

PENENTUAN TINGGI HAK SEPATU TERBAIK UNTUK MENDAPATKAN KENYAMANAN DALAM PEMAKAIAN

*Khairul Ayat¹, Dwi Basuki Wibowo², Yusuf Umardani³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

*E-mail: khairulayat240401@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini dilakukan dari banyaknya permasalahan dalam pemakaian sepatu hak tinggi yang dialami oleh hampir 83% wanita berumur 50 – 70 tahun diseluruh dunia, jadi pengujian dilakukan dengan menguji sebuah metode yang bernama metode Perfect High Heel yang digunakan untuk menentukan tinggi hak sepatu yang nyaman. pengujian dilakukan dengan menguji distribusi tekanan menggunakan alat SFR 420, hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ini cukup ampuh dalam digunakan untuk menentukan tinggi hak sepatu yang nyaman.

Kata kunci: highheel; nyaman; tekanan

Abstract

This research was conducted from the many problems in wearing high heels experienced by almost 83% of women aged 50-70 years around the world, so the test was carried out by testing a method called the Perfect High Heel method which is used to determine the most comfortable heel height, testing carried out by testing the pressure distribution using the SFR 420 tool, the results of the study show that this method is quite effective in being used to determine the most comfortable heel height

Keywords: *comfort; highheel; pressure*

1. Pendahuluan

Sepatu hak tinggi telah dipakai oleh wanita sejak lama terutama dalam budaya barat. Seperti halnya pakaian, sepatu hak tinggi juga dikategorikan sebagai salah satu simbol kepribadian. Oleh karena itu, ini adalah bagian penting dari lemari setiap Wanita (Naveen Kumar et al., 2020). Sepatu hak tinggi (high heels) menjadi simbol kuat seksualitas wanita modern untuk meningkatkan daya tarik wanita terhadap pria. Selain itu, sepatu berperan menunjang aktivitas seorang wanita dan memiliki fungsi kesehatan serta estetika. Sepatu yang baik harus memenuhi kedua fungsi itu. Dari segi kesehatan, sepatu melindungi dan menjaga kebersihan kaki serta membantu kaki menopang tubuh. Dari segi estetika, sepatu bisa membantu penampilan . [2]

Seperti yang dinyatakan dalam artikel Caroline M. Speaksnijder's yaitu The higher the heel the higher the forefoot-pressure in ten healthy women, 83% wanita berusia 50-70 tahun mengalami masalah pada kaki mereka ketika memakai sepatu hak tinggi . Sebuah studi menunjukan [5] bahwa 37-69% wanita memakai sepatu hak tinggi sebagai sepatu harian mereka. Salah satu ketidaknyamanan ketika memakai sepatu hak tinggi adalah gaya benturan yang dihasilkan pada saat tumit menghentak landasan (heel strike), benturan tersebut tidak hanya berdampak pada telapak kaki namun merambat ke seluruh area kaki hingga tulang belakang [1]

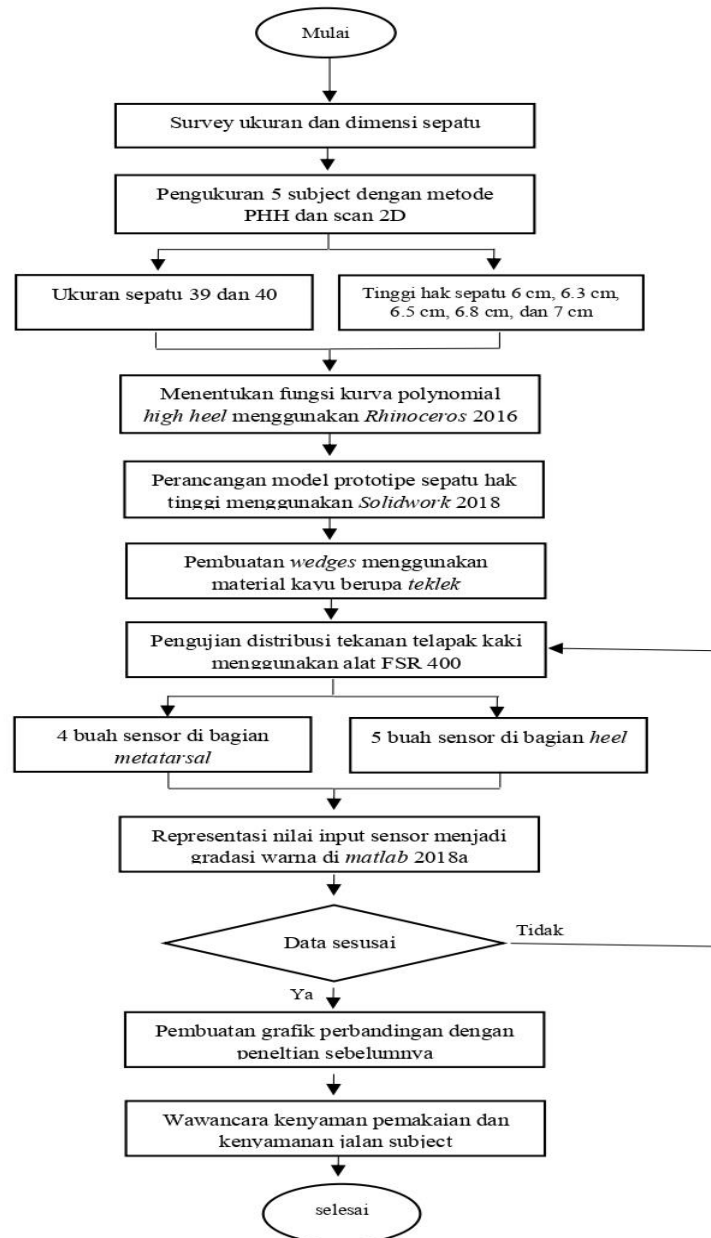
Pengaruh dari variasi ketinggian terhadap beban ditelapak kaki telah dilakukan penelitian sebelumnya oleh saudara Azhar Azzyumari Pasha dengan judul “ Pengaruh variasi ketinggian hak sepatu terhadap pengurangan tekanan di telapak kaki belakang “ tetapi tidak disebutkan secara spesifik bahwa sepatu hak tinggi itu yang mana yang nyaman untuk dipakai setiap subject melainkan menjelaskan semakin tinggi hak sepatu, tekanan pada telapak kaki belakang akan turun dan kemudian bergeser ke bola-bola kaki depan.

Pada tugas akhir ini adalah berfokus pada cara menentukan ketinggian hak sepatu untuk setiap subject secara mudah dengan menggunakan formula PHH dengan memperhatikan fleksibilitas tulang talus , dan untuk mengetahui perubahan distribusi beban di telapak kaki pada ketinggian hak sepatu yang diperoleh dengan mengukur ketinggian hak sepatu subject dengan alat bantu buatan dan dilakukan pengujian tekanan dengan cara memasang 9 sensor *Force Sensing*

Resistor (FSR 420 produk *Interlink Electronics*) pada *stocking nilon*. Oleh karena itu[7] TA ini diberi judul “Penentuan Tinggi Hak Sepatu Terbaik Untuk Mendapatkan Kenyamanan Dalam Pemakaian”

2. Bahan dan Metode Penelitian

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Mangacu pada jurnal penelitian Albon dkk yaitu distribusi tekanan pada telapak kaki ketika seseorang sedang memakai sepatu hak tinggi, maka perlu dilakukan survei dimensi untuk perancangan prototipe *high heel*.

Pada penelitian ini menggunakan standar ukuran sepatu di Indonesia, hasil survei yang dilakukan terhadap 20 mahasiswi dan mahasiswa UNDIP menunjukkan rata-rata pemakaian ukuran sepatu 38 sampai 40 dengan panjang ukuran sepatu \yaitu 22-25 cm.

Ukuran Sepatu dan Ketinggian Hak

Penentuan ukuran sepatu pada subject ditentukan menggunakan alat scan 2D. Dan untuk penentuan ketinggian hak sepatu menggunakan formula PHH (*Perfect Heel Height*). Terdapat 5 subject untuk penelitian ini yang semuanya merupakan mahasiswa dan mahasiswi Teknik Mesin UNDIP. Penentuan ukuran sepatu menggunakan scan 2D (Gambar 3.2) mendapatkan 3 subject dengan hasil ukuran sepatu 39 dan 2 subject dengan ukuran sepatu 40. Dan untuk penentuan tinggi hak sepatu ternyaman dengan metode PHH dengan bantuan alat sederhana (Gambar 3.7) mendapatkan hasil ketinggian masing – masing 6 cm, 6.3 cm, 6.5 cm, 6.8 cm, 7 cm.



