

## PENGARUH VARIASI KONTUR SISIPAN DI *MEDIAL ARCH* TERHADAP PENGURANGAN DERAJAT *FLAT FOOT*

Daniel Sijabat<sup>1</sup>, Dwi Basuki Wibowo<sup>2</sup>, Yusuf Umardani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: [daniel.sijabat98@gmail.com](mailto:daniel.sijabat98@gmail.com)

### Abstrak

Salah satu organ tubuh manusia yang memiliki peran penting untuk beraktifitas adalah Telapak Kaki. Orang dengan telapak kaki yang sehat pastinya akan lebih seimbang untuk menopang beban tubuhnya. Ada beberapa tipe telapak kaki manusia yang dibagi menjadi tiga, diantaranya telapak kaki normal, telapak kaki *high arch* (*pes cavus*) dan *flat foot* (*low arch* atau *pes planus*). Telapak kaki dinyatakan *high arch* apabila  $AI \leq 0.21$ , normal apabila  $0.26 \geq AI > 0.21$  dan *flat foot* apabila  $AI > 0.26$ . Kondisi *flat foot* dapat membuat seseorang mudah lelah saat berjalan atau berlari, karena kemampuan penyerapan beban kejutnya menurun. Apabila kondisi tersebut diperparah oleh jaringan otot telapak kaki yang lemah, dampak lainnya membuat penderita akan mengalami nyeri pada tumit dan menimbulkan benjolan pada pangkal luar jempol kaki (*bunion*). *Flat foot* menjadi penelitian dalam tugas akhir ini dengan mengevaluasi dari hasil pemindaian 2D dan pemindaian 3D. Hasil pemindaian 2D menjadi acuan untuk proses perancangan sisipan di area *medial arch* dalam upaya mengurangi derajat *flatfoot*. Dalam proses perancangan nantinya akan menggunakan *software* Solidworks dan proses manufaktur dengan cara cetak 3D. Setelah hasil perancangan selesai, kemudian akan didistribusikan kepada dua subjek untuk mengevaluasi dampak dari sisipan. Berdasarkan hasil evaluasi penggunaan sisipan, pemakaian sisipan terbukti efektif dalam mengurangi derajat *flat foot*.

**Kata kunci:** *arch index; eversion angle; flat foot*

### Abstract

One of the organs of the human body that has an important role for activity is the sole of the foot. People with healthy feet will certainly be more balanced to support their body weight. There are several types of human feet which are divided into three, including normal feet, high arch feet (*pes cavus*) and flat feet (*low arch* or *pes planus*). The sole of the foot is declared high arch if  $AI \leq 0.21$ , normal if  $0.26 \geq AI > 0.21$  and flat foot if  $AI > 0.26$ . Flat foot conditions can make a person tired easily when walking or running, because the ability to absorb shock loads decreases. If the condition is aggravated by weak muscle tissue in the sole of the foot, other effects will make the sufferer experience pain in the heel and cause a lump on the outer base of the big toe (*bunion*). *Flat foot* is the research in this final project by evaluating the results of 2D scanning and 3D scanning. The results of the 2D scan become a reference for the insertion design process in the medial arch area in an effort to reduce the degree of flatfoot. In the design process, we will use Solidworks software and the manufacturing process by 3D printing. After the design results are complete, it will then be distributed to two subjects to evaluate the impact of the insertion. Based on the results of the evaluation of the use of inserts, the use of inserts proved to be effective in reducing the degree of flat foot.

**Keywords:** *arch index; eversion angle; flat foot*

### 1. Pendahuluan

Kaki rata (*flat foot*) merupakan kondisi lengkungan di bagian dalam (*medial arch*) terlalu kecil sehingga ketika berdiri sebagian besar telapak kaki di daerah *arch* menyentuh landasan. Seseorang dengan telapak kaki *flat foot* (*arch index*,  $AI > 0.26$ ) [1].

Seseorang dengan kaki rata (*flat foot*) biasanya mudah lelah saat beraktifitas berjalan atau berlari karena kemampuan penyerapan beban kejutnya menurun. Namun pada telapak kaki *flat foot* berlebihan (*over pronation*), sebagian besar akan ditanggung oleh tumit yang bisa mengakibatkan nyeri di area tersebut (*heel pain*) [2]. Telapak kaki *flat foot* berlebihan (*over pronation*) juga bisa mengakibatkan radang di selubung saraf telapak kaki (*plantar fasciitis*) [3].

