

STUDI AWAL PEMANFAATAN SENSOR FORCE SENSING RESISTOR UNTUK MENGETAHUI DISTRIBUSI TEKANAN TELAPAK KAKI

Laura Anastasi Sesoragi Lapono, Frederika Rambu Ngana, Andreas Ch. Louk

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

Corresponding author: laura_lapono@staf.undana.ac.id

Abstrak

Penelitian ini merupakan penelitian awal dan bertujuan untuk merancang suatu alat yang memanfaatkan sensor force sensing resistor agar dapat mengetahui distribusi tekanan telapak kaki. Tahap awal dalam penelitian ini bertujuan untuk mengukur nilai gaya atau tekanan yang dihasilkan oleh sensor saat kaki menginjak insole. Sensor diletakkan sedemikian rupa agar dapat mengukur gaya atau tekanan telapak kaki. Gaya atau tekanan yang diukur selanjutnya dapat dianalisis dan diinterpretasikan. Tiap sensor flex memiliki nilai resistansi yang berbeda-beda. Nilai resistansi dari sensor FSR akan mengalami penurunan resistansi jika terjadi peningkatan gaya yang diterapkan ke permukaan aktif sensor FSR. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa presentase berat badan manusia sebagian besar disangga oleh hindfoot (kaki belakang). Hal ini terlihat dari nilai tegangan V_{OUT} pada hindfoot adalah yang paling besar. Sedangkan untuk membedakan tipe kaki normal dan kaki datar adalah nilai tegangan V_{OUT} pada midfoot. Nilai tegangan V_{OUT} pada midfoot bisa mencapai 3,77 V untuk kaki datar, sedangkan pada kaki normal maksimal 2,48 V.

Kata kunci: *sensor; force sensing resistor; gaya; tekanan; telapak kaki*

PENDAHULUAN

Kaki mempunyai dua fungsi utama yaitu menyokong berat badan dan berfungsi sebagai pengungkit untuk menngerakan tubuh ke depan sewaktu berjalan dan berlari. Kaki mempunyai satu tulang yang kuat dan berfungsi sebagai pengungkit yang kaku untuk gerakan ke depan. Pengungkit ini terdiri dari segmen-segmen dengan banyak sendi sehingga kaki bersifat fleksibel dan dapat menyesuaikan diri terhadap permukaan yang tidak rata [1].

Telapak kaki merupakan salah satu bagian paling penting dari anggota tubuh yang berinteraksi dengan landasan, baik saat berdiri maupun berjalan. Kaki merupakan bagian tubuh yang berfungsi untuk menopang berat badan dan mempertahankan keseimbangan saat berdiri. Struktur pada kaki sangat berpengaruh terhadap biomekanika anggota gerak bagian bawah tubuh (*lower extremity*) karena dengan adanya lengkungan maka beban yang diterima akan didistribusikan secara merata di kaki. Bentuk telapak kaki memiliki 3 jenis lengkungan yaitu lengkungan normal (*normal arch*), lengkungan kaki tinggi (*high arch* atau *pes cavus*) dan lengkungan kaki datar [2]. Kaki manusia terdiri dari 3 bagian yaitu *forefoot* (kaki depan), *midfoot* (kaki tengah), dan *hindfoot* (kaki belakang) [3].

Selain itu bentuk telapak kaki ini ternyata juga berpengaruh terhadap kekelahan fisik terutama untuk bentuk telapak kaki datar [4]. Bentuk lengkungan telapak kaki akan berpengaruh pada kestabilan posisi saat kita berdiri, terutama pergelangan kaki dan lutut. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Antara et al., (2017) terdapat hubungan yang signifikan antara flat foot dengan keseimbangan yaitu sebesar 87,04% untuk keseimbangan statis dan hubungan antara flat foot dengan keseimbangan dinamis sebesar 68,55% [5].

Lengkung kaki yang normal atau datar akan mempengaruhi keseimbangan dan proses berjalan, sehingga akan berdampak pada kelincuhan anak [6]. Dari hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa ada hubungan antara bentuk lengkung telapak kaki terhadap kelincuhan. Dalam penelitian ini, pengukuran lengkung telapak kaki menggunakan footprint angle dengan pegograf dari Clark. Sedangkan untuk mengukur kelincuhan dengan cara tes lari bolak balik berjarak 10 meter. Telapak kaki manusia ternyata berpengaruh terhadap kekelahan fisik.

