

PERANCANGAN DAN ANALISA ALATPIJAKAN KAKI PORTABLE UNTUK TOILET DUDUK

Peter Prayogo Pangestu ^a, Joko Waluyo ^{a*}, Taufiq Hidayat ^a,

^a Jl. Kalisahak No. 28 Yogyakarta

*joko_w@akprind.ac.id

Tentang naskah:

-di terima, 24 Des. 2021

-direview, 30 Des. 2021

-diterbitkan, 31 Des.2021

Intisari

Perkembangan industri dewasa ini semakin berkembang dalam lingkup yang luas. Industri rumah tangga dalam hal penggunaan toilet merupakan salah satu perkembangannya. Toilet dibagi menjadi dua jenis; ada toilet jongkok dan toilet duduk. Dudukan toilet lebih sering digunakan karena pengaruh budaya barat seperti Amerika dan Eropa. Meskipun demikian, dalam pelaksanaannya, terdapat masalah yang kurang disadari oleh masyarakat. Untuk mengatasi masalah tersebut dapat diselesaikan dengan membuat desain alat pijakan kaki untuk toilet duduk. Tujuan dari perancangan ini adalah untuk mengetahui beban terbesar yang diterima oleh pahat dan komponen pijakan kaki. Perancangan dimulai dari pengumpulan data, membuat sketsa alat umum, membuat konsep desain, menganalisis konsep desain, dan akhirnya diperoleh hasil yang kemudian disimpulkan. Dari hasil perhitungan dan desain didapatkan beban terbesar sebesar 412,40 kg. Sedangkan komponen pahat terdiri dari rangka baja kotak berongga ukuran 25x25x3 mm, gunting ukuran 55x55x5 mm. Komponen aktuator terdiri dari diameter piston 18 mm, tinggi piston 52 mm, dan diameter batang 10 mm. komponen silinder hidrolik terdiri dari silinder dengan ketebalan 1,76 mm, silinder luar dengan diameter 21,52 mm, gaya dorong yang menggunakan pompa roda gigi eksternal dengan kapasitas minimum sekitar 40 bar dan katup sistem kontrol 4/3. Fluida kerja menggunakan oli SAE 10 W yang dialirkan menggunakan pipa ukuran Schedule 40. Dapat disimpulkan bahwa komponen yang menyusun alat tersebut aman untuk digunakan.

Kata kunci:
kursi toilet, pijakan kaki, desain

Abstract

Industrial development nowadays is growing better in a broad scope. The home industry in terms of toilet use is one of the developments. The toilet is divided into two types; there are toilet squat and toilet seat. The toilet seat has been used more often because of western cultural influences such as America and Europe. Nonetheless, in implementation of it, there is a problem that little awareness from society. To deal with this problem, it can solve alongside creating footrest tool design for seat toilet. The purpose of this design there is determine the largest load that has received by the tool and components of the footrest. The design starts from collecting the data, creating common tool sketch, conceptualizing a design, analyzing the design concept, and finally it is obtained results which are then concluded. It result of calculation and design is a biggest load 412,40 kg. Whereas, the tool components consist of hollow square steel frame size 25x25x3 mm, scissor size 55x55x5 mm. The actuator component be composed of piston diameter 18 mm, piston height 52 mm, and rod diameter 10 mm. hydraulic cylinder component be made up of cylinder with thickness 1,76 mm, outer cylinder with diameter 21,52 mm, propulsive force that use external gear pump with minimum capacity around 40 bar and control system valve 4/3. Working fluid utilize SAE oil 10 W which flow using Schedule 40 pipe size. It can conclude that components that make up the tool are safe to use.

Keyword:
toilet seat, footrest, design

1. Pendahuluan

Perkembangan dunia industri semakin berkembang kearah yang lebih luas.

Salah satu perkembangan tersebut yaitu industri rumah tangga dalam hal penggunaan toilet. Toilet dibagi menjadi 2

jenis yaitu toilet jongkok dan toilet duduk. Toilet duduk saat ini sudah banyak digunakan akibat dari budaya barat seperti Amerika dan Eropa.

Namun dalam penggunaannya terdapat suatu masalah yang kurang disadari oleh masyarakat. Menurut penelitian Theodora Viani pada tahun 2019 dengan judul Hubungan Jenis Toilet Dengan Pola Defekasi Pada Anak Yang Baru Masuk Sekolah Menengah Pertama di SMP Xaverius Palembang menyatakan bahwa menggunakan toilet duduk mempunyai kemungkinan 2.786 kali mengalami gangguan pola defekasi dibandingkan dengan yang menggunakan toilet jongkok [Viani, T., 2019].