*Flat foot* dapat diketahui dari pemindaian jejak telapak kaki (*footprint scanning*) saat berdiri dan metode evaluasinya bisa menggunakan *Cavanagh Arch Index* (AI), Rao & Joseph [4], *Clarck Angle* atau *Staheli Arch Index* [5]. Indikasi adanya *flat foot* dapat juga dilihat dari pengamatan visual sudut belakang kaki (*rear foot angle*) [6]. *Flat foot* memiliki dua tipe yaitu *fixed flat foot* dan *flexible flat foot*. Keduanya memiliki perbedaan yang terletak pada tipe telapak kakinya saat berbaring (tidak berbeban). *Fixed flat foot* terjadi saat kondisi tidak berbeban, tipe telapak kakinya masih *flat foot*, sedangkan *flexible flat foot* terjadi saat tidak berbeban, kondisi *flat foot*-nya berkurang signifikan atau bahkan menjadi normal ( $0.26 \geq AI > 0.21$ ) [7]. Hingga saat ini penentuan perbedaan kedua tipe *flat foot* tersebut masih belum jelas [8].

Oleh karena itu, atas dasar permasalahan tersebut maka penelitian ini penting untuk dilakukan sebagai upaya penanganan terhadap penderita *flat foot* dan belum banyak peneliti yang menghubungkan korelasi antara *arch index* dengan sudut belakang kaki.

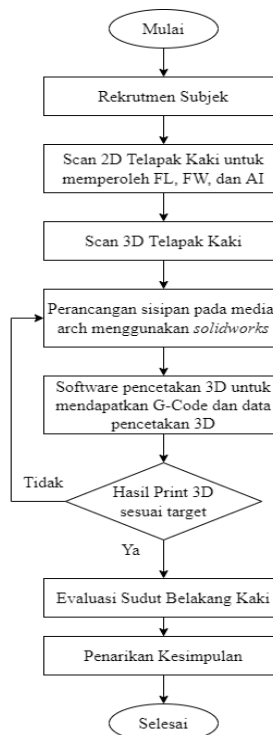
## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Subjek Penelitian

Subjek penelitian adalah salah satu mahasiswa Departemen Teknik Mesin Universitas Diponegoro atas nama Achmad Nofyan Helmi dan salah satu dosen Departemen Teknik Mesin Universitas Diponegoro atas nama Bapak Yusuf Umardani, S.T.,M.T yang telah terkategoriikan *flat foot* yang nanti akan dilakukan scanning footprint untuk memastikan nilai *arch index* nya.

### 2.2 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini langkah-langkah kegiatan mengacu pada diagram alir yang bisa dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 2.3 Generate Koordinat 3D Telapak Kaki

Tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

#### 1. Scan 3D telapak kaki setiap subjek

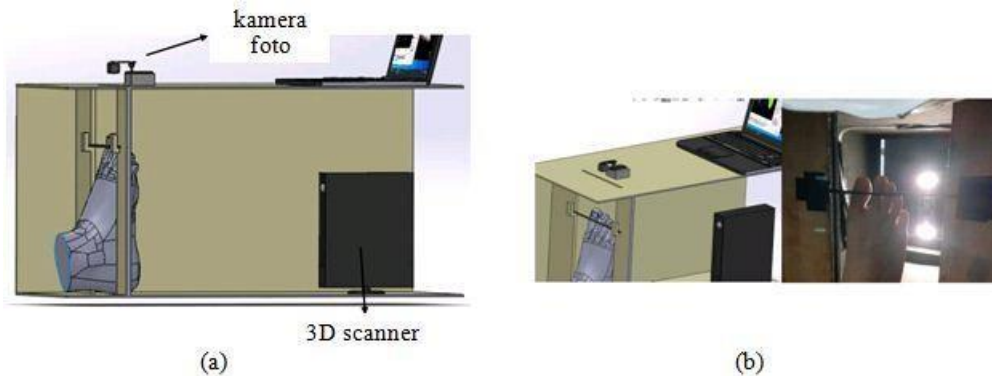
Pemindaian 3D telapak kaki dimasukkan pada kotak pemandu yang diberi warna hitam di bagian dalam, seperti pada Gambar 2 [9].



