDA
7. Riwayat Pendidikan :
 - SD : Taman Permata Indah, Jakarta Utara, lulus tahun 1995
 - SMP : Taman Permata Indah, Jakarta Utara, lulus tahun 1998
 - SMA : Taman Permata Indah, Jakarta Utara, lulus tahun 2001
 - S1 : Fakultas Kedokteran, UKRIDA

Pengalaman Penelitian :

Publikasi :

Biaya penelitian berasal dari :

Fakultas Kedokteran, Universitas Krida Wacana (UKRIDA)