



---

## EVALUASI JALAN DAN KECEPATAN KENDARAAN YANG MELAJU PADA LINTASAN MENIKUNG

Muh. Yusuf<sup>1</sup>, Soebyakto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Prodi Sipil, Universitas Pancasakti Tegal

<sup>2</sup>Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer

Universitas Pancasakti Tegal

E-mail : [muhyusuf0431@gmail.com](mailto:muhyusuf0431@gmail.com)

---

### Article History:

Received: 02-12-2023

Revised : 10-12-2023

Accepted: 04-01-2024

### Keywords:

Tikungan Jalan,  
Kemiringan Jalan  
Lengkung, Gaya  
Sentripetal, Gaya  
Normal, Komponen  
Besaran Fisis Gaya  
Pada Tikungan Jalan.

**Abstract:** Jalan raya yang menikung, pada tikungan jalan tersebut akan dirancang agak miring atau dibuat dengan kemiringan sudut tertentu. Desainnya dibuat bentuk bidang miring agar tidak terjadi slip atau terpeleset ketika kendaraan menikung dengan kecepatan tertentu. Mobil yang melewati tikungan akan mengalami gaya sentripetal yang arahnya menuju pusat tikungan jalan. Dengan adanya gaya normal akan membantu mobil agar tidak slip. Jika mobil bergerak pada tikungan dengan jalan yang miring dengan sudut  $\theta$  dan licin, maka kelajuan maksimum mobil pada tikungan yang dimiringkan agar tidak selip dapat ditentukan dengan menentukan nilai besaran fisis komponen gaya yang bekerja pada mobil tersebut. Salah satu besaran fisis dari peristiwa ini adalah terjadinya percepatan sentripetal, Pada situasi seperti ini, terasa terdorong ke luar. Akan tetapi tidak ada suatu gaya misterius yang menarik kita. Yang terjadi adalah kecenderungan bergerak dalam garis lurus, sementara mobil mulai mengikuti lintasan yang melengkung, tempat duduk (gesekan) atau pintu mobil (kontak langsung) memberikan gaya pada kita. Mobil itu sendiri pasti memiliki gaya ke dalam yang diberikan padanya jika bergerak melengkung. Pada jalan yang rata, gaya ini diberikan oleh gesekan antara ban dan jalan merupakan gaya gesek statis selama ban tidak selip. Pembahasan keadaan jalan dan kecepatan kendaraan pada lintasan melengkung, disajikan dalam bentuk persamaan fungsi matematis berdasarkan keadaan jalan miring atau rata terhadap bidang jalan yang ditinjau lintasan menikung. Tujuan pengamatan penelitian berdasarkan matematis dan sifat fisis badan jalan yaitu untuk memberikan gambaran keadaan jalan dan laju kendaraan agar tidak terjadi selip pada nilai kekasaran jalan dan laju kendaraan untuk suatu nilai tertentu. Pengguna dapat merubah nilai tersebut untuk pendekatan keadaan sebenarnya. Hal ini karena penulis ingin menyajikan bahwa hampir semua kejadian alam membentuk suatu

**PENDAHULUAN**

Pada saat mobil melaju melewati tikungan jalan, jika gaya gesekan tidak cukup besar, seperti pada kondisi ber-es, gaya yang cukup tidak dapat diberikan dan mobil akan tergelincir keluar dari jalur melingkarnya ke jalur yang lebih lurus <sup>(1)</sup>.

Jari-jari dan kemiringan melintang tikungan merupakan faktor penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas. Oleh karena itu lokasi ini perlu dilakukan analisis keselamatan terutama pada daerah tikungan yaitu mengetahui besarnya peluang terjadi kecelakaan dan menentukan kategori resiko kecelakaan ditinjau dari jari-jari dan kemiringan melintang tikungan dan selanjutnya dijadikan dasar untuk melakukan penanganan. Parameter yang digunakan meliputi jari-jari tikungan dan kemiringan melintang jalan <sup>(2)</sup>. Permasalahan yang dihadapi dalam mencari penyelesaian kendaraan yang melewati tikungan jalan agar aman dan tidak terselip yaitu berapa besarnya kekasaran jalan atau koefisien gesekan jalan dan ban kendaraan, besarnya jari-jari tikungan jalan, dan laju kendaraan. Tujuan penelitian ini adalah agar dapat diperoleh nilai besarnya gaya sentrifugal kendaraan yang menyebabkan kendaraan tidak stabil, terjadi selip, tergelincir. Berapa batas aman laju kendaraan yang harus dipenuhi agar kendaraan dapat melaju dengan aman tanpa slip? Serta harus bagaimana keadaan jalan pada tikungan agar dapat mendukung kendaraan tidak selip, tidak tergelincir?