Gambar 2. Kotak pemandu scan 3D telapak kaki

2. Meluruskan telapak kaki

Telapak kaki saat dipindai 3D di bagian jari-jari kaki cenderung menekuk ke belakang serta terpuntir ke kiri atau kanan (searah atau berlawanan jarum jam). Agar evaluasi AI3D-nya mudah dilakukan dan akurat di sisi depan pada kotak pemandu diberi batang penyangga dan kamera foto untuk memantau kelurusan telapak kaki, seperti diperlihatkan pada Gambar 3. Setelah telapak kaki sudah nampak lurus tekan tombol *scan* pada alat 3D *scanner*.

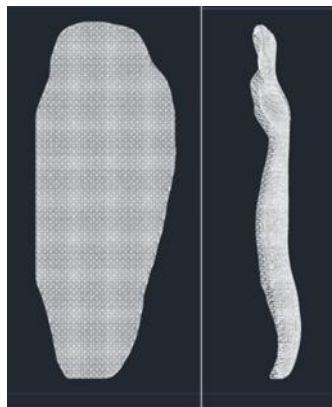


Gambar 3. Penambahan kamera foto untuk meluruskan telapak kaki

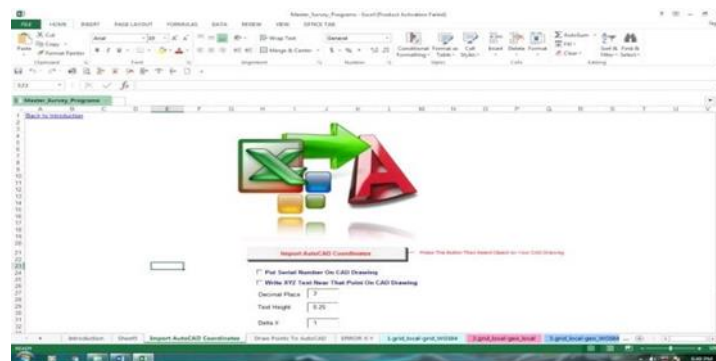
3. Generate koordinat 3D telapak kaki

Mendeteksi koordinat xyz telapak kaki dilakukan menggunakan software AutoCAD dan MS Excel. Caranya sebagai berikut :

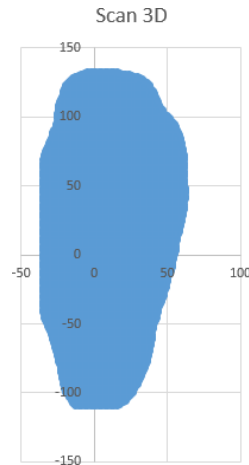
- Buka file hasil *scan* 3D di AutoCAD akan tampil di layar seperti Gambar 4.
- Buka MS Excel yang sudah terdapat *coding* khusus untuk membaca koordinat dari file AutoCAD, seperti pada Gambar 5.
- Klik *import AutoCAD Coordination* akan membuka software AutoCAD dan tekan “nama file-nya”, otomatis akan terbuka MS Excel yang menampilkan koordinat xyz kontur telapak kaki seperti diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 4. Hasil *scan* pada software AutoCAD



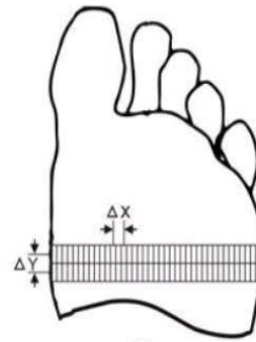
Gambar 5. File MS Excel *coding* koordinat AutoCAD