Untuk mengurangi gangguan tersebut dapat diatasi dengan membuat perancangan alat pijakan kaki untuk toilet duduk. Fokus masalah adalah merancang desain dan analisa kekuatan komponen penyusun alat menggunakan perhitungan dan *software Solidwork 2016*.

Tujuan perancangan ini adalah

1. Merancan beban terbesar yang terjadi pada alat.
2. Merancang komponen *frame platform*, *scissor*, aktuator, silinder hidrolik, tenaga penggerak, dan fluida kerja pada alat.

2. Metodologi

a. Mulai

Pada tahap mulai untuk mengumpulkan data-data awal dalam perancangan seperti menetapkan kapasitas angkat berdasarkan kasus obesitas berat tubuh orang Indonesia.

b. Gambaran Umum Alat

Pada tahap ini membuat desain perancangan sesuai fungsi, bentuk, dan komponen penyusun alat pijakan kaki secara keseluruhan berdasarkan kasus obesitas berat tubuh orang Indonesia.

c. Konsep Desain

Pada tahap ini merancang awal komponen *frame platform*, *scissor*, aktuator, silinder hidrolik, tenaga penggerak, dan fluida kerja pada alat berdasarkan kasus obesitas berat tubuh orang Indonesia.

d. Analisa Konsep Desain

Pada tahap ini dilakukan perhitungan beban pengguna, *frame platform*, *scissor*,

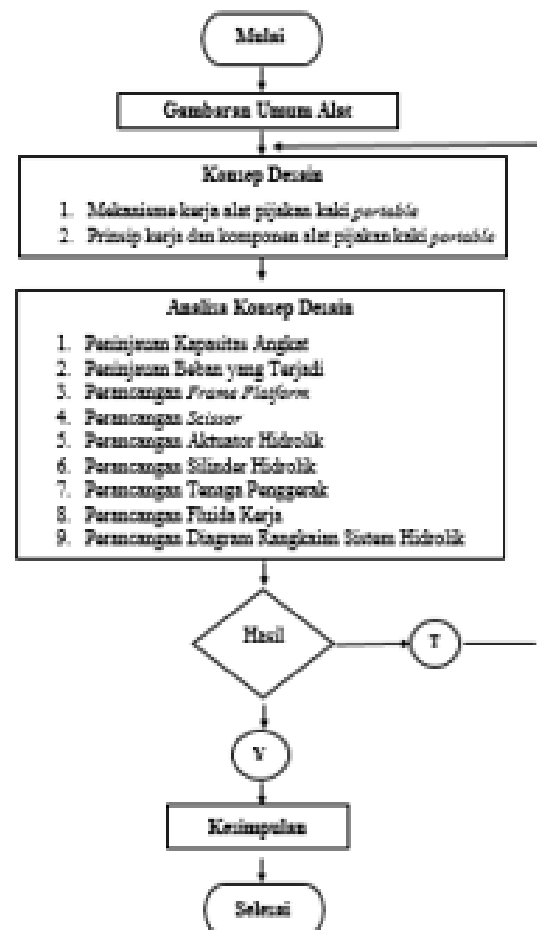
aktuator hidrolik, silinder hidrolik, tenaga penggerak, fluida kerja dan diagram rangkaian sistem hidrolik dari berbagai alternatif yang sudah dirancang yang mana hasilnya digunakan pada tahap selanjutnya dan juga didapatkan dimensi dari alat pijakan kaki sesuai dengan perancangan.

e. Kesimpulan

Pada tahap kesimpulan ini didapatkan dimensi komponen *frame platform*, *scissor*, aktuator, silinder hidrolik, tenaga penggerak, dan fluida kerja sesuai dengan perancangan.

f. Selesai

Pada tahap ini dibuat gambar perancangan yang telah diperhitungkan secara utuh adapun diagram alir perancangan seperti pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Diagram Alir Perancangan

3. Hasil dan Pembahasan

Peninjauan kapasitas alat merupakan langkah awal untuk mengetahui beban yang akan dikenakan terhadap aktuator.

