

ADAPTASI BIOMIMIKRI *ELEPHANTIDAE* UNTUK PERANCANGAN PRODUK ALAS KAKI BAGI PENDERITA *PLANTAR FASCIITIS*

Vincent Pratama Santoso¹

Desain Manajemen Produk, Fakultas Industri Kreatif, Universitas Surabaya
e-mail: 1vntpe31@gmail.com

ABSTRAK

Obesitas morbid merupakan obesitas tingkat teratas dalam BMI. Obesitas dapat menimbulkan penyakit *flat foot* yang berujung pada *plantar fasciitis*. *Plantar fasciitis* terjadi karena peradangan jaringan telapak kaki yang menghubungkan tumit dengan tungkai depan. Dapat terjadi karena *microtrauma* yang disebabkan oleh beban tubuh berlebih, sehingga fascia tertekan secara berulang. Pengambilan biomimikri hewan gajah digunakan untuk mengurangi masalah *plantar fasciitis*. Pada kaki hewan gajah terdapat bantalan tebal dan lebar, yang membantu gajah berjalan dan mendistribusikan beban gajah itu sendiri. Penambahan bantalan juga berlaku pada bagian *insole* alas kaki karena langsung bertemu dengan telapak kaki. Penambahan dilakukan dengan memberikan penopang arkus agar bekerja dengan ideal yaitu membantu mendistribusikan beban dan menjaga stabilitas dari manusia. Produk alas kaki digunakan untuk membantu manusia beraktivitas sehari-hari. Dengan adanya alas kaki sesuai dengan aktivitas yang dijalani, maka memberikan dampak positif kepada manusia agar lebih nyaman dan aman. Metode penulisan ini adalah kualitatif dimana pengambilan data dan teori dilakukan dari internet dari jurnal yang telah dipublikasi untuk memperkuat teori permasalahan yang ada dan solusi untuk permasalahan tersebut. Penulisan ini dapat dikembangkan lebih dalam untuk dijadikan produk asli yang berguna bagi masyarakat seperti alas kaki yang mampu mendistribusikan beban terutama pada obesitas morbid.

Kata kunci: Obesitas Morbid, *Plantar Fasciitis*, Kaki Datar, Alas Kaki, Biomimikri

ABSTRACT

Morbid obesity is the highest level of obesity in BMI. Obesity can cause flat feet which leads to plantar fasciitis. Plantar fasciitis occurs due to inflammation of the tissue of the sole of the foot that connects the heel to the foreleg. It can occur due to microtrauma caused by excessive body weight, so that the fascia is repeatedly compressed. Taking biomimicry of elephants is used to reduce the problem of plantar fasciitis. On the feet of elephants there are thick and wide pads, which help elephants walk and distribute the weight of the elephant itself. The addition of pads also applies to the insole of the footwear because it directly meets the soles of the feet. The addition is done by providing arch support so that it works ideally, namely helping to distribute the load and maintain human stability. Footwear products are used to help humans with their daily activities. With footwear according to the activities carried out, it has a positive impact on humans to be more comfortable and safe. This writing method is qualitative where data and theory are taken from the internet from published journals to strengthen the theory of existing problems and solutions to these problems. This writing can be developed further to be made into an original product that is useful for society, such as footwear that is able to distribute the load, especially for morbid obesity.

Keywords: *Morbid Obesity, Plantar Fasciitis, Flat Feet, Footwear, Biomimicry*

Diterima pada 7 Juni 2024

Direvisi pada 11 Oktober 2024

Disetujui pada 25 Oktober 2024



PENDAHULUAN

Obesitas dapat menyebabkan berbagai masalah salah satunya adalah Plantar Fasciitis atau biasa disebut nyeri tumit, penyakit ini sangatlah umum terjadi dikalangan orang yang obesitas karena kaki mereka mendapatkan tekanan lebih dari beban tubuh (Mohammad Ali Tahririan et al., 2012), dimana riset di Indonesia sendiri menunjukkan pada anak 5-19 tahun meningkat pada angka 10,8% gemuk dan 9,2% obesitas, anak-anak ini kurang memiliki aktivitas fisik juga (Kemenko PMK, 2023). Sehingga obesitas berbahaya untuk kesehatan manusia dalam waktu jangka panjang, terutama untuk manusia dapat beraktivitas secara normal pada umumnya, dimana alat gerak utama manusia adalah pada kaki.