Gambar 2 Pengukuran ukuran sepatu menggunakan scan 2D



Gambar 3 Langkah-langkah pengukuran heel heigh metode PHH, (a) posisi duduk,kaki kanan tumpang ke paha kaki kiri dan rileks



Gambar 4 (b) luruskan telapak kaki selurus mungkin sama seperti menggunakan high heel



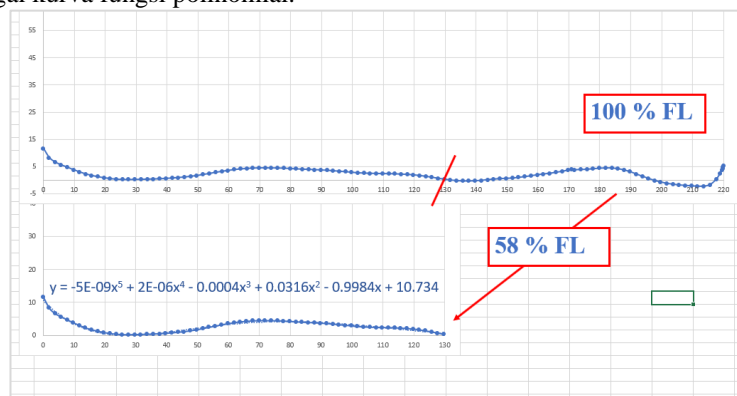
Gambar 5 (c) ukur tinggi dari titik tumit sampai garis bola kaki last *contact point*



Gambar 6 Pengukuran tinggi hak sepatu ternyaman menggunakan formula PHH dengan bantuan alat sederhana

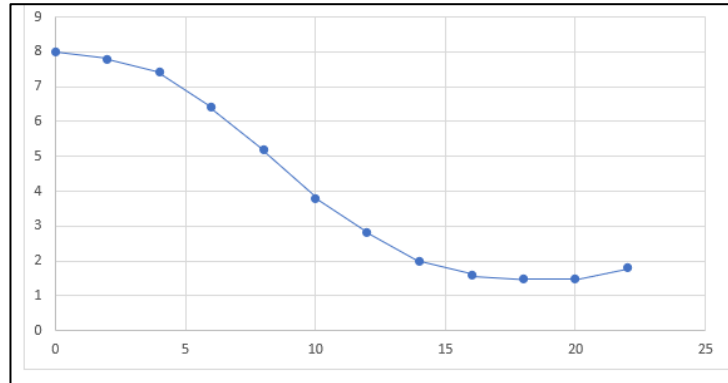
Kurva Ketinggian High Heel

Pengukuran dan perhitungan kurva dilakukan dengan menggunakan alat bantu *3D Scan* dan software *Rhinceros 2016*. Pengujian terhadap salah satu mahasiswi Teknik Mesin UNDIP mendapatkan hasil kontur telapak kaki sebelah kanan berupa kurva fungsi polinomial. Berikut hasil pengukuran telapak kaki dengan ukuran sepatu 39 dengan panjang kaki (FL) 22 cm (Gambar 3.7). Pembagian area telapak kaki menurut metode Lee Yung-Hui yaitu *heel* (0-31% FL), *arch* (31-58% FL) dan *metatarsal* (58-100% FL), dimana kenaikan telapak kaki terdapat pada area *heel* dan *arch* (0-58% FL) sebagai kurva fungsi polinomial.

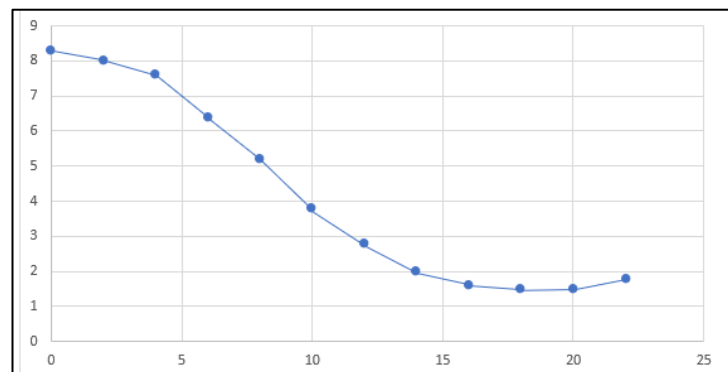


Gambar 7 Kurva kontur telapak kaki (*heel* dan *arch*)

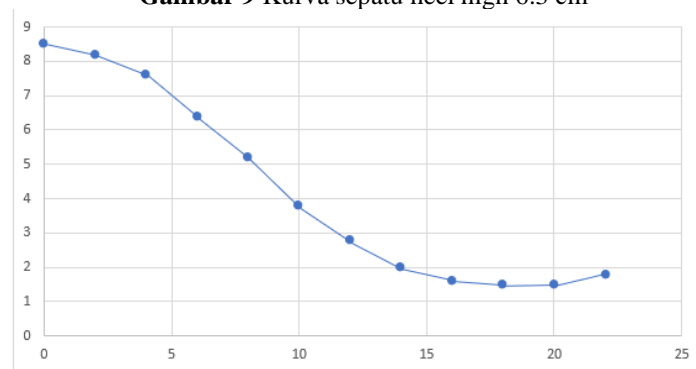
Pembuatan sepatu di peroleh dari desain yang di awali dengan pembuatan grafik fungsi polinomial menggunakan aplikasi renoseros yang ditampilkan di ambil dari ke 5 subject. Hasil kurva polinomial digunakan untuk desain perancangan sepatu hak tinggi yang menggambarkan bentuk asli sepatu high heel menggunakan aplikasi Solidwork 2018.