Gambar 6. Hasil plotting scan 3D di MS Excel

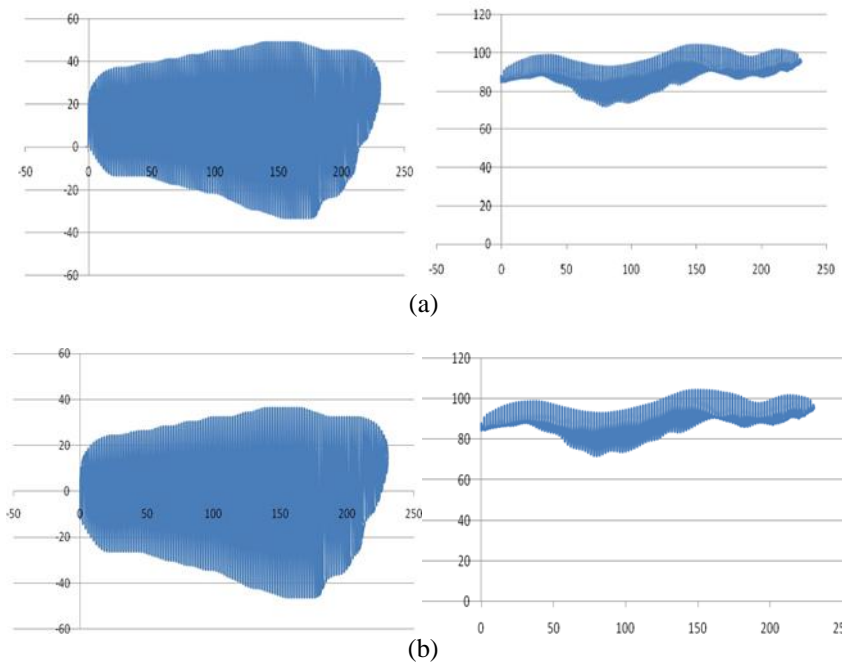
d. Geser sumbu telapak kaki sesuai metode Cavanagh seperti diperlihatkan pada Gambar 7.

SNo.	x	y	z
1	2.753229	-129.049	143.6826
2	4.753229	-129.049	145.0586
3	6.753229	-129.049	146.1786
4	8.753229	-129.049	146.8859
5	10.75323	-129.049	147.1779
4183	38.75323	106.9508	149.4875
4184	40.75323	106.6545	148.3796
4185	42.75323	106.136	147.153
4186	32.75323	107.4693	149.592



Gambar 7. Struktur data koordinat xyz hasil scan 3D

Koordinat xyz telapak kaki hasil scan 3D ditampilkan dalam bentuk pola seperti pada Gambar 8 [10]. Agar memudahkan penghilangan jari-jari kaki dan area *medial arch* yang cekung sumbu telapak kaki harus digeser sesuai dengan metode Cavanagh, seperti diperlihatkan pada Gambar 8.

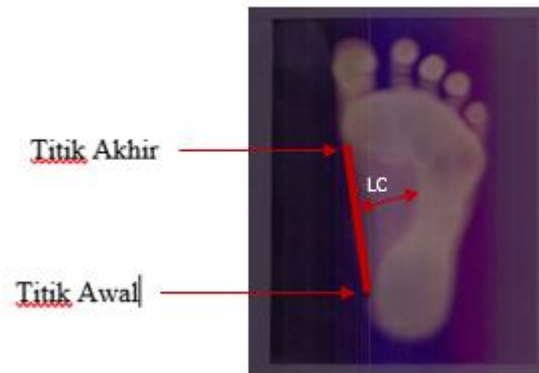


Gambar 8. Pergeseran sumbu telapak kaki (a) sebelum digeser (b) setelah digeser

#### 2.4 Perancangan Sisipan Area *Medial Arch*

Hal yang perlu dilakukan dalam merancang sisipan terkhusus pada area *medial arch* adalah memanfaatkan hasil pemindaian 2D. Hasil pemindaian 2D digunakan dalam menentukan nilai lebar *cuboid*. Lebar *cuboid* ini menjadi acuan dalam menentukan nilai radius *arch* yang akan dirancang pada area *medial* yang mengacu pada metode Lee Yung-Hui. Perancangan sisipan dibangun dengan *software* Solidworks. Untuk menentukan lebar *cuboid* dilakukan prosedur sebagai berikut :

- Menentukan titik awal dan titik akhir berdasarkan metode Lee Yung-Hui. Titik awal yaitu 31% dari FL dan titik akhir yaitu 58% dari FL.
- Membagi sama panjang garis tersebut kemudian tarik garis tegak lurus dari tengah-tengah garis ke bagian lengkungan *arch* telapak kaki.
- Panjang garis tersebut disebut lebar *cuboid* [11].