Kaki berguna sebagai fondasi dan penggerak aktivitas sehari-hari manusia, maka dari itu kaki manusia memerlukan pelindung sebagai pendukung aktivitas manusia dalam menjalani kehidupan sehari-harinya (Abet Adhy Anthony, 2018). Pendukung aktivitas dapat dengan menggunakan alas kaki yang cocok digunakan pada kaki terutama bentuk telapak kaki yang dimana kaki manusia sedikit melengkung yang berguna seperti pegas dan membantu meredam kaki manusia saat berjalan (Hermawan & Tarsono, 2017). Maka perlu adanya pendukung kaki untuk menopang agar lengkungan pada telapak kaki tetap terjaga dengan penggunaan alas kaki untuk manusia beraktivitas sehari-hari. Alas kaki digunakan untuk melindungi kaki dan sebagai estetika dari fashion kita. Dalam pembuatan desain perlu memiliki nilai fungsi yang tidak kalah baiknya, karena desain dan fungsi merupakan dua hal yang terlihat segi perubahannya (Wicaksono, 2014). Pada jaman globalisasi sekarang sangat berpengaruh terhadap perkembangan dalam berbagai aspek desain dan salah satunya dalam dunia fashion di Indonesia yang semakin berkembang (Laksana, 2013). Beberapa sepatu tidak selalu memiliki fungsi yang sesuai dengan kebutuhan masyarakatnya dan untuk jangka waktu yang lama beberapa sepatu sudah tidak layak untuk digunakan dikarenakan aus pada sol hingga rusak. Dari permasalahan kaki manusia maka perlu merancang produk yang dapat menopang kebutuhan kaki manusia untuk beraktivitas, salah satunya memanfaatkan biomimikri.

Biomimikri merupakan pendekatan alam untuk menyelesaikan permasalahan dan memberikan solusi dengan cara mempelajari susunan, pola, bentuk dari alam itu sendiri dan menggabungkan dengan inovasi desain dan teknologi (Sampurno & Yakshanti, 2013). Dengan memanfaatkan bentuk yang telah berevolusi selama ratusan hingga ribuan tahun ini, konsep biomimikri merupakan konsep yang sangat berguna sebagai dasar pembuatan sebuah produk. Prinsip alam ini menggunakan sumber daya alam sesuai kebutuhan, efisien, dan efektif (Qomariyah et al., 2021). Gajah salah satu hewan yang memiliki keunikan di berbagai bentuk badannya. Pada bagian kaki gajah memiliki keunikan yaitu bantalan pada kaki hewan gajah yang memiliki ciri yang mirip dengan bantalan pada kaki manusia (Weissengruber et al., 2006), dimana bantalan ini sangat berguna untuk meredam getaran kaki gajah saat berjalan.

Dari semua hal yang sudah terpaparkan di atas, didapatkan bahwa Plantar Fasciitis dapat menjangkit seluruh manusia terutama pada manusia obesitas, hal tersebut dapat diatasi dengan penambahan bantalan pada alas kaki mengadaptasi biomimikri gajah sehingga saat beraktivitas rasa nyeri pada telapak kaki berkurang.

Dari uraian data diatas dapat diambil rumusan masalah, yaitu: 1) Terjadinya *heels spur* tumbuhnya tulang kecil yang mengakibatkan nyeri pada tumit; 2) Alas kaki yang dijual dipasaran tidak efektif mengurangi nyeri maka dibutuhkan alas kaki untuk *plantar fasciitis*; 3) *Insole* dipasaran tidak mampu menopang kaki obesitas yang memiliki edema sehingga dibutuhkan alas kaki untuk menopang ha tersebut. Dari poin rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah merancang alas kaki obesitas morbid yang dapat mendistribusikan beban sehingga mengurangi nyeri dari Plantar Fasciitis.