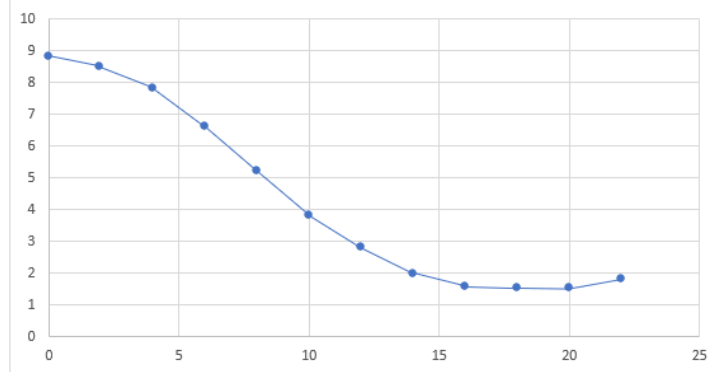
Gambar 8 Kurva sepatu heel high 6 cm



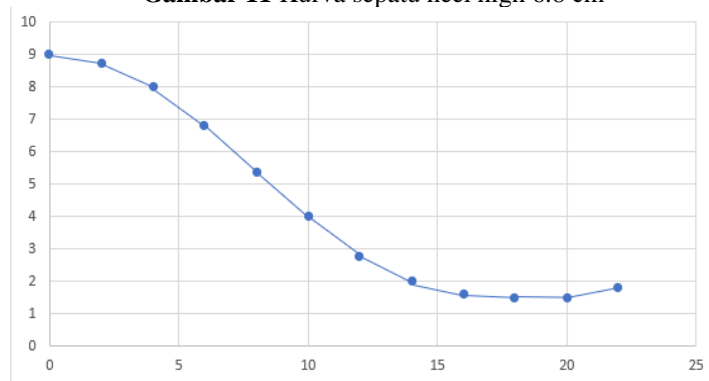
Gambar 9 Kurva sepatu heel high 6.3 cm



Gambar 10 Kurva sepatu heel high 6.5 cm



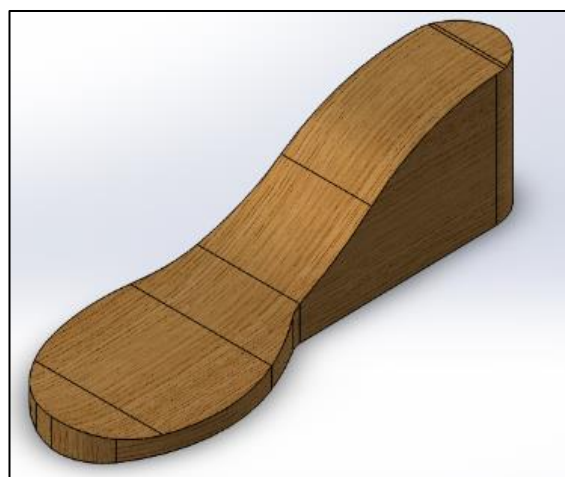
Gambar 11 Kurva sepatu heel high 6.8 cm



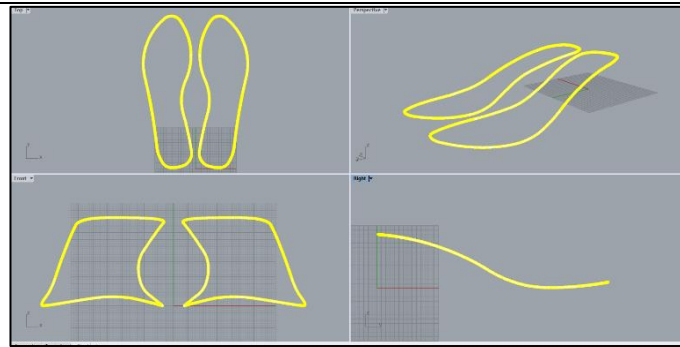
Gambar 12 Kurva sepatu heel high 7 cm

Prototipe Sepatu Hak Tinggi

Pada penelitian ini perancangan desain sepatu hak tinggi menggunakan tipe sepatu hak tinggi *wedges*. Bagian hak yang meliputi permukaan bawah dan alas secara keseluruhan tanpa adanya rongga pada area *arch*. Pengujian dilakukan menggunakan tipe *wedges* karena memiliki bentuk yang solid sehingga lebih stabil pada saat berdiri. Perancangan desain menggunakan software *soliwork* 2018 (Gambar 3.13) dan *Rhiconeros* 2016 (Gambar 3.14) dengan kondisi ketinggian sesuai hasil pengukuran fungsi kurva polinomial.



Gambar 13 *Soliworks* 2018



Gambar 14 Rhinoceros 2016

Nilai ketinggian hak atau *heel* pada sepatu *wedges* diukur dari tinggi permukaan alas, jika tinggi bagian depan 2 cm dan total tinggi *wedges* 8 cm maka nilai ketinggian hak-nya adalah 6 cm.

Wedges terbuat dari material kayu (Gambar 3.15) dengan ukuran dimensi sesuai hasil survei rata-rata dan fungsi kurva polinomial. Prototipe dibuat sejumlah 5 pasang berukuran 39 dan 40, masing-masing 5 pasang dengan nilai ketinggian *heel* 6 cm, 6.3 cm, 6.5 cm, 6.8 cm, 7 cm.



Gambar 15 *Wedges* kayu

Pengujian dilakukan dengan kondisi berdiri di atas sepasang *wedges* agar mendapatkan hasil yang lebih stabil. Perbedaan Tugas Akhir ini dengan penelitian Albok dkk adalah posisi peletakan sensor, dimana Albok dkk meletakkan sensor pada bagian bawah *stocking* wanita. Sedangkan untuk penelitian ini menggunakan mika dan karet silikon sebagai media area sensor yang dapat diletakan di atas permukaan alas *wedges* saat dilakukan pengujian.

Real Time Jejak Tekanan Pada Telapak Kaki

Sensor gaya yang digunakan pada penelitian ini yaitu FSR seri No.400 diameter 7.62 mm dibuat oleh Interlink Electronics. Wilayah aktif diameter 5.6 mm, besar ketebalan 0.25 mm, jangkauan sensitivitas gaya 30 g sampai 5 kg, jangkauan sensitivitas tekanan 1.5 psi sampai 150 psi, resolusi gaya lebih dari 0.5% skala luas, jangkauan suhu $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$, arus maksimum 1 mA/cm² pada gaya terapan, posisi resolusi 0.003 “hingga 0:02” (0.75 sampai 0.5 mm), dan posisi ketelitian : lebih dari $\pm 1\%$ dari panjangnya. Pada Gambar 3.16 menampilkan bentuk FSR.

Sensor Force sensitive resistor atau sensor FSR adalah salah satu jenis sensor tekanan yang dapat menghasilkan nilai resistansi yang berubah sesuai preassure atau tekanan yang diberikan kepada sensor. Sensor FSR atau force sensitive resistor ini bekerja apabila semakin besar tekanan yang diberikan maka output resistansi sensor ini semakin kecil. Ketika sensor ini tanpa tekanan maka nilai resistansi sensor ini lebih dari 1 mega ohm. Sensor ini berbahan dominan plastik. Sensor FSR ini tidak dapat dijadikan sensor penghitung akurat seperti timbangan digital.



Gambar 16 FSR (Force Sensor Resistor) 400

Kode Arduino IDE

Untuk dapat mengakses sensor FSR diperlukan kode yang dapat diinput melalui Arduino, sehingga Arduino dapat membaca voltase yang keluar akibat perlakuan pada sensor FSR.

```

_190225
/*
 *
 */
float sensorValue[15] = {0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14};
int sensorValueInt[30];

int SValue[15] = {0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14};
long int timer[5][2];

int DataMasuk;
int DataTerima;
int data;
int j;
int A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L,M,N,O;

char sensorValueInt2[15][4];

boolean AA=true;

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  Serial1.begin(115200);
}

void loop()
{
  timer[0][1]=millis();
  if(timer[0][1]-timer[0][0]>=20)
  
```

Gambar 17 Tampilan antarmuka Arduino IDE

Kode yang ditulis sesuai dengan posisi sensor dipasang pada Arduino, tiap 15 sensor dipasang pada 1 Arduino sehingga terdapat 2 Arduino yang digunakan.

```

void serialEvent1()
while(Serial1.available())
data=Serial1.read();
switch(DataTerima)
case 0:
  if(data == 'A' )
    DataTerima=1;
  j = 0; sensorValueInt[29] = atoi(sensorValueInt2[14]);
  for(int u=0; u<4; u++){sensorValueInt2[0][u]=NULL;}
  else{ sensorValueInt2[14][j] = data;j++;}
  break;
  
```

3.5.2 Kode C Sharp

C Sharp digunakan untuk mengolah data yang dikeluarkan Arduino, selain untuk mengolah data software ini digunakan juga untuk membuat interface pada alat yang digunakan pada penelitian ini.

```

catch { }
  for (i = 0; i <= 29;i++)
    try { nilai[i] = Convert.ToInt16(resultA[i]); if (nilai[i] >= 1000) { nilai[i] = 1000;
} }
  catch { }
  
```

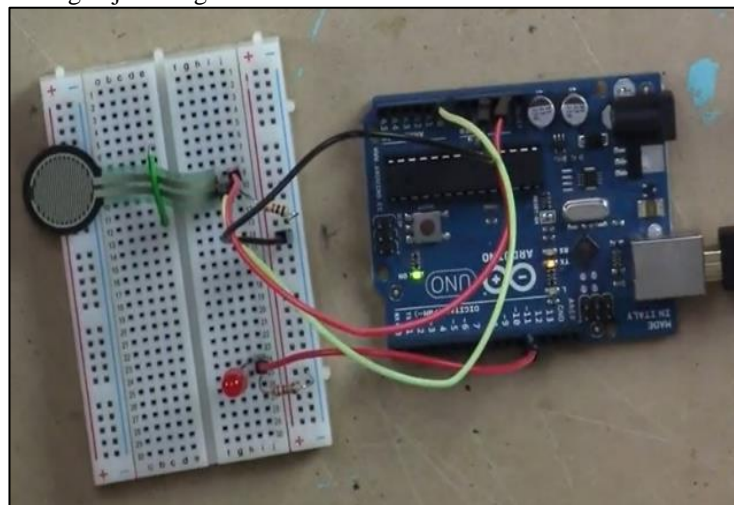


```

for (i = 0; i <= 29; i++)
    RKa[i] = (Int16)(nilai[i] * 0.035);
if (nilai[i] < 250)
    R[i] = 0;
    G[i] = (Int16)((nilai[i] / 5) * 5.1);
    B[i] = (Int16)(255);
    else if (nilai[i] <= 500)
        R[i] = 0;
        G[i] = (Int16)(255);
        B[i] = (Int16)(255 - (((nilai[i] / 5) - 50) * 5.1));
    else if (nilai[i] <= 750)
        R[i] = (Int16)(((nilai[i] / 5) - 100) * 5.1);
        G[i] = (Int16)(255);
        B[i] = 0;
    else if (nilai[i] <= 1000)
        R[i] = (Int16)(255);
        G[i] = (Int16)(255 - (((nilai[i] / 5) - 150) * 5.1));
        B[i] = 0;
    else { }
    
```