**LANDASAN TEORI**

**Penerapan Gaya Sentripetal Pada Mobil Menikung**

Mobil pada tikungan jalan akan terlihat agak miring dan tidak mendatar seperti gambar 1. Desainnya dibuat bentuk bidang miring agar tidak terjadi slip atau terpeleset ketika kendaraan menikung dengan kecepatan tertentu. Mobil yang melewati tikungan akan mengalami gaya sentripetal yang arahnya menuju pusat tikungan <sup>(3)</sup>. Jika mobil bergerak melewati tikungan jalan yang miring dengan sudut  $\theta$  dan koefisien gaya statis  $\mu_s$ , maka kelajuan maksimum mobil pada tikungan jalan yang dimiringkan agar tidak selip dapat ditentukan dengan menggunakan konsep gaya sentripetal ( $F_s$ ) dan gaya gesekan statis ( $f_s$ ) yang dapat dijabarkan sebagai berikut:

Pada komponen sumbu x:

$$F_s = f_s$$

$$\frac{mv^2}{R} = \mu_s N \sin \theta \dots\dots\dots (1)$$

Pada komponen sumbu y (gambar 1).

$$W = mg$$

$$N \cos \theta = mg$$

$$N = \frac{mg}{\cos \theta} \dots\dots\dots (2)$$

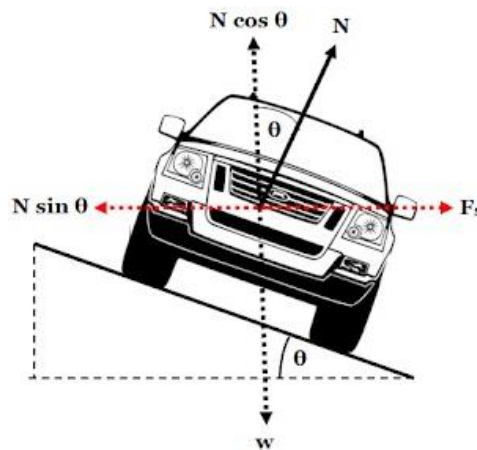
Melalui substitusi persamaan (1) dengan persamaan (2), diperoleh:

$$\frac{mv^2}{R} = \frac{\mu_s mg \sin \theta}{\cos \theta}$$

$$\frac{mv^2}{R} = \mu_s mg \tan \theta$$

$$v^2 = \mu_s Rg \tan \theta$$

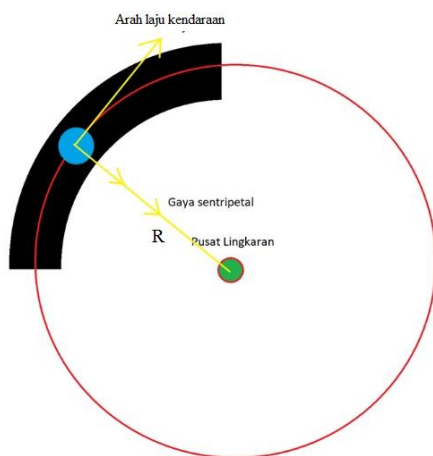
$$v = \sqrt{\mu_s Rg \tan \theta} \dots\dots\dots (3)$$



**Gambar 1.** Gaya yang bekerja pada mobil di tikungan jalan.

Keterangan:

- N: gaya normal dengan satuan Newton,  $\mu_s$ : koefisien gesekan statis
- W: gaya berat dengan satuan Newton, m: massa mobil dengan satuan kg, g: percepatan gravitasi =  $9,81 \text{ m/s}^2$ ,  $f_s$ : gaya gesekan statis dengan satuan Newton.
- $F_s$ : gaya sentripetal dengan satuan Newton, R: jari-jari tikungan jalan (m).
- $\theta$ : sudut kemiringan jalan, v: kelajuan maksimum mobil (m/s).



