



Analisa Interaksi Gaya Gesek Ban Mobil Terhadap Struktur Permukaan Jalan**Muhammad Nuh Hudawi Pasaribu¹, Muhammad Isa Siregar², Hendra Susilo³**¹D3 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Indonesia² Pendidikan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Medan, Indonesia³ Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tjut Nyak Dhien, IndonesiaE-Mail: muhnuhudpas@unimed.ac.id

Abstrak

Untuk mendapatkan kenyamanan, keamanan saat berkendara di jalan yang umumnya melintas di permukaan tekstur aspal dan beton, factor yang perlu untuk diperhatikan adalah ban seperti tekanan ban, jenis ban, beban, kecepatan dan tektur permukaan jalan. Tekanan angin ban yang biasa digunakan untuk mobil keluarga adalah 30 [kg/cm²], 35 [kg/cm²] yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengemudi. Melintas di atas tekstur permukaan jalan aspal dan beton akan memberikan perbedaan terhadap gaya gesek ban. Tekstur permukaan jalan ditunjukkan dalam bentuk benjolan /kekasaran jalan (IRI) yang akan bersentuhan dengan permukaan ban. IRI merupakan faktor utama yang mempengaruhi koefisien gesek F_f antara ban dan jalan. Jalan AH. Nasution Medan merupakan jalan yang digunakan sebagai tempat dilakukannya penelitian karena yang memiliki dua jenis tekstur permukaan tersebut. Tujuan Penelitian ini untuk mengetahui nilai perbandingan gaya gesek pada tekstur permukaan jalan aspal dan pada tektru permukaan jalan beton. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan menggunakan alat software GTSVDSS. Penelitian dengan menggunakan mobil Toyota Innova tahun 2010, Ban Bridgestone B50, Dimensi 205/65/R15, Tekanan angin 34 [kg/cm²], Bermassa 185 [kg] dengan temperatur lingkungan 32°C. Kekasaran tesktur permukaan jalan (IRI) aspal 6,4 dan IRI permukaan tekstur jalan beton 6,7 jadi, IRI jalan beton lebih besar dibandingkan IRI jalan aspal. Gaya gesek terbesar pada struktur permukaan jalan aspal 5041,66 [N] dikecepatan 30 -40 [km/jam] dan gaya gesek terbesar pada struktur permukaan jalan beton 6302,08 [N] dikecepatan 30 - 40 [km/jam].

Kata Kunci: gaya gesek; kekasaran; IRI.

Abstract

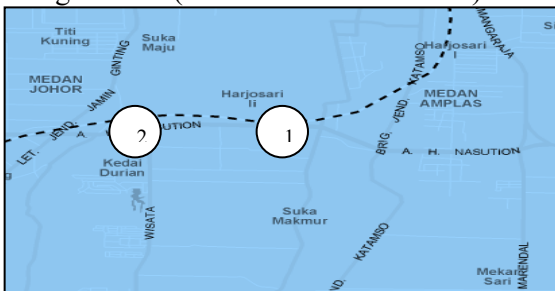
To obtain comfort and safety when driving on roads which generally pass on asphalt and concrete surfaces, the factors you need to pay attention to are tires such as tire pressure, type of tire, load, speed and road surface texture. The tire pressure commonly used for family cars is 30 [kg/cm²], 35 [kg/cm²] which can be adjusted to the driver's needs. Traveling over asphalt and concrete road surface textures will make a difference in tire friction. The texture of the road surface is shown in the form of bumps/road roughness (IRI) which will come into contact with the tire surface. IRI is the main factor that influences the friction coefficient F_f between the tire and the road. AH Street. Nasution Medan is the road used as a place for research because it has two types of surface textures. The aim of this research is to determine the comparative value of friction force on the asphalt road surface texture and the concrete road surface texture. The method used is experimentation using the GTSVDSS software tool. Research using a 2010 Toyota Innova car, Bridgestone B50 tires, dimensions 205/65/R15, wind pressure 34 [kg/cm²], mass 185 [kg] with an environmental temperature of 32°C. The roughness of the asphalt road surface texture (IRI) is 6.4 and the IRI of the concrete road surface texture is 6.7, so the IRI of the concrete road is greater than the IRI of the asphalt road. The largest friction force on the asphalt road surface structure 5041,66 [N] at a speed of 30 -40 [km/hour] and the largest friction force on the concrete road surface structure 6302,08 [N] at a speed of 30 - 40 [km/hour].

Keywords: frictional force; roughness; IRI.

PENDAHULUAN

Kenyamanan, kecepatan kendaraan sangat ditentukan oleh ban yang digunakan dan tekanan ban yang dapat diperhitungkan sesuai dengan kebutuhan pengendara dan jenis kendaraan yang digunakan seperti 30 psi, 32 psi dan 34 yang dapat disesuaikan oleh pengemudi mobil. Selain tekanan dan jenis ban, kekasaran tekstur permukaan jalan (RI) juga merupakan salah satu faktor penentu kenyamanan. Tekanan angin ban dan kekasaran tektur permukaan jalan merupakan integrasi yang tidak bisa dipisahkan dijalan. Jalan merupakan jalur yang digunakan oleh berbagai macam kendaran yang umumnya terdiri dari tekstrur permukaan aspla dan tektur permukaan beton.