Kalibrasi FSR (Force Sensitive Resistor)

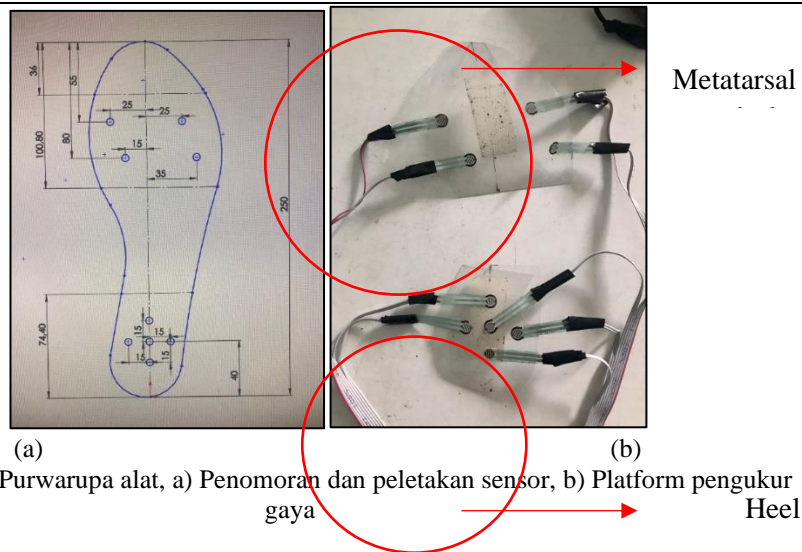
Kalibrasi dilakukan untuk mengetahui apakah keluaran sesuai dengan yang diinginkan, kalibrasi dilakukan dengan cara memberi tekanan pada masing masing sensor dengan pembebanan tertentu, pembebanan yang diberikan cara diberi benda dengan beban yang telah ditentukan dan dengan cara ditekan dengan jari dengan beban bervariasi.



Gambar 18 Kalibrasi dengan pemberian beban

Peletakan Koordinat Sensor

Koordinat peletakkan sensor secara visual sama dengan peletakkan sensor pada koordinat lokal yang terdapat pada pelat pengukur gaya ditunjukkan pada Gambar 3.12 sensor tersebut berjumlah 9, lima ditelapak kaki bagian atas atau *metatarsal* dan empat ditelapak kaki belakang atau *heel*. Sensor tersebut terpasang pada panel mika dengan total ketebalan 0.5 mm berbentuk pola mengikuti alas sepatu bagian *metatarsal* dan *heel*. Bagian bawah mika ditopang oleh karet silikon dengan ketebalan 0.5 mm.



Gambar 19 Purwarupa alat, a) Penomoran dan peletakan sensor, b) Platform pengukur gaya

Pengambilan data pada penelitian ini diantaranya adalah dengan melakukan pengukuran tekanan telapak kaki dan distribusinya menggunakan alat pengujian. Sebelum dilakukan pengujian, subjek diminta untuk melepaskan sepatu dan kaus kaki serta subjek berdiri di atas alat pengujian. Kakinya ditempatkan di atas badan alat yang lapisan pertamanya yaitu sensor kemudian mika dan kemudian *wedges* kayu dengan karet silikon di atasnya sebagai bahan penahan permukaan sehingga seperti terlihat pada Gambar 3.20.

Semua subjek yang akan di ambil datanya bertelanjang kaki untuk menstandarisasi prosedur yang sedang dilakukan. Untuk memastikan bahwa beban yang di tanggung oleh telapak kaki murni dari subjek, maka harus dipastikan saat melakukan pengukuran tekanan subjek tidak menambah berat badannya dengan membawa benda lainnya. Selanjutnya memastikan bahwa alat pengujian bersih dari gangguan. Pengambilan data dilakukan selang waktu 5 detik setelah subjek di posisi sempurna seperti terlihat pada Gambar 3.20.



Gambar 20 Subjek berdiri pada pelat pengukur gaya

Tekanan yang terjadi pada pelat pengukur gaya merupakan akibat beban statik dari subjek. Dimana gaya tekan yang terjadi pada masing-masing sensor FSR 400 dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut:

$$P = F/A \dots\dots\dots(1)$$

Dimana P adalah tekanan yang di akibatkan oleh beban dari subjek dibagi perluas area kontak telapak kaki dengan landasan (MPa), F adalah gaya yang terjadi pada pelat pengukur gaya (N), dan A adalah Area kontak sensor dengan telapak kaki (mm²).

F didapatkan dari hasil grafik polynomial pada Gambar 2.5 dengan menarik garis pertemuan antara beban L (kg) dengan V (Volt), untuk hasil 1 Volt berada di daerah beban sekitar 0,2kg. Dengan satuan akhir dari alat pengukuran tekanan kaki adalah MPa, selanjutnya mengubah kgf ke bentuk Newton didapatkan 1,9613 N. nilai P didapatkan dari:

$$P = VF/\pi r^2 \dots\dots\dots(2)$$

Dimana V adalah tegangan input dari mikrokontroler, π adalah 3,14 dan r adalah jari-jari diameter sensing sensor FSR 400.

Gaya tekan antarmuka yang terjadi akan menghasilkan nilai pada setiap wilayah telapak kaki, selanjutnya sensor merespon gaya tersebut dan meneruskannya ke mikrokontroler sebagai penerima permintaan dari software. Pada masing-masing sensor memiliki nilai rekam jejak yang berbeda sesuai dengan tegangan output yang dikirim, dimana setiap kategori telapak kaki dari masing-masing subjek saat dilakukan pengujian. Software mengolah hasil nilai dan menampilkan dalam bentuk plot grafik gradasi warna.

Perbandingan Penelitian Sebelumnya

Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui keselarasan penelitian distribusi tekanan telapak kaki dengan penelitian sebelumnya yang membuktikan kenyamanan sepatu terhadap hasil pengukuran tinggi hak sepatu dengan metode PHH. Perbandingan menggunakan rumus :

$$R = \frac{Pa}{M}$$

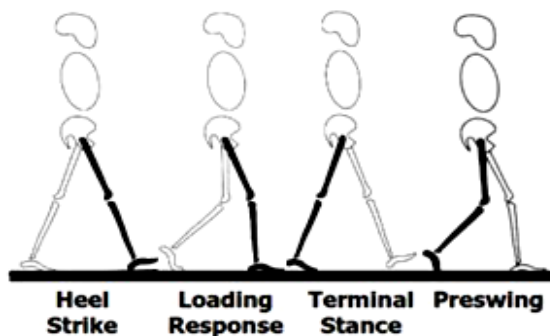
Keterangan : R = Rasio perbandingan
 Pa = Tekanan per titik sensor
 M = Berat subject

Uji jalan

Uji jalan ini dilakukan untuk mengetahui dan membuktikan bahwa penelitian ini benar-benar menghasilkan metode pengukuran tinggi hak sepatu yang nyaman untuk subject, yang dibuktikan dengan wawancara secara lisan pasca uji jalan sejarak 5 meter secara bolak balik (Gambar 3.23) yang telah dilakukan. Pengujian didukung dengan pembuatan sepatu pada (Gambar 3.21) dari mentahan *wedges* yang telah doibuat.



Gambar 21 Sepatu Uji



Gambar 22 Siklus berjalan

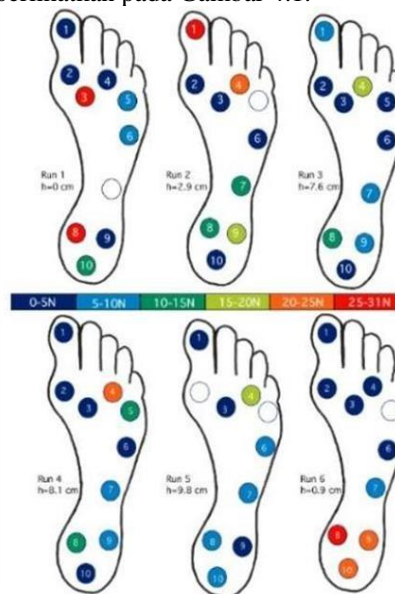
Uji jalan yang di tampilkan mengambil salah satu subject dengan ukuran sepatu 39 dan tinggi hak 6.8 cm dengan jarak satu siklus sesuai pada gambar 3.22, kemudian dilanjutkan dengan sesi wawancara untuk mengetahui sepatu apakah benar-benar nyaman atau tidak, yang di presentasikan menggunakan skala 1-10.