**Gambar 2.** Jari-jari tikungan jalan (R)

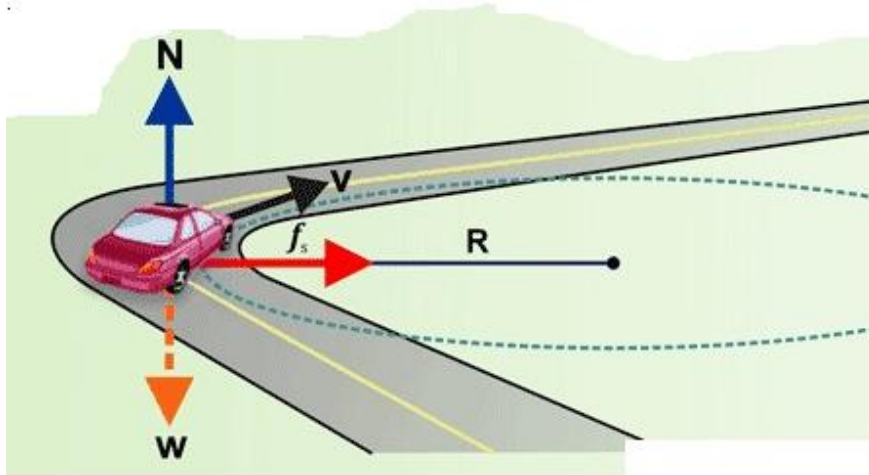
Saat menikung, sebenarnya kendaraan tertarik menuju pusat tikungan atau pusat lingkaran. Berdasarkan konsep fisika, gaya yang menarik ke dalam pusat lingkaran disebut gaya sentripetal. Gaya sentripetal ini melawan gaya sentrifugal. Gaya sentripetal ini yang

menarik kendaraan keluar jalur saat menikung. Gaya sentripetal muncul dari percepatan sentripetal, percepatan sentripetal ini muncul karena perubahan kecepatan linier (lurus) dari suatu benda, dalam hal ini benda itu adalah kendaraan <sup>(4)</sup>.

**METODE PENELITIAN**

**Cara Pengujian dalam penelitian**

Sebuah mobil bergerak dengan kecepatan  $v$  melewati sebuah tikungan datar horizontal. Bentuk tikungan melengkung dengan jari-jari sebesar  $R$  seperti yang ditunjukkan pada gambar di atas. Pada saat berada di tikungan, komponen gaya yang bekerja pada mobil tersebut adalah sebagai berikut.



**Gambar 3.** Tikungan datar <sup>(5)</sup>

**Pada sumbu vertikal**

$$\begin{aligned} \Sigma F &= ma \\ N - w &= ma \\ \text{Karena dalam arah vertikal tidak terjadi gerak, maka percepatan sama dengan nol (} a &= 0) \\ \text{sehingga} \\ N - w &= 0 \\ N &= w \\ N &= mg \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

**Pada sumbu horizontal**

Pada sumbu horizontal, hanya ada gaya gesek statis  $f_s$ . Karena gaya gesek ini bekerja pada arah radial (berhimpit dengan jari-jari lintasan) dan menuju pusat lingkaran, maka gaya gesek bertindak sebagai gaya sentripetal positif. Tentunya kalian sudah mengetahui bahwa gaya gesek statis memiliki nilai maksimum  $\mu_s N$ . Oleh karena itu, supaya mobil tidak slip saat melewati tikungan maka kelajuan mobil tidak boleh menghasilkan gaya sentripetal yang lebih besar daripada nilai gaya gesekan maksimum. Dengan kata lain, gaya gesekan maksimum membatasi kelajuan maksimum mobil. Kelajuan maksimum ini diperoleh dengan menggunakan Hukum II Newton pada gerak melingkar sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \Sigma F_s &= ma_s \\ f_s &= ma_s \\ \mu_s N &= ma_s \end{aligned}$$