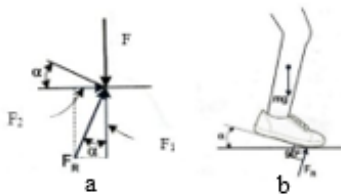
Beban kerja (F_{up}) yang dialami oleh alat pijakan kaki untuk toilet duduk disesuaikan dengan kapasitas angkatnya (Q_{angkat}), adapun penentuan kapasitas alat pijakan kaki berdasarkan kasus obesitas seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kasus Obesitas Berat Tubuh Orang Indonesia

No	Nama	Umur	Jenis Kelamin	Berat (kgf)	Asal
1	Titi Wati	37	Wanita	200	Palangkaraya
2	Sumarti	39	Wanita	148	Karawang
3	Silvia	15	Wanita	179	Lamongan
4	Arya	10	Pria	192	Karawang
5	Yudi Hermanto	33	Pria	310	Karawang

Sumber : <https://regional.kompas.com/read/2019/10/02/06060031/5-kasus-obesitas-di-indonesia-bobot-turun-112-kg-hingga-meninggal-setelah?page=all> (diakses 20 Agustus 2021)

Untuk menghitung beban pengguna yang diangkat alat pijakan kaki berdasarkan tabel 1 beban yang digunakan adalah 310 kgf. Dalam beban pengguna terdapat gaya reaksi yang bekerja seperti pada gambar berikut



Gambar 2 (a) Ilustrasi Pembebanan pada Kaki; (b) Pemodelan sudut pijakan kaki (Sumber: Nurida Finahari, 2018)

Gaya F_R adalah resultan dua gaya pada komponen sinus dan cosinus. Dimana F_1 adalah berat yang bekerja pada sumbu horizontal dan F_2 adalah berat yang bekerja pada sumbu vertikal. Kemudian dihitung dengan persamaan resultan gaya dengan rumus kosinus sebagai berikut:

$$F_R = \sqrt{|F_1|^2 + |F_2|^2 + 2|F_1||F_2|\cos\alpha}$$

Didapatkan hasil perhitungan yang dituangkan dalam tabel 2 berikut :

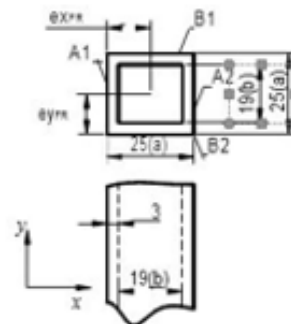
Tabel 2. Hasil Perhitungan Gaya pada Kaki

α (°)	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	F_1 (kgf)	F_2 (kgf)	F_R (kgf)
0	1,00	0,00	310,00	0,00	310,00
5	0,99	0,09	308,82	27,02	335,74
10	0,98	0,17	305,29	53,83	358,43
15	0,97	0,26	299,44	80,23	377,51
20	0,94	0,34	291,30	106,03	392,62
25	0,91	0,42	280,96	131,01	403,51
30	0,87	0,50	268,47	155,00	410,09
35	0,82	0,57	253,94	177,81	412,40
40	0,77	0,64	237,47	199,26	410,61
45	0,71	0,71	219,20	219,20	405,03
50	0,64	0,77	199,26	237,47	396,15
55	0,57	0,82	177,81	253,94	384,57
60	0,50	0,87	155,00	268,47	371,10
65	0,42	0,91	131,01	280,96	356,67
70	0,34	0,94	106,03	291,30	342,38
75	0,26	0,97	80,23	299,44	329,45
80	0,17	0,98	53,83	305,29	319,07
85	0,09	0,99	27,02	308,82	312,34
90	0,00	1,00	0,00	310,00	310,00

Perancangan Frame Platform

Dengan menggunakan baja square hollow ukuran 25 x 25 x 3 mm. Menentukan tegangan yang terjadi :

Letak titik berat (e_{FR})



Gambar 3 Bentuk Konstruksi Frame Platform

Tabel 3 Hasil Perhitungan Letak Titik Berat Frame Platform

Komponen	Luas (mm ²)	Letak titik berat terhadap y	Letak titik berat terhadap x	(mm ²)	
				Luas . y	Luas . x
A1	75	12,5	1,5	937,5	112,5
A2	75	12,5	23,5	937,5	1762,5
B1	75	23,5	12,5	1762,5	937,5
B2	75	1,5	12,5	112,5	937,5
Total	300			3750	3750

$$x_{FR} = \frac{\sum Luas . x}{\sum Luas}$$

$$= \frac{3750}{300} = 12,5 \text{ mm}$$

$$e_{FR} = x_{FR} = 12,5 \text{ mm}$$

Momen bending (M_{FR})