METODE

Penulisan ini menggunakan metode kualitatif, dimana metode bersifat deskriptif, menggunakan data dan analisis untuk mendukung teori. Teknik yang digunakan dengan mengumpulkan jurnal dan artikel dari internet yang berguna sebagai pendukung teori dalam penulisan ini. Tujuan dari metode ini adalah untuk memahami dan mendalami permasalahan yang dikaji, serta metode ini data yang didapat yaitu kata dan gambar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Plantar Fasciitis Pada Obesitas Morbid

Hasil dari jurnal menyatakan bahwa Obesitas Morbid dapat menyebabkan kaki mengalami Plantar Fasciitis. Hal ini dapat terjadi karena adanya microtrauma yang terjadi secara berulang. Paling banyak terjadi pada bagian tumit dan lengkungan kaki. Faktor anatomi dan biomekanik merupakan 2 hal penyebab terjadinya Plantar Fasciitis, faktor anatomi antara lain obesitas, pes planus, dan pes cavus. Sedangkan faktor biomekanik dimana otot intrinsik dan plantar flexor kaki yang melemah. Plantar Fasciitis banyak menyerang orang dewasa, tetapi tidak menutup kemungkinan manusia yang obesitas juga akan terkena dan tidak memandang umur (Sutanto & Sidarta, 2022). Maka dari itu perlu dapat mengurangi tekanan pada kaki manusia obesitas. Pengurangan pada tekanan telapak kaki ini dapat dicapai dengan memanfaatkan hukum dasar fisika dimana semakin luas benda semakin besar distribusi tekanan yang diberikan. Maka dari itu pendistribusian tekanan pada kaki dapat dilakukan dengan cara memperbesar luas penampang telapak kaki dan menaikan tinggi hak alas kaki (Wibowo, 2018).



Plantar Fasciitis

(Sumber: <https://www.healthdirect.gov.au/plantar-fasciitis>)

Biomimikri Pada Hewan Gajah

Gajah merupakan hewan mamalia yang memiliki berbagai keunikan. Selain memberikan hiburan, kita dapat mempelajari berbagai hal dari gajah. Gajah sangat memperhatikan lingkungan habitatnya, tubuhnya yang besar membuat hewan ini mempertimbangkan banyak faktor terutama soal makanan demi keberlangsungan populasinya. Jika habitat yang sedang dihuni berkekurangan pangan maka gajah akan mencari tempat sekitarnya (Abdullah, 2009). Dengan hal itu gajah memiliki kemampuan untuk pergi menjelajah kawasan sejauh 32,4-166,9 km² dengan berbagai ekosistem seperti hutan hujan daratan rendah, hutan gambut, hutan rawa dan pegunungan (Rohman et al., 2019).

Struktur Kaki Manusia Dengan Kaki Gajah

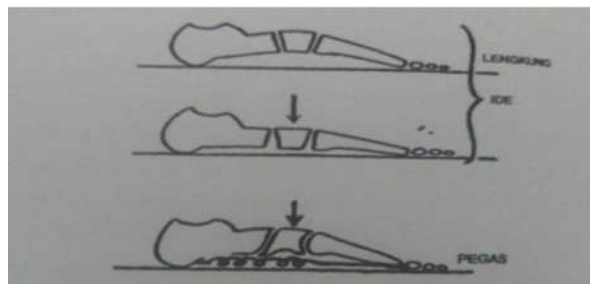
Pada struktur kaki manusia sendiri memiliki kesamaan dengan struktur hewan gajah dimana, kaki gajah memiliki bentuk kerangka kaki yang unik. Struktur kaki gajah memiliki bentuk yang rata tetapi terletak secara 'jinjit', ini karena kaki gajah memiliki bantalan kaki yang terletak di belakang jari kakinya, bantalan ini terdiri dari jaringan adiposa, jaringan ikat fibrosa, otot, ligamen, dan kulit telapak kaki (Panagiotopoulou et al., 2016). Tekanan pada telapak gajah juga dibagi menjadi 2 yaitu pada tungkai depan sebesar 60% beban tubuh, sedangkan pada tungkai belakang 40%. Struktur kaki gajah mirip dengan kaki

manusia, maka dari itu kaki gajah tersebut dapat membantu gajah untuk meredam getaran, menopang tubuhnya yang besar (Weissengruber et al., 2006). Dapat dilihat bahwa kaki manusia memiliki struktur yang sama tetapi tidak memiliki bantalan tumit seperti kaki hewan gajah. Struktur kaki gajah dan manusia memiliki bentuk yang sama tetapi terdapat perbedaan penekanan. Kaki gajah memiliki bantalan yang membantu meredam beban gajah sehingga terdistribusi dengan baik. Bantalan ini dapat digunakan untuk meredam kaki pada obesitas sehingga bantalan tersebut membantu obesitas beraktivitas tanpa harus merasakan nyeri pada kaki.