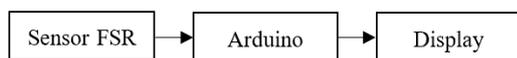
Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini akan memanfaatkan sensor Force Sensing resistor yang diletakkan pada telapak kaki untuk mengetahui tekanan telapak kaki

saat posisi berdiri sehingga kedepannya alat ini dapat dikembangkan untuk mengetahui bentuk telapak kaki. Sedangkan untuk mengetahui bentuk telapak kaki menggunakan metode Wet Foot Print Test.

METODE

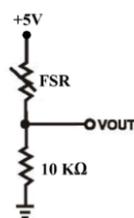
Perancangan alat ini memanfaatkan sensor flex untuk mendeteksi lekukan jari tangan. Sensor yang digunakan dalam penelitian adalah sensor FSR402. Sensor flex memiliki perubahan resistansi akibat adanya perubahan lekukan pada bagian sensor. Sensor ini memiliki keluaran berupa resistansi. Sensor ini membutuhkan tegangan sebesar +5V agar bisa bekerja [7].

Sensor flex ini kemudian dihubungkan ke rangkaian pembagi tegangan. Keluaran resistansi ini akan diberikan tegangan yang nantinya akan dibaca oleh mikrokontroler. Keluaran dari sensor flex akan menjadi masukan untuk *Analog to Digital Converter* (ADC) yang sudah terdapat di dalam mikrokontroler. Blok diagram sistem secara sederhana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram sistem perancangan

Keluaran dari sensor FSR berupa resistansi sehingga dibutuhkan rangkaian pembagi tegangan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



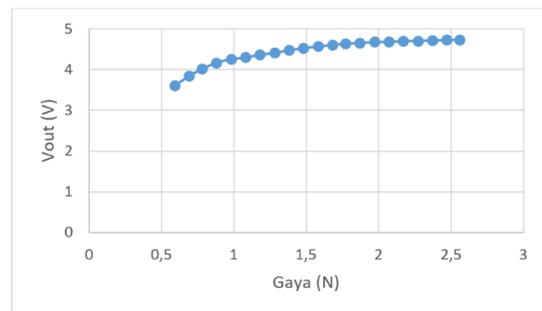
Gambar 2. Rangkaian sistem akuisisi data untuk sensor FSR

Rangkaian pembagi tegangan tersebut menggunakan resistor referensi (R_M) sebesar $10\text{ K}\Omega$, tegangan V_{CC} sebesar 5 V . Sedangkan resistansi R_{FSR} diperoleh dari keluaran sensor FSR, sehingga tegangan keluaran (V_{OUT}) dapat diperoleh menggunakan persamaan (1):

$$V_{out} = 5 \frac{10\text{ K}\Omega}{10\text{ K}\Omega + R_{FSR}} \quad (1)$$

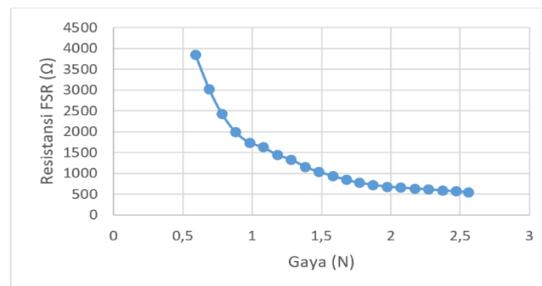
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari persamaan (1), menunjukkan tegangan keluaran (V_{OUT}) akan meningkat sejalan dengan adanya peningkatan gaya yang diberikan ke permukaan aktif sensor FSR seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



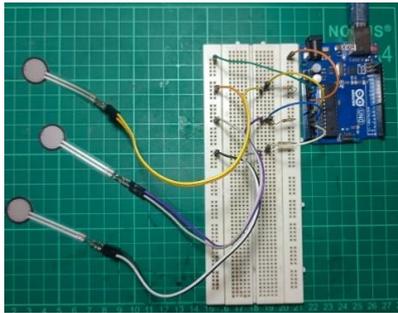
Gambar 3. Gaya (N) vs V_{OUT} (V)

Sedangkan grafik gaya terhadap resistansi sensor FSR ditunjukkan pada Gambar 4. Terlihat terjadi penurunan resistansi seiring dengan peningkatan gaya yang diterapkan ke permukaan aktif.