Gambar 23 Uji jalan

3. Hasil dan Pembahasan

Albon dkk menggunakan sensor FSR 402 (buatan *Interlink Electronics*) (Stankovic) untuk mengukur distribusi gaya di telapak kaki saat berdiri menggunakan sepatu hak tinggi (Losito, 1996). Sepuluh sensor dipasang di telapak kaki dengan isolasi bolak-balik (double tape) untuk mengetahui pengaruh menaikkan hak sepatu terhadap rasa nyeri yang timbul setelah 1 jam pemakaian yang diindikasikan oleh besarnya beban di area tertentu di telapak kaki. Hasil yang diperoleh menunjukkan menggunakan hak sepatu tinggi dapat menggeser beban telapak kaki ke depan (*third metatarsal* dan *hallux*), seperti diperlihatkan pada Gambar 4.1.



Gambar 24 Distribusi beban di telapak kaki pada berbagai tinggi hak sepatu penelitian Albon

Dengan mengacu pada penelitian sebelumnya, maka pada penelitian ini dilakukan pengujian di salah satu kaki (kanan) pada area *heel* (tumit) dan *metatarsal* ketika memakai sepatu hak tinggi (*wedges*) dengan 3 variasi ketinggian berdasarkan kemampuan pembacaan sensor dari alat saya sendiri Azhar Azzyumardi Pasha (2017). Hasil kajian Albon yang menunjukkan pengurangan tekanan di area tumit ketika bertambahnya *heel height* (nilai ketinggian hak) dimaksudkan sebagai validasi hasil.

Rekam Distribusi Tekanan Pada Telapak Kaki

Serangkaian pengujian dilakukan terhadap 5 mahasiswi Teknik Mesin Undip,. Subjek berdiri di atas sepasang *wedges* dengan kondisi permukaan alas sebelah kanan terpasang alat sensor yang tersambung pada laptop sebagai media *output display* hasil pengujian.

Data Subjek Pengujian

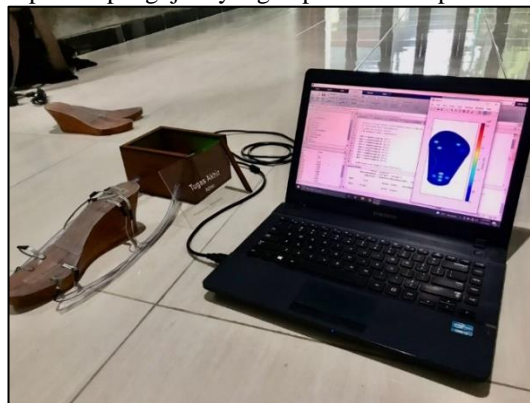
Tabel 1 Data subjek pengujian

Nama	Subjek 1	Subjek 2	Subjek 3	Subjek 4	Subjek 5
Umur	19 tahun	19 tahun	19 tahun	22 tahun	23 tahun
Berat Badan	47 kg	63 kg	53 kg	58 kg	61 kg
Tinggi Badan	153 cm	158 cm	153 cm	164 cm	160 cm
Ukuran Sepatu	39	40	39	40	39

Interface Alat Pengujian

a. Rangkaian prototipe

Rangkaian alat pengujian terdiri dari sepatu hak tinggi (*wedges* kayu) ukuran 38 dan 40 dengan variasi *heel height* 2 cm, 4 cm dan 6 cm. Pada permukaan alas sepatu bagian kanan dilapisi karet silikon dengan ketebalan 1 mm. Media *casing* berupa kotak kayu dibuat untuk melindungi rangkaian elektronik berupa Arduino dan pcb, serta selang karet berdiameter 1 cm untuk melindungi jaringan kabel. Pada saat melakukan pengujian, posisi sensor diletakkan di atas *wedges* dan dapat dipindahkan sesuai variasi *heel height* yang diinginkan. Kabel USB sebagai media koneksi rangkaian Arduino dan laptop untuk menjalankan aplikasi pengujian yang dapat dilihat seperti Gambar 4.2.

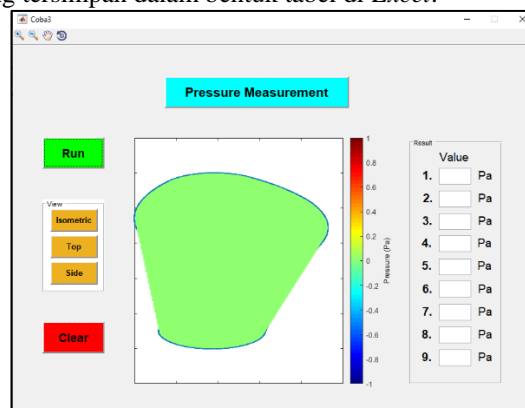


Gambar 25 Rangkaian alat pengujian

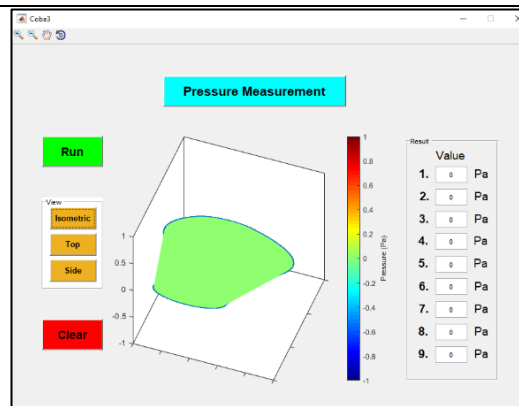
b. GUI (*Graphical User Interface*)

Dalam teknologi komputasi, antarmuka pengguna grafis atau APG (Inggris: graphical user interface atau GUI) adalah jenis antarmuka pengguna yang menggunakan metode interaksi pada peranti elektronik secara grafis (bukan perintah teks) antara pengguna dan komputer.

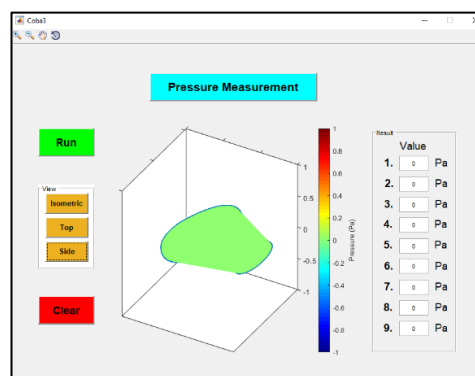
Untuk penelitian ini GUI dibuat menggunakan aplikasi *matlab* 2018a yang menampilkan interaksi grafik dan nilai tekanan pada masing-masing sensor (Gambar 4.3). Ketika GUI dijalankan maka data berupa koordinat dan hasil distribusi tekanan pada tiap sensor akan langsung tersimpan dalam bentuk tabel di *Excel*.



(a)



(b)

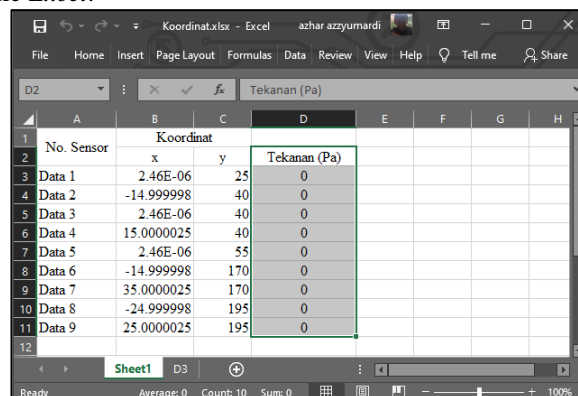


(c)

Gambar 26 Tampilan antarmuka aplikasi rekam distribusi tekanan telapak kaki (a) Tampak depan, (b) Tampak *isometric* dan (c) Tampak samping

c. Output koordinat sensor

Tabel berupa data koordinat sensor yang dapat dilihat pada Gambar 4.4 terhubung langsung dengan GUI *matlab* 2018a, yaitu bagian kolom Tekanan (Pa) akan berubah sesuai dengan hasil nilai pada saat pengujian dilakukan dan langsung tersimpan dalam bentuk file *Excel*.