Dari persamaan (4) kita dapatkan nilai  $N = mg$ , sehingga persamaan di atas menjadi seperti berikut:

$$\mu_s mg = ma_s$$

karena  $a_s = v^2/R$ , maka

$$a_s = \frac{v^2}{R} \text{ dan } N = \mu_s mg$$

$$m \frac{v^2}{R} = \mu_s mg$$

$$v_{maks} = \sqrt{\mu_s g R} \dots\dots\dots(5)$$

$$F - f = 0 \Rightarrow f = F = \mu_s mg$$

$$W = f \cdot S = (0,5)m(v_t^2 - v_o^2)$$

$$\mu_s mg S = (0,5)m(v_t^2 - v_o^2)$$

$$\mu_s = \frac{(v_t^2 - v_o^2)}{2gS} \dots\dots\dots(6)$$

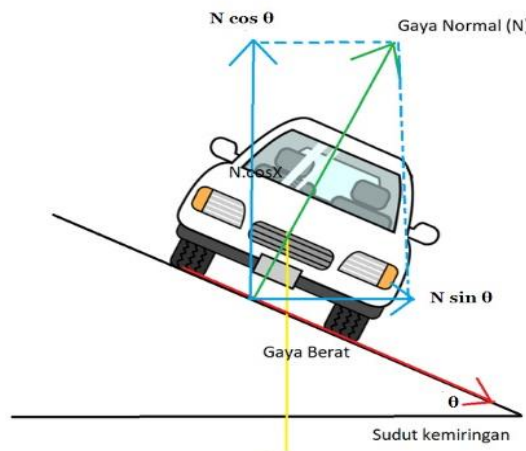
Keterangan:

- |            |   |       |                                      |
|------------|---|-------|--------------------------------------|
| $v_{maks}$ | = Kecepatan maksimum (m/s)                      | $v_t$ | = Kecepatan pada saat t (m/s)        |
| $\mu_s$    | = Koefisien gesek statis                        | $v_o$ | = Kecepatan mula-mula (m/s)          |
| $R$        | = Jari-jari lintasan (m)                        | $m$   | = Massa kendaraan (kg)               |
| $g$        | = Percepatan gravitasi bumi (m/s <sup>2</sup> ) | $S$   | = Panjang lintasan yang ditempuh (m) |
| $W$        | = Energi kendaraan (J)                          |       |                                      |

Jika pengujian pada mobil yang melewati tikungan jalan yang dibuat miring dengan sudut kemiringan jalan  $\alpha$ , maka persamaan (3):

$$v = \sqrt{\mu_s R g \tan \alpha}$$

Tidak seperti pada jalan mendatar, mobil tetap dapat menikung pada jalan miring yang licin (tidak ada gaya gesek). kelajuan maksimum mobil untuk menikung tanpa slip pada jalan miring licin bergantung pada sudut kemiringan jalan  $\alpha = \theta$ ; makin besar sudut kemiringan jalan, makin besar pula kelajuan maksimum yang diperbolehkan.



**Gambar 4.** Pengujian kendaraan pada kemiringan tikungan jalan sudut  $\theta$ .

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pengamatan Kendaraan pada Tikungan Jalan Perempatan**

Perempatan jalan ada di kotak D, diperbesar menjadi empat persegi panjang ADBC (lihat gambar). Kendaraan bergerak dari arah A membelok diperempatan jalan D ke arah kanan menuju B. Jika jalan diperempatan D dalam keadaan lengang (sepi) lewat sebuah kendaraan dari arah A membelok ke arah kanan menuju B, berapakah gaya sentrifugal kendaraan tersebut agar dapat melaju dengan aman tanpa slip?

Dalam pembahasan hasil penelitian ini, kita menggunakan persamaan (5) dan (6):

$$v_{maks} = \sqrt{\mu_s gR}$$

$$\mu_s = \frac{(v_t^2 - v_o^2)}{2gS}$$

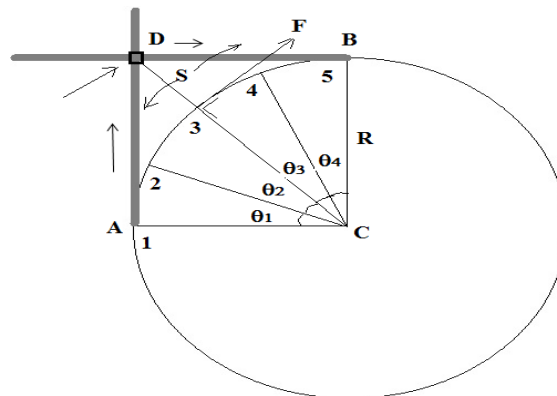
Kendaraan dapat melaju melalui tikungan dengan lintasan S tanpa selip. Ini artinya gaya sentrifugal kendaraan harus sama dengan gaya sentripetal kendaraan. Gaya yang bekerja pada kendaraan ini, kita beri simbol F dengan satuan Newton.