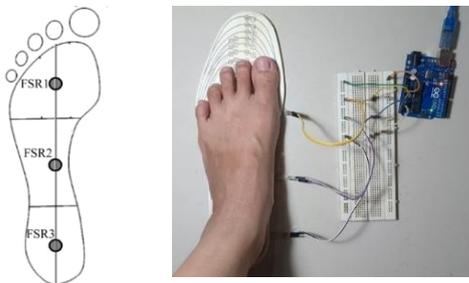
Gambar 4. Gaya (N) vs resistansi FSR (Ω)

Pengujian awal dilakukan dengan tujuan mengetahui nilai tegangan V_{out} akibat tekanan yang diberikan pada permukaan aktif sensor FSR. Pengujian awal ini menggunakan 3 buah sensor FSR. Masing-masing nilai tegangan keluaran dari sensor flex berturut-turut dipantau di pin analog A0 sampai A2 Arduino. Adapun rangkaian pengujian sensor FSR ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengujian sensor FSR

Pada percobaan berikutnya menggunakan sensor FSR yang diletakkan pada bagian tengah dari *forefoot* (kaki depan), *midfoot* (kaki tengah), dan *hindfoot* (kaki belakang) seperti tampak pada Gambar 6. Sensor FSR diletakkan di bawah insole sepatu dan digunakan untuk kaki sebelah kiri. Saat pengukuran, insole sepatu ini diletakkan pada bidang datar dan subjek dalam posisi berdiri tegak pada kedua kakinya agar distribusi berat tersebar merata ke kedua kaki.



Gambar 6. Posisi peletakkan sensor FSR pada insole bagian kaki kiri

Dalam penelitian ini, terdapat kesulitan dalam mencari subjek yang memiliki tipe kaki datar dan kaki lengkung tinggi. Total 33 subjek, tidak ditemui subjek yang memiliki kaki lengkung tinggi. Sejumlah 32 subjek memiliki tipe kaki normal dan hanya 1 subjek yang memiliki tipe kaki datar. Contoh hasil cetak telapak kaki untuk tipe kaki normal dan kaki datar ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Cetak telapak kaki (a) tipe normal dan (b) tipe datar

Salah satu hasil pengukuran tegangan V_{OUT} untuk tipe kaki normal ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai tegangan V_{OUT} untuk kaki normal

| Pengukuran ke | Tegangan V_{OUT} (V) | | |
|---------------|------------------------|---------|----------|
| | Forefoot | Midfoot | Hindfoot |
| 1 | 4,25 | 2,48 | 4,89 |
| 2 | 4,22 | 2,44 | 4,89 |
| 3 | 4,22 | 2,46 | 4,89 |
| 4 | 4,22 | 2,48 | 4,89 |
| 5 | 4,21 | 2,46 | 4,91 |
| 6 | 4,18 | 2,31 | 4,89 |
| 7 | 4,17 | 2,11 | 4,90 |
| 8 | 4,18 | 2,13 | 4,91 |
| 9 | 4,20 | 2,16 | 4,90 |
| 10 | 4,21 | 2,37 | 4,90 |

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa tekanan telapak kaki kiri normal pada bagian *hindfoot* (kaki belakang) memiliki nilai tegangan V_{OUT} paling besar dibanding bagian *forefoot* dan *midfoot*. Tetapi nilai tegangan V_{OUT} untuk sensor FSR yang terletak pada *midfoot* hanya berada dikisaran sebesar 2,11 V hingga 2,48 V.