$$M_{FR} = m_{maks} \times e_{FR} = 412,40 \times 12,5$$

$$= 5155 \text{ kgf} \cdot \text{mm}$$

Momen inersia (I_{FR})

$$I_{rangka} = I_{FR}$$

$$= 32552,08 - 10860,08$$

$$= 21692 \text{ mm}^4$$

Maka tegangan yang terjadi :

$$\sigma_{FR} = \frac{M_{FR} \times e_{FR}}{I_{FR}}$$

$$= \frac{5155 \times 12,5}{21692} = 2,97 \text{ kgf/mm}^2$$

Perancangan Scissor :

Dengan menggunakan baja *square hollow* ukuran 55 x 55 x 5 mm.

Menentukan tegangan yang terjadi

Momen bending (M_{scr})

$$0 < x < 37,5$$

$$M_{0-37,5} - R_A \cdot x = 0$$

$$M_0 = R_A \times 0 = 0 \text{ kgf} \cdot \text{mm}$$

$$M_{37,5} = R_A \times 37,5 = (-937,14) \times 37,5$$

$$= -35142,75 \text{ kgf} \cdot \text{mm}$$

$$37,5 < x < 150$$

$$M_{37,5-150} + F_{lift} (150 - x) = 0$$

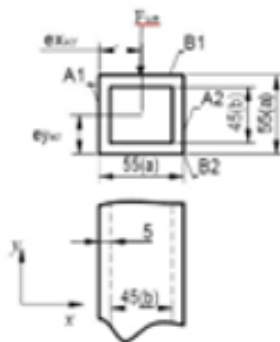
$$M_{37,5} = -312,38 (150 - 37,5)$$

$$= -35142,75 \text{ kgf} \cdot \text{mm}$$

$$M_{282,84} = -312,38 (150 - 150)$$

$$= 0 \text{ kgf} \cdot \text{mm}$$

Letak titik berat (e_{scr})



Gambar 4 Bentuk Konstruksi Scissor

Tabel 4 Hasil Perhitungan Letak Titik Berat Scissor

Komponen	Luas (mm ²)	Letak titik berat terhadap y	Letak titik berat terhadap x	(mm ³)	
				Luas . y	Luas . x
A1	275	27,5	2,5	7562,5	687,5
A2	275	27,5	52,5	7562,5	14437,5
B1	275	52,5	27,5	14437,5	7562,5
B2	275	2,5	27,5	687,5	7562,5
Total	1100			30250	30250

$$x_{scr} = \frac{\sum Luas \cdot x}{\sum Luas}$$

$$= \frac{30250}{1100} = 27,5 \text{ mm}$$

$$C_{scr} = x_{scr} = 27,5 \text{ mm}$$

Momen inersia (I_{scr})

$$I_{rangka} = I_{scr}$$

$$= 762552,08 - 341718,75$$

$$= 420833,33 \text{ mm}^4$$

Maka Tegangan yang terjadi :

$$\sigma_{scr} = \frac{M_{scr} \times e_{scr}}{I_{scr}}$$

$$= \frac{35142,75 \times 27,5}{420833,33} = 2,30 \text{ kgf/mm}^2$$

Perancangan Aktuator Hidrolik

Dengan

$$H = 52 \text{ mm}$$

$$F_{lift} = 312,38 \text{ kgf} = 3064,45 \text{ N}$$

Tegangan yang terjadi :

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{4 F_{lift}}{\pi \times H^2}} = \sqrt{\frac{4 \times 3064,45}{\pi \times 52^2}} =$$

$$1,20 \text{ kgf/mm}^2$$

Perancangan Silinder Hidrolik

Dengan :

$$P_{sil} = 1,22 \text{ kgf/mm}^2$$

$$d_{sil} = 18,0 \text{ mm}$$

Tegangan Memanjang

$$\sigma_{t_{sil}} = \frac{P_{sil} \times d_{sil}}{4 \times T_{sil}}$$

$$\sigma_{t_{sil}} = \frac{1,22 \times 18,0}{4 \times 1,76} = 3,12 \text{ kgf/mm}^2$$

Tegangan Keliling

$$\sigma_{r_{sil}} = \frac{P_{sil} \times d_{sil}}{2 \times T_{sil}}$$

$$\sigma_{r_{sil}} = \frac{1,22 \times 18,0}{2 \times 1,76} = 6,24 \text{ kgf/mm}^2$$