**Gambar 9.** Ilustrasi penentuan lebar *cuboid*

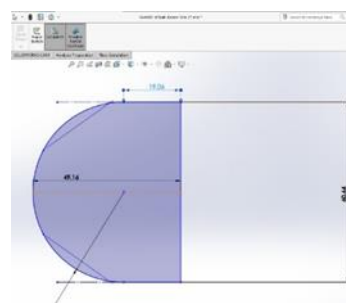
Selanjutnya adalah membuat desain sisipan dengan penyesuaian dari hasil pemindaian 2D pada *software* Solidworks. Detail dari proses perancangan akan dijelaskan lebih lanjut sebagai berikut :

- Import berkas hasil pemindaian 2D pada *software* Solidworks. Setelah itu lakukan isolasi dan pemotongan pada area *medial arch* dengan mengacu pada metode Lee Yung Hui.



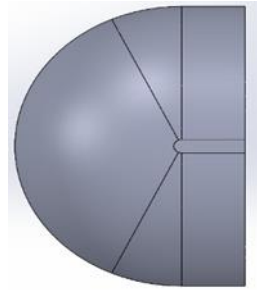
**Gambar 10.** Ilustrasi Pemotongan *arch*

- Setelah itu, buat desain sisipan menggunakan *software* Solidworks berdasarkan ukuran ilustrasi pemotongan *arch*.



**Gambar 11.** Desain sisipan

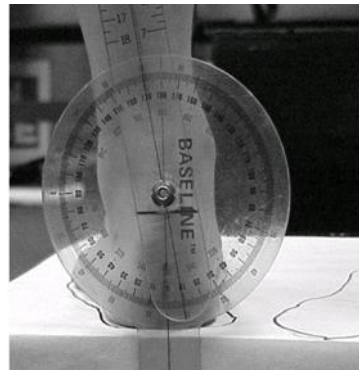
- c. Setelah desain sudah jadi, kemudian dilakukan proses *surfaces* untuk mendapatkan pola sisipan yang siap untuk dicetak 3D.



**Gambar 12.** Model 3D Sisipan

## 2.5 Evaluasi Pemakaian Sisipan

Karena salah satu tujuan Tugas Akhir ini adalah mencari korelasi antara *arch index* dengan sudut belakang kaki, maka diperlukan proses evaluasi sudut belakang kaki. Proses evaluasi sudut belakang kaki menggunakan alat ukur manual yaitu dengan menggunakan goniometer. Berikut ini merupakan model alat ukur sudut belakang kaki manual :



**Gambar 13.** Pengukuran sudut belakang kaki dengan goniometer

Dalam proses pengukuran sudut belakang kaki subjek, kaki bagian belakang mulai dari *achilles tendon* hingga *subtlar joint* akan ditandai dengan garis lurus menggunakan spidol sebagai acuan pengukuran sudut belakang kaki. Pengukuran sudut belakang kaki dilakukan dengan posisi subjek berdiri dengan *relax* di atas permukaan yang datar. Setelah itu, akan dikaji perubahan yang terjadi saat subjek tanpa dan ketika menggunakan sisipan terkait perubahan sudut belakang kaki.

## 2.6 Batas area *area index*

Batas area *arch index* dapat diketahui nilainya dari hasil generet koordinat xyz 3D *scan* yang telah dilakukan. Batas area *arch index* disini menggunakan teori Lee Yung-Hui. Langkah-langkah nya adalah sebagai berikut :

- Mencari nilai FL dari hasil 2D.
- Kemudian mencari batas awal (31% FL) dan batas akhir (58% FL) berdasarkan teori Lee Yung-Hui.
- Kemudian mencari nilai estimasi Y awal dan Y akhir.

## 3. Hasil dan pembahasan

### 3.1 Hasil Perancangan

Hasil akhir sisipan setelah dicetak 3D dapat dilihat pada Gambar 14 sebagai berikut.