Arkus Pada Telapak Kaki Manusia

Telapak kaki manusia adalah bagian paling bawah dari kaki manusia. Telapak kaki ini terbagi menjadi 3 bagian yaitu bagian depan, tengah, dan samping. Kaki pada manusia ini berguna untuk mendukung manusia saat beraktivitas dari aktivitas ringan hingga berat. Arkus atau sudut lengkung kaki berguna untuk menyongkong kaki saat bergerak, menopang berat tubuh, dan memiliki fungsi utama sebagai pegas penghantar getaran pada kaki.

Arkus sendiri terbagi menjadi 3 perbedaan pada sisi medial-longitudinal kaki, dimana area ini tersusun oleh tulang, otot, dan ligamen. Ketiga jenis arkus pada manusia adalah *norma arch*, *high arch*, dan *Flat Arch/ Flat foot*. Obesitas sendiri mengalami *flat foot* karena beban tubuh bertumpu pada kaki yang membuat arkus mengalami *microtrauma* sehingga dapat terjadinya *plantar fasciitis*.



Lengkungan Arkus
(Sumber: Jurnal Hermawan dan Tarsono)

Berdasarkan Hermawan dan Tarsono pada tahun 2017, arkus terbagi menjadi 3 perbedaan pada sisi medial-longitudinal kaki, dimana area ini tersusun oleh tulang, otot, dan ligamen. Berikut ketiga jenis perbandingan kelainan lengkungan kaki manusia yang dapat disebabkan oleh obesitas dengan lengkungan yang normal:

1. *Normal Arch*

Memiliki kelengkungan yang normal pada bagian tengah. Saat beraktivitas lari akan membuat hentakan pada bagian sisi luar kaki sehingga hentakan tersebut dapat diredam oleh bagian tengah telapak kaki, hal ini membuat manusia dapat berlari secara ergonomis dan efisien.



Arkus Normal

(Sumber: <https://osc.medcom.id/community/jenis-jenis-telapak-kaki-2934>)

2. *Low Arch*

Low Arch atau istilah lainnya *Flat Foot* dan *Pronator Foot* merupakan kondisi dimana kaki tidak memiliki lengkungan, sehingga saat berpijak kaki meninggalkan jejak kaki

yang rata dan bagian tengah telapak sama lebarnya dengan bagian depan kaki. Hal ini menyebabkan masalah kelainan seperti tertariknya otot jaringan ikat telapak kaki (*Fascia Plantartis*), otot dalam kaki, dan menyebabkan kaki berbentuk “X” sehingga kaki kurang nyaman.



Arkus Melengkung

(Sumber: <https://osc.medcom.id/community/jenis-jenis-telapak-kaki-2934>)

Flat foot juga memiliki berbagai tingkatan yaitu dari tingkat 1, tingkat 2, dan tingkat 3 (Hamilton, 2016). *Flat foot* sendiri memiliki beragam jenis yaitu:

a. Fleksibel

Kaki datar fleksibel ini adalah kaki datar yang paling umum terjadi. Saat duduk kaki masih terlihat memiliki lengkungan arkus, sedangkan saat berdiri lengkungan arkus akan jatuh atau menghilang. Terjadi sejak saat kanak-kanak hingga remaja dan dapat memburuk seiring waktu karena tendon dan ligamen yang meregang, sobek, dan bengkak.

b. Kaku

Tipe ini berkembang saat remaja. Berbeda dari fleksibel, saat duduk dan berdiri lengkungan arkus tidak terlihat. Saat melenturkan kaki atau bergerak dapat menyulitkan orang dan membuat kaki sakit.

c. Kaki rata pada orang dewasa

Kaki rata ini disebabkan karena tendon yang sobek sehingga lengkungan arkus menjadi turun.

d. Talus vertikal

Kaki datar ini terjadi karena bawaan dari lahir dimana tulang talus pada kaki tidak pada posisi yang benar.