Perancangan Tenaga Penggerak

$$P = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{412,40 \text{ kg}}{0,00102 \text{ m}^2} = 404.31373 \text{ kgf/m}^2$$

$$= 39,65 \text{ bar} = 40 \text{ bar}$$

Perancangan Fluida Kerja

Fluida Kerja : Oli SAE 10 W

Pipa Schedule 40

Dengan :

$$P_{ft1} = \text{Tekanan pada pipa (kgf/mm}^2\text{)}$$

$$P_{akt} = \text{Tekanan fluida didalam pipa (0,142 kgf/mm}^2\text{)}$$

$$d_{pip} = \text{Diameter dalam pipa (26,6 mm)}$$

$$t_{pip} = \text{Tebal pipa (3,38 mm)}$$

Tegangan pada Pipa

$$P_{ft1} = \frac{P_{akt} \times d_{pip}}{2 \times t_{pip}}$$

$$P_{ft1} = \frac{0,142 \times 26,6}{2 \times 3,38} = 0,55 \text{ kgf/mm}^2$$

Selang PVC

Dengan :

P_{ft2} = Tekanan pada selang (kgf/mm²)

P_{akt} = Tekanan fluida didalam selang (0,142 kgf/mm²)

d_{pip} = Diameter dalam selang (25,4 mm)

t_{pip} = Tebal selang (9,525 mm)

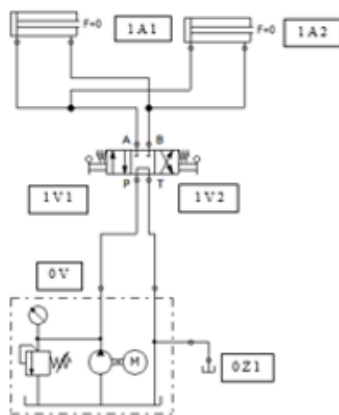
Tegangan pada Selang

$$P_{ft2} = \frac{P_{akt} \times d_{pip}}{2 \times t_{pip}}$$

$$P_{ft2} = \frac{0,142 \times 25,4}{2 \times 9,525} = 0,19 \text{ kgf/mm}^2$$

Diagram rangkaian sistem hidrolik

Untuk menggerakkan alat berikut rangkaian sistem hidrolik digambarkan pada gambar 5 berikut.



Gambar 5 Diagram Sistem Hidrolik

Spesifikasi :

- 1A1 : Aktuator hidrolik 1
- 1A2 : Aktuator hidrolik 2
- 1V1 : 4/3 way valve with spring returned
- 1V2 : 4/3 way valve with spring returned
- 0Z1 : Tanki kapasitas 21 liter
- 0V : Pump Unit minimal 40 bar

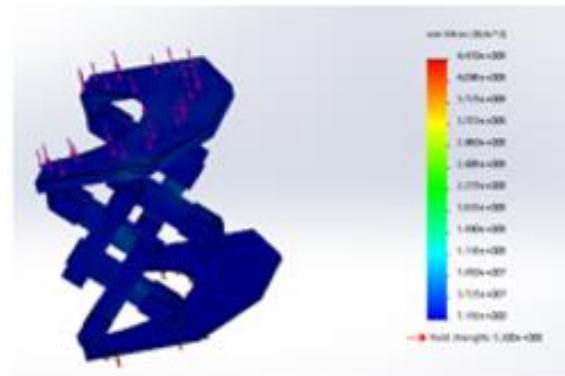
Hasil Perhitungan Setiap Komponen.

Setelah dilakukan perhitungan maka didapatkan hasil perhitungan yang diringkas dalam tabel 5 berikut :