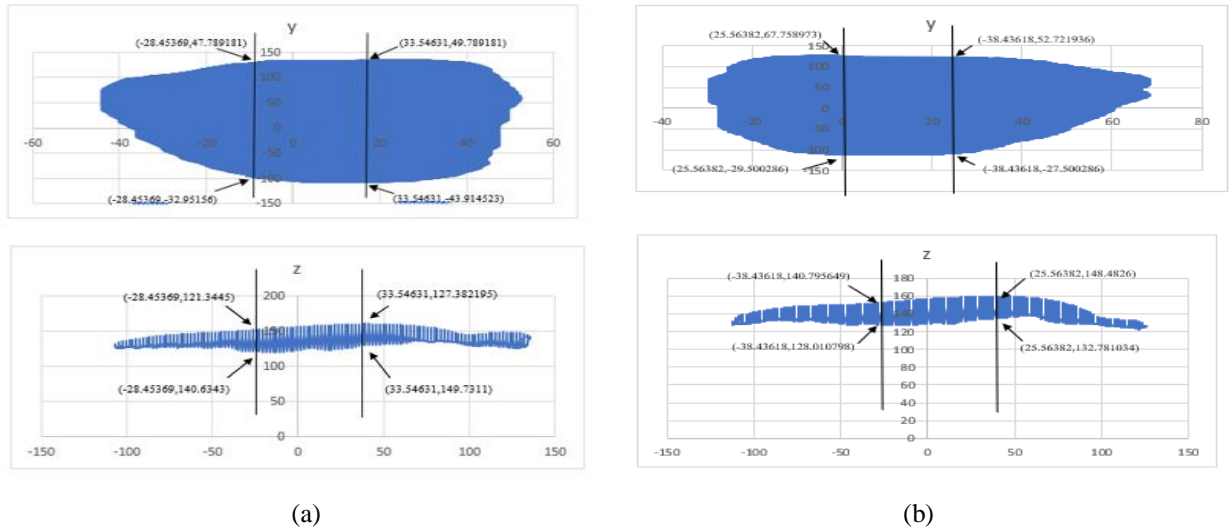


**Gambar 14.** Hasil kontur sisipan sebagai upaya penanganan *flat foot*



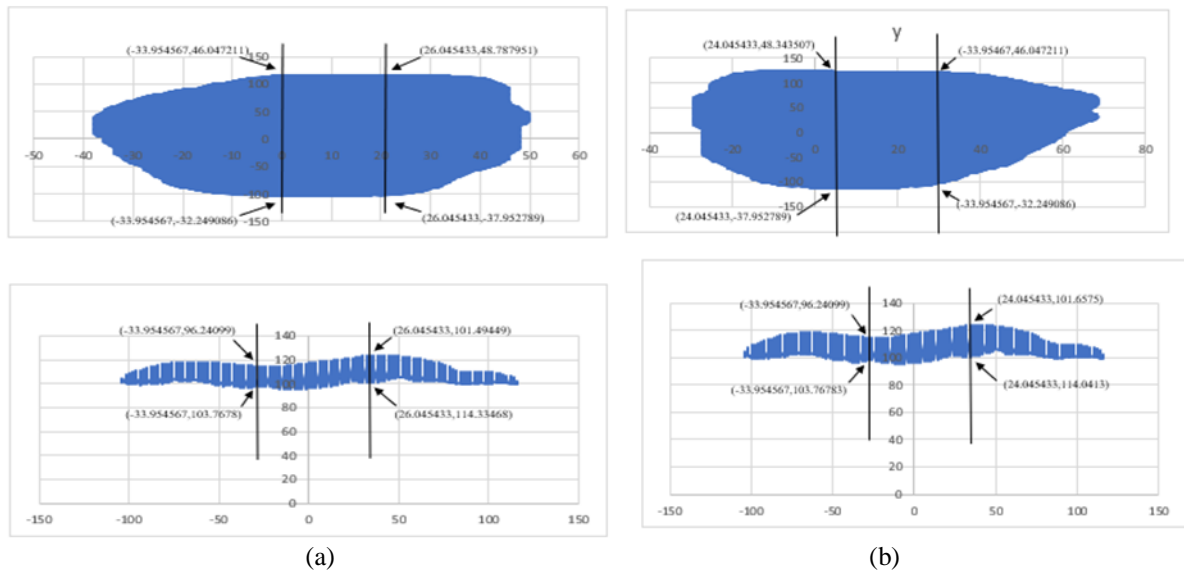
### 3.2 Batas area arch index

Berikut adalah hasil pembagian batas area arch index dari telapak kaki subjek. Subjek 1