(Sumber: Dr. Krit Prugsawan, 2023)

3. *High Arch*

Terjadi saat bagian tengah kaki sangatlah tinggi atau biasa disebut “*C-shaped Foot*”. Hal ini menyebabkan beban bertumpu pada bagian tengah kaki yang mempengaruhi daya keseimbangan kaki dan berdampak pada keseimbangan kaki. Resiko lain dari kaki seperti ini membuat kaki mudah terkilir pada ankle luar serta nyeri pada tulang.



Arkus Tinggi

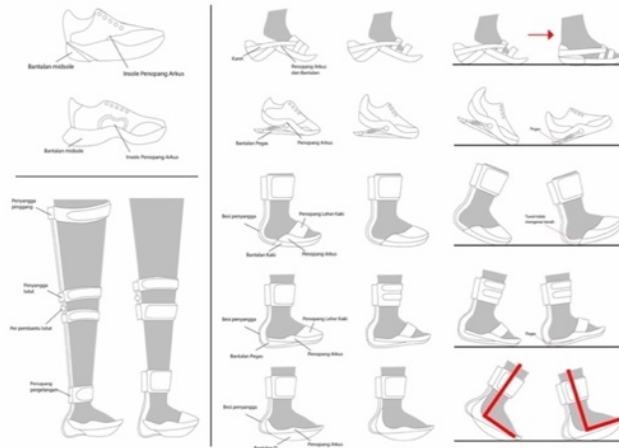
(Sumber: <https://osc.medcom.id/community/jenis-jenis-telapak-kaki-2934>)

Alas kaki

Alas kaki digunakan untuk melindungi kaki dan sebagai estetika dari fashion kita. Pada jaman globalisasi sekarang sangat berpengaruh terhadap perkembangan dalam berbagai aspek desain dan salah satunya dalam dunia fashion di Indonesia yang semakin berkembang (Laksana, 2013). Alas kaki berguna untuk membantu masyarakat untuk beraktivitas. Dengan adanya alas kaki yang sesuai dengan aktivitas yang dibutuhkan, maka akan sangat membantu masyarakat menjalani keseharian dengan lebih nyaman dan aman.

Sketsa Awal Desain

Ide sketsa mengambil mekanisme pendistribusian beban seperti penambahan tinggi sol pada daerah tumit, alat yang membantu mendistribusikan beban pada lutut, dan pendistribusian beban pada pergelangan kaki. Tiap mekanisme tersebut dimasukkan kedalam alas kaki seperti sepatu, sandal, dan alat penopang kaki.



Quicksketch
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

SIMPULAN

Dari data yang didapatkan permasalahan pada kaki obesitas morbid dapat menyebabkan terjadinya *plantar fasciitis* yang membuat manusia tersebut tidak nyaman saat beraktivitas. Penyebab dari *plantar fasciitis* sendiri dapat terjadi karena peradangan pada *plantar fascia* yaitu jaringan pada bagian telapak kaki. Bisa disebabkan oleh *microtrauma* yang terjadi secara terus menerus. Pada kasus obesitas terjadi karena beban tubuh yang berlebih dan membuat kaki terutama telapak kaki bekerja berlebihan.

Biomimikri hewan gajah digunakan untuk membantu mengurangi nyeri dari *plantar fasciitis*. Dari struktur gajah, pada bagian kaki, terdapat bantalan yang besar yang membantu gajah mendistribusikan beban dan mengurangi tekanan pada tumit gajah. Dalam mengurangi beban pada area telapak kaki. Perlu adanya peluasan penampang dan memberi bantalan pada telapak kaki manusia yang bekerja sama halnya dengan bantalan pada kaki gajah. Diharapkan saat memberikan penampang yang lebih luas dan lebih tebal, mampu mengurangi nyeri pada *plantar fascia*.

Pada bagian arkus juga perlu penambahan bantalan sesuai dengan kontur arkus pada telapak kaki. Pada manusia obesitas morbid, telapak kaki yang dimiliki tidak ergonomi, perlu adanya penopang arkus agar *microtrauma* dapat dihindari dan membantu menyeimbangkan stabilitas tubuh.

Produk yang sangat membantu manusia dalam beraktivitas adalah alas kaki. Dengan produk alas kaki yang mampu membantu obesitas morbid beraktivitas, akan sangatlah berguna agar obesitas morbid yang mengalami *plantar fasciitis* mampu berjalan tanpa nyeri yang berlebih.