No. Sensor	Koordinat		Tekanan (Pa)
	x	y	
Data 1	2.46E-06	25	0
Data 2	-14.999998	40	0
Data 3	2.46E-06	40	0
Data 4	15.0000025	40	0
Data 5	2.46E-06	55	0
Data 6	-14.999998	170	0
Data 7	35.0000025	170	0
Data 8	-24.999998	195	0
Data 9	25.0000025	195	0

Gambar 27 Data hasil berupa koordinat dalam bentuk tabel *Excel*

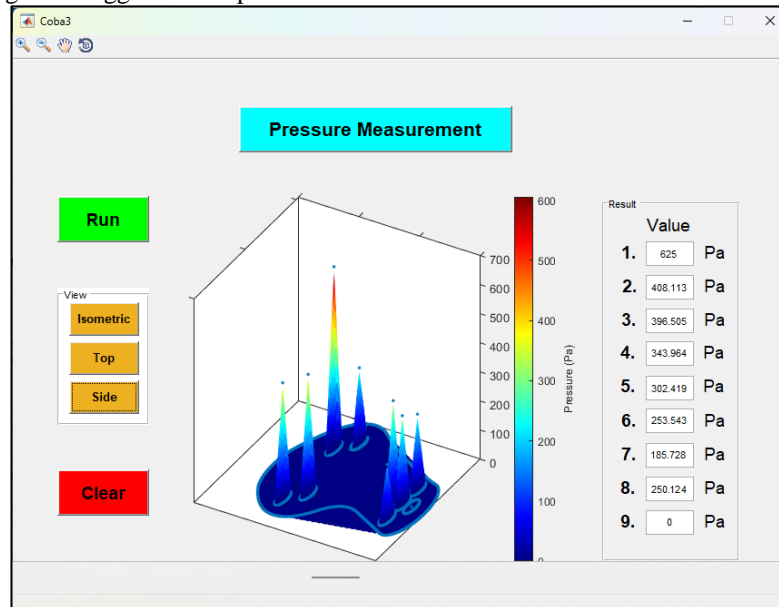
Dalam proses koding GUI *matlab* 2018a dibutuhkan penomoran sensor dan berlaku sesuai urutan berdasarkan koordinat batas alas sepatu agar aplikasi dapat berjalan serta tampilan *interface* yang lebih mudah untuk di baca pengguna seperti terlihat pada Gambar 4.5 ketika sedang melakukan pengujian.



Gambar 28 Pengujian Alat

4.1.1 Hasil Pengujian

a. Subjek 1 dengan ketinggian hak sepatu 6 cm

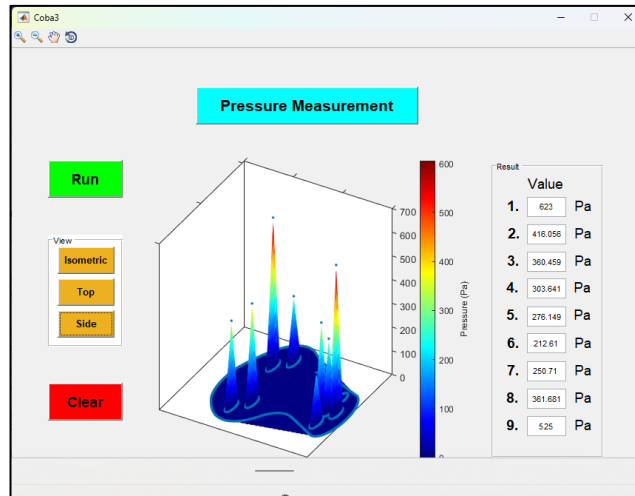


Gambar 29 Subjek 1, heel height 6 cm

Tabel 2 Subjek 1, koordinat sensor heel height 2 cm

No. Sensor	Koordinat		Tekanan (Pa)
	x	y	
Data 1	2.46E-06	25	625
Data 2	-14.999998	40	408.113
Data 3	2.46E-06	40	396.505
Data 4	15.0000025	40	343.964
Data 5	2.46E-06	55	302.419
Data 6	-14.999998	170	253.543
Data 7	35.0000025	170	185.726
Data 8	-24.999998	195	250.124
Data 9	25.0000025	195	0

b. Subjek 2 dengan ketinggian hak sepatu 6.3 cm

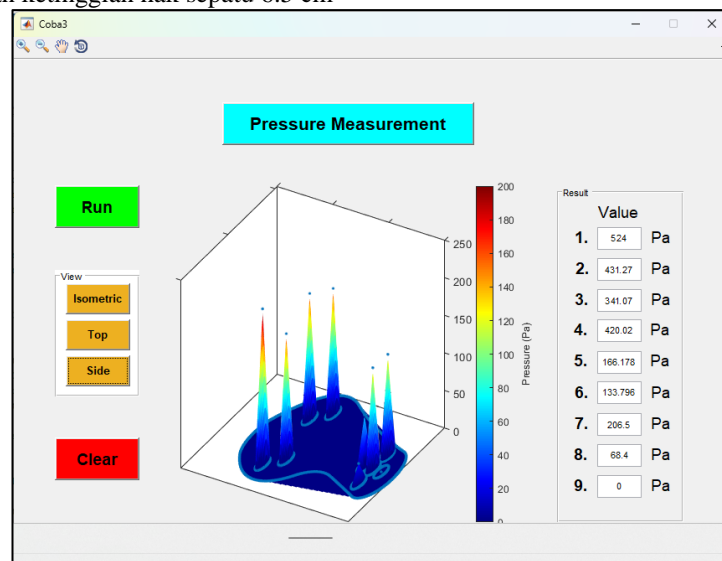


Gambar 30 Subjek 2, heel height 6.3 cm

Tabel 3 Subjek 2, koordinat sensor heel height 6.3 cm

No. Sensor	Koordinat		Tekanan (Pa)
	x	y	
Data 1	2.46E-06	25	623
Data 2	-14.999998	40	416.056
Data 3	2.46E-06	40	360.459
Data 4	15.0000025	40	303.641
Data 5	2.46E-06	55	276.149
Data 6	-14.999998	170	212.61
Data 7	35.0000025	170	250.71
Data 8	-24.999998	195	361.681
Data 9	25.0000025	195	525

c. Subjek 3 dengan ketinggian hak sepatu 6.5 cm

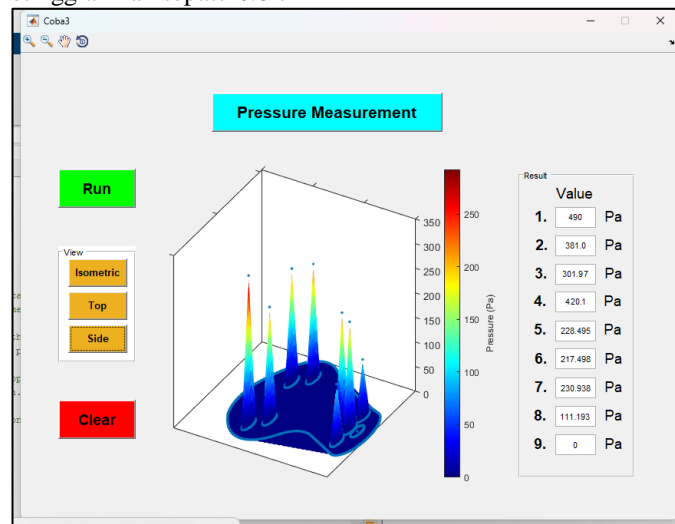


Gambar 31 Subjek 3, heel height 6.5 cm

Tabel 4 Subjek 3, koordinat sensor *heel height* 6.5 cm

No. Sensor	Koordinat		Tekanan (Pa)
	x	y	
Data 1	2.46E-06	25	524
Data 2	-14.999998	40	431.27
Data 3	2.46E-06	40	341.07
Data 4	15.0000025	40	420.02
Data 5	2.46E-06	55	166.178
Data 6	-14.999998	170	133.796
Data 7	35.0000025	170	206.5
Data 8	-24.999998	195	68.4
Data 9	25.0000025	195	0