Gambar 15. Skema batas area arch index (a) kaki kanan (b) kaki kiri

Subjek 2



Gambar 16. Skema batas area arch index (a) kaki kanan (b) kaki kiri

### 3.3 Hasil Pengukuran Sudut Belakang Kaki dan AI

Berikut Tabel Hasil Pengukuran Sudut Belakang Kaki Subjek.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Sudut Belakang Kaki dan AI menggunakan sisipan

	Subjek 1							
	Kanan				Kiri			
	Tanpa Sisipan	T-25	T-23	T-21	Tanpa Sisipan	T-25	T-23	T-21
AI	0,43	0,35	0,37	0,39	0,44	0,36	0,37	0,38
RFA	14,49	9,76	10,94	12,12	15	10,35	10,94	11,53
RFA Manual	8	3	4	5	9	3	5	6
	Subjek 2							
	Kanan				Kiri			
	Tanpa Sisipan	T-25	T-23	T-21	Tanpa Sisipan	T-25	T-23	T-21
AI	0,4	0,31	0,34	0,36	0,41	0,32	0,33	0,36
RFA	12,72	7,39	9,16	10,35	13,31	7,98	8,57	10,35
RFA Manual	7	2	3	4	8	3	5	7

#### 4. Kesimpulan

- a. Penggunaan sisipan sebagai upaya penanganan *flat foot* terbukti efektif. Hal ini dibuktikan dengan adanya penurunan sudut belakang kaki ketika subjek menggunakan sisipan.
- b. Penggunaan sisipan terbukti bisa diukur AI nya dengan menggunakan sisipan dibandingkan bila menggunakan sol sepatu yang sudah jadi

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Cavanagh, PR. and Rodgers, M. 1987. The Arch index: a useful measure from footprints. *J. Biomechanics* Vol. 20, No. 5, pp. 547-551.
- [2] Irving, D. B., Cook, J. L., Young, M. A., & Menz, H. B. 2007. Obesity and pronated foot type may increase the risk of chronic plantar heel pain: a matched case-control study. *BMC musculoskeletal disorders*, 8, 41.
- [3] Norris, CM. 2017. Plantar Fasciitis – a pain the heel. *Co-Kinetic Journal* : 71 (January):14-20.
- [4] Rao, U. B., & Joseph, B. 1992. The influence of footwear on the prevalence of flat foot. A survey of 2300 children. *The Journal of bone and joint surgery*. British volume, 74(4), 525–527.
- [5] Shiang, T. Y., Lee, S. H., Lee, S. J., & Chu, W. C. 1998. Evaluating different footprint parameters as a predictor of arch height. *IEEE engineering in medicine and biology magazine : the quarterly magazine of the Engineering in Medicine & Biology Society*, 17(6), 62–66.
- [6] Adrienne E Hunt, Alexander J Fahey, Richard M Smith. 2000. Static measures of calcaneal deviation and arch angle as predictors of rearfoot motion during walking, *Australian Journal of Physiotherapy*, Volume 46, Issue 1, Pages 9-16, ISSN 0004-9514.
- [7] Halabchi, F., Mazaheri, R., Mirshahi, M., & Abbasian, L. 2013. Pediatric flexible flatfoot; clinical aspects and algorithmic approach. *Iranian journal of pediatrics*, 23(3), 247–260.
- [8] Atik, A. Ozyurek, S. 2014. Flexible Flat Foot. *North Clin Istanbul*, ;1(1):57-64.
- [9] LeLièvre J. 1970. Current concepts and correction in the valgus foot. *Clinical orthopaedics and related research*, 70, 43–55.
- [10] Wibowo, DB.; Suprihanto, A.; Widodo, A.; Haryadi, GD. 2018. Estimation of calcaneal deformation while standing from the boolean operation between 3D and footprint image and its comparison with lateral x-ray. *MATEC Web of Conferences* 204, 07001.
- [11] Hutapea, VP. 2018. Penanganan Penderita Kaki Rata Menggunakan Sepatu Orthotic (Dengan Sisipan Sol Sepatu Di Daerah Arch).