REFERENSI

- Abdullah. (2009). Penggunaan Habitat Dan Sumber Daya Oleh Gajah Sumatera (*Elephas maximus sumatranus temminck, 1847*) Di Hutan Prov. Nad Menggunakan Teknik Gis.
- Abet Adhy Anthony. (2018). Optimasi Parameter Permesinan Material X dan Y Untuk Produk Insole Menggunakan Mesin CNC.
- Dr. Krit Prugsawan. (2023, October 3). Flat Feet (Flatfoot)—Types, Causes and Treatment. MedPark Hospital. <http://www.medparkhospital.com/en-US/disease-and-treatment/flat-feet>
- Hamilton. (2016, Desember). Different Types of Flat Feet. <https://www.donaldmanger-podiatrist.com/blog/item/264-different-types-of-flat-feet.html>
- Hermawan, I., & Tarsono, T. (2017). Hubungan Bentuk Telapak Kaki, Panjang Tungkai Dengan Daya Ledak Otot Tungkai Terhadap Atlet Kids Athletics Putri 11-14 Tahun Rawamangun. *Journal Physical Education, Health and Recreation*, 1(2), 25. <https://doi.org/10.24114/pjkr.v1i2.7564>
- Kemenko PMK. (2023, July 26). Pemerintah terus berupaya menurunkan angka Obesitas pada anak | Kementerian Koordinator Bidang Pembangunan Manusia dan Kebudayaan. <https://www.kemendikbud.go.id/pemerintah-terus-berupaya-menurunkan-angka-obesitas-pada-anak>
- Laksana, K. N. (2013). Gaya Hidup, Kelas Sosial Dan Keputusan Pembelian Produk Sepatu Impor Pada Kalangan Mahasiswa Dan Mahasiswa (Studi Pada Mahasiswa Dan Mahasiswi Fakultas Ekonomi Dan Bisnis Universitas Brawijaya Malang).
- Mohammad Ali Tahririan, Mehdi Motifard, Mohammad Naghi Tahmasebi, & Babak Siavashi. (2012). Plantar fasciitis.
- Panagiotopoulou, O., Pataky, T. C., Day, M., Hensman, M. C., Hensman, S., Hutchinson, J. R., & Clemente, C. J. (2016). Foot pressure distributions during walking in African elephants (*Loxodonta africana*). *Royal Society Open Science*, 3(10), 160203. <https://doi.org/10.1098/rsos.160203>
- Qomariyah, A. N., Nugroho, A. C., & Ifadianto, N. (2021). Perancangan Oceanarium dengan Pendekatan Arsitektur Biomimicry di Lampung.
- Rohman, W. A., Darmawan, A., Wulandari, C., & Dewi, B. S. (2019). Preferensi Jelajah Harian Gajah Sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (Daily Range Preferences of Sumatran Elephant (*Elephas maximus sumatranus*) in Bukit Barisan Selatan National Park). *Jurnal Sylva Lestari*, 7(3), 309. <https://doi.org/10.23960/jsl37309-320>
- Sampurno, T., & Yakshanti, N. (2013). Perancangan Inovasi Sepatu Dan Selop Sebagai Solusi Masyarakat Mobilitas Tinggi Dengan Metode Quality Function Deployment. *Khazanah*, 5(2), 39–48. <https://doi.org/10.20885/khazanah.vol5.iss2.art4>
- Sutanto, R., & Sidarta, N. (2022). Indeks Massa Tubuh Berhubungan dengan Nyeri Plantar Fasciitis Usia 20-50 Tahun. 5(1).
- Weissengruber, G. E., Egger, G. F., Hutchinson, J. R., Groenewald, H. B., Elsässer, L., Famini, D., & Forstenpointner, G. (2006). The structure of the cushions in the feet of African elephants (*Loxodonta africana*). *Journal of Anatomy*, 209(6), 781–792. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2006.00648.x>
- Wibowo, D. B. (2018). Efektifitas Meningkatkan Area Kontak Telapak Kaki Pada Pengurangan Tekanan Di Daerah Tumit Bagi Penderita Inferior Calcaneae Spur.
- Wicaksono, A. (2014). Perkembangan Alas Kaki Manusia. *Jurnal Ilmiah WUNY*, 16(4). <https://doi.org/10.21831/jwuny.v16i4.3519>