d. Subjek 4 dengan ketinggian hak sepatu 6.8 cm

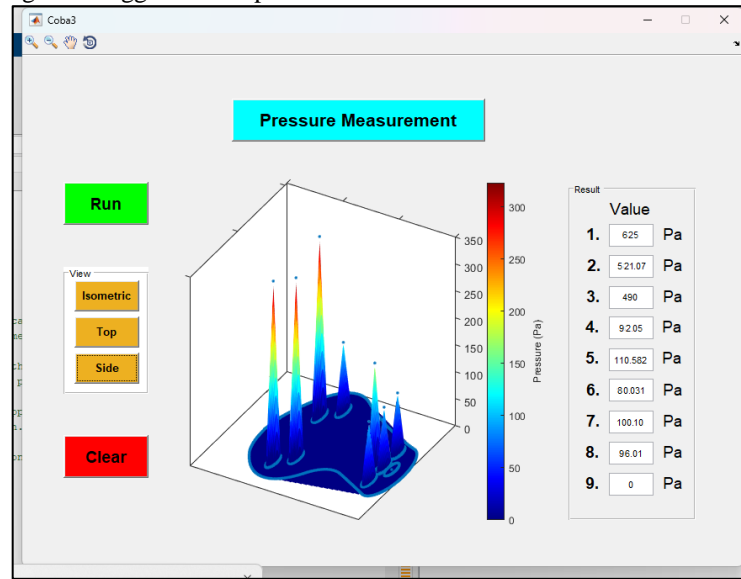


Gambar 32 Subjek 4, *heel height* 6.8 cm

Tabel 5 Subjek 4, koordinat *heel height* 6.8 cm

No. Sensor	Koordinat		Tekanan (Pa)
	x	y	
Data 1	2.46E-06	25	490
Data 2	-14.999998	40	381
Data 3	2.46E-06	40	301.97
Data 4	15.0000025	40	420.1
Data 5	2.46E-06	55	228.495
Data 6	-14.999998	170	217.498
Data 7	35.0000025	170	230.938
Data 8	-24.999998	195	111.193
Data 9	25.0000025	195	0

e. Subjek 5 dengan ketinggian hak sepatu 7 cm



Gambar 33 Subjek 5, *heel height* 7 cm

Tabel 6 Subjek 5, koordinat *heel height* 7 cm

No. Sensor	Koordinat		Tekanan (Pa)
	x	y	
Data 1	2.46E-06	25	624
Data 2	-14.999998	40	521.07
Data 3	2.46E-06	40	490
Data 4	15.0000025	40	92.05
Data 5	2.46E-06	55	110.582
Data 6	-14.999998	170	80.031
Data 7	35.0000025	170	100.10
Data 8	-24.999998	195	96.01
Data 9	25.0000025	195	0

Validasi Hasil Distribusi Tekanan Pada Telapak Kaki

Untuk memenuhi tujuan yang dilakukan dalam penelitian ini, maka perlu adanya validasi. Validasi dilakukan dengan tujuan untuk membandingkan hasil pengukuran distribusi tekanan telapak kaki manusia pada alat purwarupa yang telah dibangun dengan hasil penelitian sebelumnya. Letak validasi ditempatkan pada adanya pengurangan tekanan di telapak kaki bagian belakang seiring dengan bertambahnya *heel height*. Dimana puncak tekanan yang dihasilkan grafik gradasi warna diwakili dengan warna merah tua dan warna biru tua mewakili daerah yang memiliki tekanan rendah.

Berdasarkan rekam distribusi tekanan telapak kaki pada pemakaian sepatu hak tinggi terdapat beberapa sensor yang tidak terbaca saat dilakukan pengujian, hal ini terjadi karena permukaan alas telapak kaki dari subjek tidak seluruhnya menyentuh bagian sensor. Adapun posisi berdiri yang kurang stabil menyebabkan penyebaran tekanan pada telapak kaki menjadi tidak menyeluruh, kondisi seperti dapat terjadi setiap waktu karena walaupun hanya sedikit pergeseran posisi dan keseimbangan subjek pada saat berdiri di atas *wedges* maka sensor akan menerima beban yang berbeda sehingga hasil pengujian tidak selalu sama.

Pada penelitian sebelumnya, yaitu penelitian Azhar dan penelitian Wibowo terkait penyebaran tekanan di area telapak kaki pada saat memakai sepatu hak tinggi menunjukkan tidak banyak perubahan tekanan yang terjadi di area telapak kaki bagian tengah (*arch*), disisi lain di area *heel* (tumit) terjadi pengurangan tekanan seiring dengan kenaikan *heel height* sesuai teori yang dikemukakan oleh peneliti sebelumnya yaitu Lee Yung-Hui. Hal ini juga yang menjadi pertimbangan penulis untuk menyajikan pengujian tekanan pada area *heel* ketika memakai *wedges* dengan ketinggian yang berbeda.

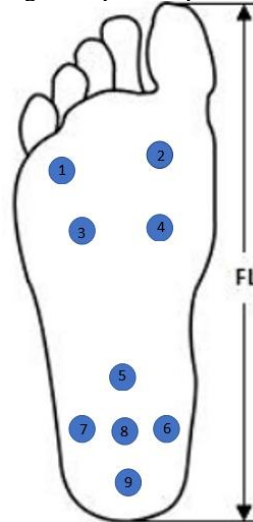
Adapun hasil yang terlihat pada pengujian masing-masing subjek terdapat perbedaan berupa perubahan tekanan yang signifikan dan ada juga yang tidak terlalu besar, perbedaan ini bisa terjadi karena posisi berdiri yang tidak selalu sama ketika memakai *wedges* dengan ketinggian yang berbeda, terdapat juga dari karakteristik subjek sebagai contoh variabel tinggi serta berat badan dari masing-masing individu.

Perbandingan dilakukan dengan cara membagi seluruh hasil tekanan pada setiap titik sensor alat SFR 400 dengan berat badan subjek. Sample di ambil dengan membandingkan salah satu subjek uji penelitian terbaru dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh azhar dengan satu ukuran sepatu yang sama dan dengan tinggi hak yang lebih rendah dari tinggi hak sepatu penelitian ini.

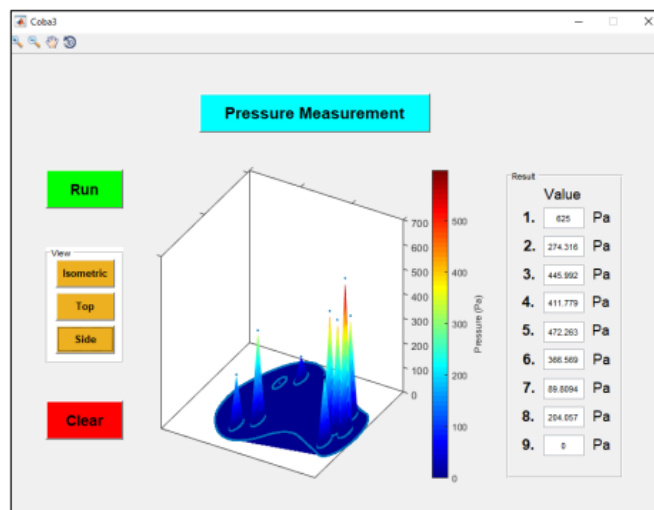
Terdapat 9 sensor yang terpasang pada alat dengan rincian:

Sensor dengan nomor 1,2,3,4,5 terdapat pada bagian tumit

Sensor dengan nomor 6,7,8,9 terdapat pada bagian depan telapak kaki



Gambar 34 Titik peletakan sensor



Gambar 35 Hasil pengujian tekanan azhar

Berat badan subjek : 68 kg

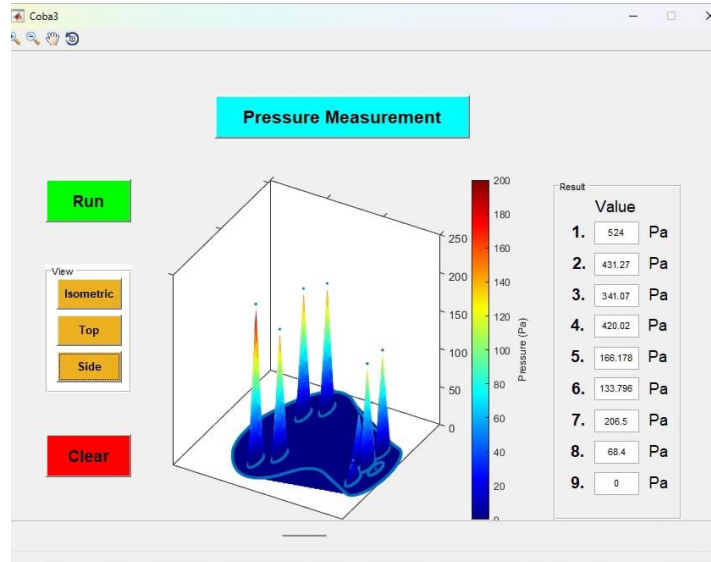
Ukuran sepatu: 40

Tinggi hak : 2 cm

Tabel 7 perhitungan penelitian azhar:

Nomor sensor	Tekanan	Tekanan/Berat badan	Hasil perhitungan
1	625	625/68	9.19
2	274.3	274.3/68	4.04
3	445.9	445.9/68	6.55
4	411.7	411.7/68	6.05
5	472.3	472.3/68	6.94

6	366.6	366.6/68	5,39
7	89.8	89.8/68	1,32
8	204.1	204.1/68	3
9	0	0/68	0



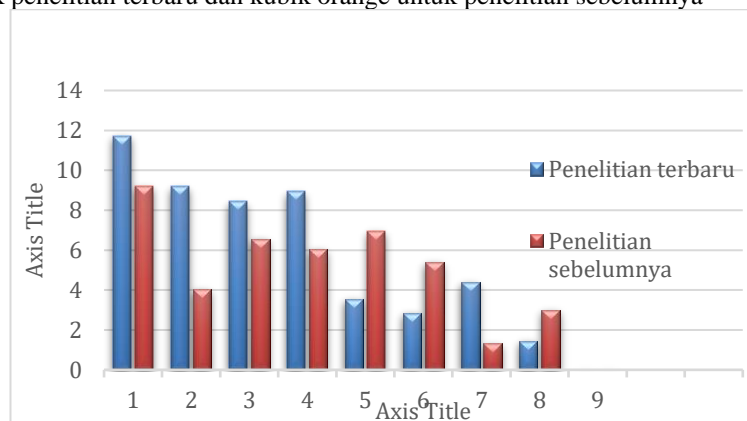
Gambar 36 Hasil pengujian tekanan penelitian sekarang

BB:47 kg
 Ukuran : 40
 Tinggi hak : 6.5 cm

Tabel 8 perhitungan penelitian terbaru

Nomor sensor	Tekanan	Tekanan/Berat badan	Hasil perhitungan
1	525	525/47	11.17
2	431.27	431.27/47	9.17
3	341.01	395.8/47	8.42
4	420.02	420.02/47	8,93
5	166.76	166.76/47	3,54
6	133.796	133.796/47	2.84
7	206.5	206.5/47	4.39
8	68.4	68.4/47	1.45
9	0	0/47	0

Berikut merupakan grafik hasil perbandingan tekanan antara penelitian azhar dengan penelitian saat ini, dengan ditampilkan kubik biru untuk penelitian terbaru dan kubik orange untuk penelitian sebelumnya



Grafik 1. Grafik perbandingan antara penelitian sebelumnya dan penelitian sekarang

Pada grafik dapat dilihat bahwa pengujian tekanan penelitian dengan penentuan tinggi *heel height* menggunakan metode PHH lebih konsisten pada distribusi tekanan di setiap titik sensor yang menunjukkan kecondongan penambahan beban ke area *last contact point* atau area kaki bagian depan yang sesuai dengan teori dari lee yung-hui yaitu terjadi penurunan tekanan seiringnya penambahan tinggi *heel height* sehingga saat subjek menggunakan tersebut dapat dibuktikan secara teoritis bahwa subjek merasa nyaman.

Validasi Dengan Uji Pakai

Untuk memvalidasi sebuah kenyamanan tidak dapat hanya dilakukan dengan pengujian teoritis namun namun perlu pembuktian langsung oleh subjek pasca memakai hasil sepatu yang telah dibuat dengan penentuan tinggi hak sepatu menggunakan metode PHH, Oleh karena itu dilakukan uji jalan dengan jarak 5 meter secara bolak-balik dan kemudian dilakukan sesi wawancara. Representasi kenyamanan ditampilkan dengan kisaran angka 1-10[10], sama dengan penelitian Joyce M.A dkk yang diminta untuk menilai kenyamanan pada skala 1-10 difase yang berbeda dari perbandingan terakhir mereka[6] Dengan rincian :

- 0 – 3 = Tidak nyaman
- 4 – 6 = Biasa saja
- 7 – 10 = Nyaman

Tabel 9 Tabel representasi kenyamanan pemakaian sepatu

No	Subjek	Heel height	Nilai kenyamanan	Keterangan
1	Subjek 1	6 cm	9	Nyaman
2	Subjek 2	6.3 cm	9.5	Nyaman
3	Subjek 3	6.5 cm	10	Nyaman
4	Subjek 4	6.8 cm	8.5	Nyaman
5	Subjek 5	7 cm	9	Nyaman

Dari tabel dapat dilihat bahwa ke lima subjek merasa nyaman saat pemakaian sepatu, yang membuktikan bahwa metode PHH dapat dibuktikan secara teoritis dan wawancara bahwa dapat digunakan dalam penentuan tinggi hak sepatu untuk penentuan sepatu yang ternyaman.

4. Kesimpulan

Dari hasil survey ukuran sepatu dan pengukuran menggunakan scan 2D, Scan 3D, serta alat bantu metode PHH pada 5 subjek diperoleh ukuran sepatu 39 dengan tinggi hak 6.5 cm, 6.8 cm, 7 cm serta ukuran sepatu 40 dengan tinggi hak seoa tu 6cm, dan 6.3 cm. Pengujian distribusi tekanan menggunakan alat sfr 400 serta pengujian dilakukan pada hasil pembuatan sepatu tipe wedges karena memiliki bentuk yang solid sehingga lebih stabil pada saat berdiri, . Pengujian tekanan penelitian dengan penentuan tinggi *heel height* menggunakan metode PHH lebih konsisten pada distribusi tekanan di setiap titik sensor yang menunjukkan kecondongan penambahan beban ke area *last contact point* atau area kaki bagian depan yang sesuai dengan teori dari lee yung-hui yaitu terjadi penurunan tekanan seiringnya penambahan tinggi *heel height* sehingga saat subjek menggunakan tersebut dapat dibuktikan secara teoritis bahwa subjek merasa nyaman. Sesuai dengan kajian penelitian sebelumnya yaitu terdapat pergeseran tekanan pada telapak kaki bagian belakang (tumit) ketika memakai high heel dengan ketinggian hak yang lebih tinggi. Hasil pengujian alat menunjukkan rata-rata kenaikan penurunan tekanan di area *heel* dan kenaikan tekanan di area *metatarsal*. Ringkasan hasil penelitian yang mendasar dan dapat menggambarkan hasil penelitian. Pada bagian ini sebaiknya tidak menduplikat isi abstrak.

5. Daftar Pustaka

- [1] Yung-Hui, Lee, et al, 2005, "Effects of shoe inserts and heel height on foot pressure, impact force, and perceived comfort during walking", *Applied Ergonomics* 36 (005) 335-362, Elsevier
- [2] Wulan A.J, Rahayu A, 2016, "Risiko Pemakaian Seoatu Hak Tinggi bagi Kesehatan Tungkai Bawah", Fakultas kedokteran, Universitas Lampung, Lampung.
- [3] Naveen Kumar et al., 2020, "High heel shoes with adjustable height of the heel", *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 993 (2020) 012120
- [4] Hegazy AA, Hegazy MA. Talus Bone: Unique Anatomy. *Iwnt J Cadaver Stud Ant Var.* 2022;3(2):52-55.
- [5] Phethean J, Nester C, 2012, "The Influence of body weight, body mass index and gender on plantar pressure: Result of a cross-sectional study of healthy children' feet", *School of Health Sciences, University of Salford.*
- [6] Wibowo D.B et al., 2017, "Pengukuran Distribusi Bebab Telapak Kaki Manusia saat Berdiri Tegak Menggunakan Sensor FSR 402 ", *Departtemek Teknik Mesin, Universitas Diponegoro.*
- [7] Theresa A, 2011, "Plantar Force Distribution for Increasing Heel Height whitin Women Shoes", *Physics Departement, The College of Wosster, Wooster, Ohio 44691, USA.*

-
- [8] Supple, How to Find Your Perfect Heel Height, 2012. <https://www.themostcomfortableheels.com/blog/formula-for-finding-the-right-heel-height>, di akses pada Januari 2023.
- [9] Jonathan Melvin, 2015, “The Effects of Heel Height, Shoe Volume and Upper Stiffness on Shoe Comfort and Plantar Pressure “, School of Health Sciences University of Salford, Salford, UK
- [10] Joyce. M.A, et al, 2017 “The high and low comfort peaks in passengers’ flight”, Department of Human Factors and Ergonomics, Zodiac Seats US, Gainesville, TX, USA, Work 58 (2017) 579–584 DOI:10.3233/WOR-172637.