Sedangkan contoh hasil pengukuran tegangan V_{OUT} untuk tipe kaki datar ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai tegangan V_{OUT} untuk kaki datar

| Pengukuran ke | Tegangan V_{OUT} (V) | | |
|---------------|------------------------|---------|----------|
| | Forefoot | Midfoot | Hindfoot |
| 1 | 4,58 | 3,77 | 4,79 |
| 2 | 4,61 | 3,96 | 4,80 |
| 3 | 4,61 | 4,00 | 4,82 |
| 4 | 4,60 | 3,95 | 4,84 |
| 5 | 4,59 | 3,98 | 4,85 |
| 6 | 4,58 | 4,02 | 4,86 |
| 7 | 4,61 | 4,06 | 4,85 |
| 8 | 4,62 | 4,06 | 4,85 |
| 9 | 4,63 | 3,94 | 4,85 |
| 10 | 4,64 | 3,92 | 4,85 |

Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa tekanan telapak kaki datar pada bagian *hindfoot* (kaki belakang) juga memiliki nilai tegangan V_{OUT} paling besar dibanding bagian *forefoot* dan *midfoot*. Tetapi nilai tegangan V_{OUT} untuk sensor FSR yang terletak pada *midfoot* bisa mencapai 3,77 V.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa alat yang dirancang dengan memanfaatkan sensor FSR dapat digunakan untuk mengetahui distribusi tekanan telapak kaki. Nilai resistansi dari sensor FSR akan mengalami penurunan resistansi jika terjadi peningkatan gaya yang diterapkan ke permukaan aktif sensor FSR. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa presentase berat badan manusia sebagian besar disangga oleh *hindfoot* (kaki belakang). Hal ini terlihat dari nilai tegangan V_{OUT} pada *hindfoot* adalah yang paling besar dibanding pada *midfoot* dan *forefoot*. Sedangkan untuk membedakan tipe kaki normal dan kaki datar adalah nilai tegangan V_{OUT} pada *midfoot*. Nilai tegangan V_{OUT} pada *midfoot* bisa mencapai 3,77 V untuk kaki datar, sedangkan pada kaki normal maksimal 2,48 V.

Dalam penelitian ini tentunya masih banyak kekurangan dan kedepannya akan ada pengembangan dalam penelitian selanjutnya. Untuk itu guna menjadikan sistem ini menjadi lebih baik, maka terdapat beberapa saran untuk pengembangan penelitian ini lebih lanjut. Untuk kedepannya dapat memperbanyak jumlah subjek pengukuran agar mendapatkan peluang lebih besar menemukan subjek dengan tipe kaki datar dan kaki lengkung tinggi. Hal ini dikarenakan dalam penelitian ini, dari total 33 subjek hanya ditemui 1 subjek yang memiliki tipe kaki datar dan tidak ditemui subjek dengan tipe kaki lengkung tinggi. Selain itu dapat menggunakan sensor FSR lebih banyak agar mendapatkan hasil lebih akurat pada setiap bagian telapak kaki dan dapat dikembangkan untuk pengukuran pada kedua telapak kaki kiri dan kanan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didanai dari Dana DIPA PNBP Universitas Nusa Cendana (SPK: 8/UN15.15.2.PPK/SPP/FST/IV/2023).

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Snell RS. Anatomi Klinis Berdasarkan Sistem. Penerbit Buku Kedokteran ECG, Jakarta. 2008.
- 2 Surnardi J, Sudibjo P, Sukamti ER. Anatomi Manusia. UNY Press, Yogyakarta. 2020.
- 3 Weatherford B. 2017. Rheumatoid Arthritis of the Foot and Ankle. <https://orthoinfo.aaos.org/en/diseases--conditions/rheumatoid-arthritis-of-the-foot-and-ankle><https://orthoinfo.aaos.org/en/diseases--conditions/rheumatoid-arthritis-of-the-foot-and-ankle>.
- 4 Herianto, Aminoto B. 2013. Analisis Pengaruh Bentuk Telapak Kaki Terhadap Kelelahan Fisik. J. Teknosains. **2**(2): 147.
- 5 Antara KA, Adiputra IN, Sugiritama IW. 2017. Hubungan Flat Foot dengan Keseimbangan Statis dan Dinamis Pada Anak Sekolah Dasar Negeri 4 Tonja Kota Denpasar. Maj. Ilm. Fisioter. Indones. **5**(3): 23.
- 6 Sahri S, Sugiarto S, Widianoro V. 2017. Hubungan Lengkung Telapak Kaki Dengan Kelincahan (Studi pada Siswa SD Negeri Duren 1 Bandungan, Kabupaten Semarang). Jendela Olahraga. **2**(1): 120.
- 7 Interlink Electronics F. Force Sensing Resistor-Integration Guide & Evaluation Parts Catalog with Suggested Electrical Interfaces. .