$$F - f = \frac{mv^2}{R}$$

$$f = \mu mg$$

$$F = m \left( \frac{v^2}{R} + \mu g \right)$$

.....(7)

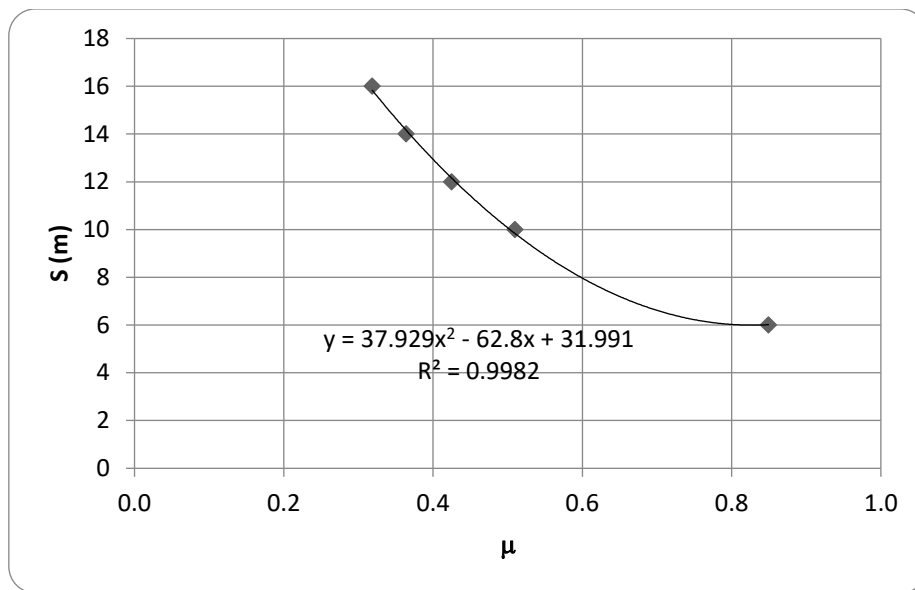


**Gambar 5.** Kendaraan melewati tikungan jalan D, lintasannya diperbesar AB.

**Tabel 1.** Data Kekasaran Jalan dan Laju Kendaraan pada Lintasan S

$$\mu_s = \frac{(v_t^2 - v_o^2)}{2gS}$$

No	$\mu_s$	S (m)	$v_t$ (m/s)	$v_o$ (m/s)	$g$ (m/s <sup>2</sup> )
1	0,8	6	10	0	9,81
2	0,5	10	10	0	9,81
3	0,4	12	10	0	9,81
4	0,4	14	10	0	9,81
5	0,3	16	10	0	9,81