Tabel 5 Hasil Perhitungan Setiap Komponen

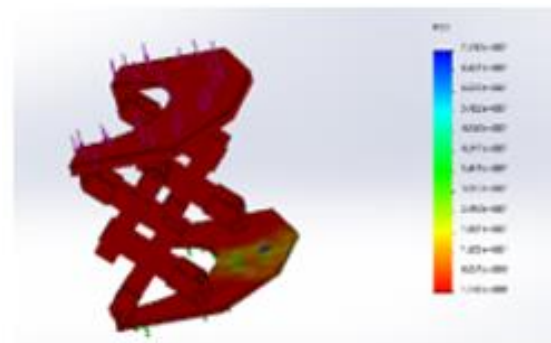
No	Komponen	Material / Ukuran	ρ_{steel} (kg/mm ³)	ρ_{pvc} (kg/mm ³)	Ket
1	Frame Platform	Baja ASTM A36	2,97	10,84	Aman
2	Scissor	Baja ASTM A36	2,90	5,42	Aman
3	Aktuator (Piston)	Besi Tuang Kelabu SAE Grade Q2500	1,20	10,83	Aman
4	Silinder Hidrolik Tebal 1,76 mm	Tegangan Memanjang	3,12	6,85	Aman
		Tegangan Keliling	6,12	6,85	Aman
5	Pipa	Pipa Schedule 40	0,55	14	Aman
6	Selang	PVC	0,19	2,81	Aman

Hasil Simulasi Rangka dengan Software Solidworks 2016



Gambar 6 Hasil Simulasi Yield Strength

Pada gambar 6 Yield Strength rangka maksimal 4,470 e+8 dibawah Yield Strength bahan yang digunakan sebesar 5,200 e+8.

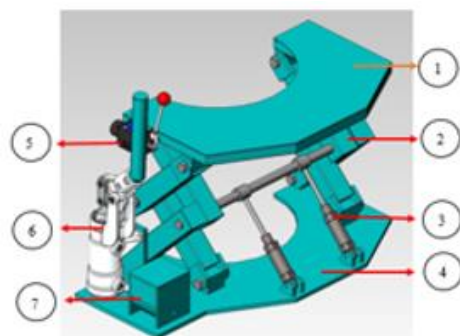


Gambar 7 Hasil Simulasi Factor of Safety

Pada gambar 7 nilai Factor of Safety rangka diatas 1,163 e+0

Alat Pijakan Kaki untuk Toilet Duduk

Setelah dilakukan perancangan dan pertungan bagian bagian komponen, maka alat digambarkan pada gambar 8 berikut:



Gambar 8 Alat Pijakan Kaki untuk Toilet Duduk

Keterangan gambar :

1. *Frame Atas*
2. *Scissor*
3. Sistem Hidrolik
4. *Frame Bawah*
5. Sistem Valve
6. *Pump Unit*
7. Tangki

4. Simpulan

Beban kerja (F) yang terjadi pada Kontruksi Alat Pijakan Kaki dapat mengangkat beban terbesar sebesar 412,40 kgf

Komponen-komponen alat pijakan kaki untuk toilet duduk terdiri dari:

- a. *Frame platform* yang memiliki bentuk *baja square hollow* ukuran 25 x 25 x 3 mm aman untuk digunakan.
- b. Kontruksi *scissor* memiliki bentuk *baja square hollow* ukuran 55 x 55 x 5 mm aman untuk digunakan.
- c. Komponen aktuator terdiri dari piston dengan material besi tuang kelabu SAE Grade G2500 memiliki diameter piston (d_{pis}) 18 mm, tinggi piston (H) 52 mm, batang piston dengan diameter rod (d_{rod}) 10 mm aman untuk digunakan.
- d. Komponen silinder hidrolik memiliki tebal silinder (T_{sil}) 1,76 mm, diameter silinder luar (D_{sil}) 21,52 mm aman untuk digunakan.
- e. Tenaga penggerak dengan menggunakan *external gear pump* (pompa gigi luar) dengan kapasitas minimal 40 bar.
- f. Fluida kerja menggunakan jenis fluida oli SAE 10 W yang pengalirannya menggunakan pipa ukuran *Schedule 40*.

Daftar Pustaka

- Finahari, N. & Rubiono, G., 2018, "Analisis Biomekanika Pengaruh Sudut Pijakan Telapak Kaki Terhadap Gaya Reaksi Tumpuan", Prosiding Seminar Nasional IPTEK Olahraga., ISSN 2622-0156, hlm 12-14.
- Rahmawati, 2019, Kasus Obesitas di Indonesia, <https://regional.kompas.com/read/2019/10/02/06060031/5-kasus-obesitas-di-indonesia-bobot-turun-112-kg-hingga-meninggal-setelah?page=all>, diakses 20 Agustus 2021.
- Viani, T., 2019, Hubungan Jenis Toilet Dengan Pola Defekasi Pada Anak Yang Baru Masuk Sekolah Menengah Pertama di SMP Xaverius 1 Palembang, Tugas Akhir S1 Kedokteran, Universitas Sriwijaya, Palembang