**Gambar 6.** Kekasaran Jalan dan Laju Kendaraan 36 km/jam (10 m/s) dengan lintasan S

**Tabel 2.** Data Laju Kendaraan Konstan pada tikungan jalan datar

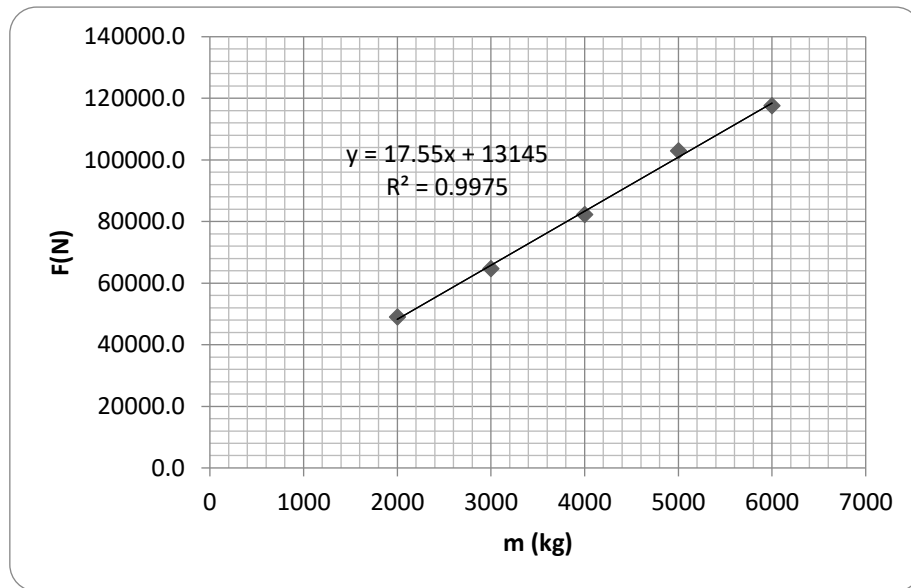
$$v_{\max} = \sqrt{\mu_s Rg}$$

No	$\mu_s$	$g(m/s^2)$	R(m)	$v_{\max}(m/s)$
1	0,8	9,81	6	6,9
2	0,5	9,81	8	6,3
3	0,4	9,81	10	6,3
4	0,4	9,81	12	6,9
5	0,3	9,81	16	6,9

**Tabel 3.** Beban dan Gaya Sentripetal pada Kendaraan

$$F = m \left( \frac{v^2}{R} + \mu g \right)$$

No	$\mu$	R(m)	$v_t(m/s)$	m(kg)	$g(m/s^2)$	F(N)
1	0,8	6	10	2000	9,81	49029,3
2	0,5	6	10	3000	9,81	64715,0
3	0,4	6	10	4000	9,81	82362,7
4	0,4	6	10	5000	9,81	102953,3
5	0,3	6	10	6000	9,81	117658,0



**Gambar 7.** Beban dan Gaya Sentripetal Kendaraan

## KESIMPULAN

1. Laju kendaraan dan kekasaran jalan (koefisien gesekan) pada lintasan melengkung ada korelasinya.
2. Pada lintasan melengkung, jalan datar, maka kecepatan maksimumnya 6,9 m/s.
3. Gaya sentrifugal sama dengan gaya sentripetal pada kendaraan yang melaju pada tikungan jalan datar tanpa slip.
4. Semakin besar beban kendaraan pada tikungan jalan, semakin besar gaya sentripetal kendaraan. Untuk itu, jika kontrol kecepatan kendaraan tidak menghasilkan gaya sentripetal sama dengan gaya sentrifugal, maka kendaraan tidak dapat dikendalikan, dapat tergelincir.
5. Pengambilan sample lintasan yang ditempuh, S terlalu dekat, maka hasil fungsi persamaan matematika yang telah diturunkan, berdasarkan sifat-sifat besaran fisiknya nampak  $\mu$  (koefisien gesekan) besar. Karena nilai gesekan antara dua benda berkisar  $0 < \mu < 1$ . Untuk itu bagi pengguna kepentingan jalan, harus menggunakan sample lintasan jalan, S yang panjang agar sesuai dengan keadaan jalan sebenarnya. Hal ini dapat dijelaskan berdasarkan fisika bahwa pada lintasan S yang pendek, terjadi penekanan beban kendaraan terhadap luas jalan yang ditumpu kendaraan.

## DAFTAR REFERENSI

- [1] **Sigit.** Mobil yang Melewati Tikungan. *fisikabrainly.wordpress.com*. [Online] 2017. <https://fisikabrainly.wordpress.com/2017/03/20/mobil-yang-melewati-tikungan/>.
- [2] **ANALISIS KESELAMATAN JALAN PADA TIKUNGAN BERDASARKAN JARI-JARI DAN KEMIRINGAN MELINTANG TIKUNGAN . DESI WIDIANTY, ROHANI, IDM ALIT KARYAWAN.** 2, Mataram : JURNAL REKAYASA SIPIL (JRS-UNAND), 2019, Vol. 15. 2477-3484.
- [3] **Blogger.** Penerapan Gaya Sentripetal Pada Mobil Menikung Dengan Kemiringan Tertentu. *Materi Mafia Online*. [Online] 2014. <https://mafia.mafiaol.com/2016/11/penerapan-gaya-sentripetal-pada->



mobil\_2.html.

- [4] **Pambudi, Rezki Alif.** Ternyata Ini Alasan Tikungan Jalan Luar Kota Dibikin Miring! *gridoto.com*. [Online] 2019. <https://www.gridoto.com/read/221746526/ternyata-ini-alasan-tikungan-jalan-luar-kota-dibikin-miring?page=all>.
- [5] **Blogger.** Rumus Kecepatan Maksimum Di Tikungan Datar Agar Tidak Slip. *FisikaABC*. [Online] 2017. <https://www.fisikabc.com/2017/08/kecepatan-maksimum-di-tikungan-datar.html>.