Di kota medan sudah banyak dilakukan peralihan dari jalan aspal ke jalan beton. Jalan AH. Nasution asrama haji medan merupakan contoh jalan yang terdiri dari dua tipe struktur permukaan jalan yaitu jalan aspal 3200 m (1) dan struktur permukaan jalan beton 800 m (2) yang mana kendaaraan akan melintasi kedua struktur permukaan jalan ini, Seperti terlihat pada gambar 1 (M. Nuh Hudawi P: 2017).



Gambar 1. Peta Jalan AH. Nasution Medan

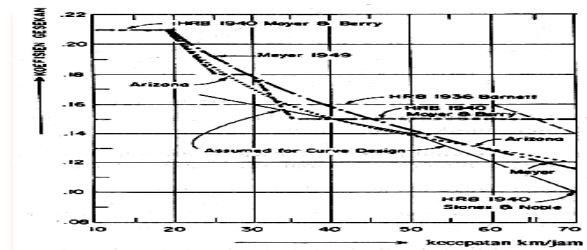
KAJIAN LITERATUR

A. Ban

Ban adalah bagian penting di kendaraan darat yang dapat meredam getaran saat melintas dijalan. Ban melaju dipermukaan jalan dengan memanfaatkan gaya gesek.. Gaya gesek selalu bekerja dalam arah yang berlawanan dari kecepatan. Gaya gesek dipengaruhi kekasaran permukaan jalan. semakin kasar permukaan dua benda yang berentuhan, gaya gesek yang bekerja juga akan semakin besar, begitupun sebaliknya semakin licin permukaan dua benda yang bersentuhan semakin kecil pula gaya gesek yang bekerja. Gaya gesek dipengaruhi dari beberapa faktor serprti kekasaran permukaan jalan, model tapak ban, laju kendaraan

B. Kekasaran Permukaan Jalan

Tahanan gesek dipengaruhi oleh tekstur permukaan,(komposisi dan faktor lingkungan (panas dan air hujan). Kekasaran permukaan/kekasaran permukaan jalan (IRI) ditunjukkan dalam bentuk tonjolan-tonjolan yang akan kontak dengan karet ban. Hubungan IRI, kecepatan dan jenis permukaan jalan dengan menggunakan grafik. Kekasaran permukaan jalan IRI merupakan faktor utama yang mempengaruhi koefisien gesek F_f antara ban dan jalan. Jalan kering dan jalan basah mempengaruhi gaya gesek. Gaya yang besar jika tekstur permukaan jalan adalah kering..



Gambar 2. Hubungan Antara Koefisien Gesek Dengan Kecepatan, V

C. Perkerasan Beton

Perkerasan beton adalah semen yang dibuat dari campuran semen, pasir dan batu pecah atau tanpa tulangan. Perkerasan beton mempunyai modulus elastisitas yang tinggi akan mendistribusikan beban terhadap bidang area tanah yang cukup luas, sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari slab beton sendiri (T. Yuono: 2017).



Gambar 3. Lapis Perkerasan Beton

D. Kekesatan Permukaan Jalan

Kekasaran tekstur permukaan jalan akan mempengaruhi kenyamanan dan keselamatan saat berkendara Aman berarti perkerasan jalan harus cukup kuat memikul berat kendaraan serta menahan gaya gesek dan keausan karena roda kendaraan. Kekesatan merupakan tahanan gesek

antara permukaan jalan dan ban kendaraan sehingga tidak mengalami slip atau tergelincir baik pada kondisi basah (waktu hujan) ataupun kering. Untuk jalan yang kering dengan permukaan yang halus akan menghasilkan koefisien gesek yang besar antara ban dan jalan, namun sebaliknya jika dalam keadaan basah maka akan menghasilkan koefisien gesek yang kecil.

Kekesatan permukaan jalan dihasilkan dari fungsi utama tekstur permukaan jalan. Ketika tekstur permukaan jalan bersentuhan dengan roda kendaraan, gaya gesekan dapat dihasilkan. Gaya gesek antara ban dengan permukaan jalan merupakan perkalian antara koefisien gesek dengan gaya normal (tegak lurus bidang permukaan jalan) akibat berat kendaraan. Gaya gesekan selalu bekerja dalam arah yang berlawanan dari kecepatan bergerak. Arah gaya adalah percepatan yang disebabkan jika gaya itu adalah satu-satunya gaya yang bekerja pada benda tersebut. Besaran gaya adalah hasil kali massa benda dan besaran percepatan yang dihasilkan gaya. Sedangkan massa adalah sifat intrinsik sebuah benda yang mengukur resistansinya terhadap percepatan.

$$F = m \cdot a \quad (1)$$

Jika massa suatu benda semakin besar maka makin susah untuk dipercepat, demikian juga sebaliknya jika semakin kecil massa suatu benda semakin mudah benda tersebut dipercepat. Ada tiga gaya yang bekerja pada ban yaitu gaya normal atau gaya vertikal yang diakibatkan oleh gaya berat kendaraan, gaya longitudinal yang umumnya akibat gaya inersia percepatan dan gaya samping atau lateral yang disebabkan oleh gaya sentrifugal kendaraan. Gaya gesekan sangat penting dalam kehidupan sehari-hari misalnya gesekan yang terjadi pada mesin mobil (T. Yuono: 2017).

Gaya gesek statis adalah gaya gesek yang bekerja ketika benda belum bergerak sedangkan gaya gesek kinetis adalah gaya gesek yang bekerja untuk benda yang telah bergerak (De Ambrosio, Malgieri, Mascheretti, & Onorato, 2015). Karena gaya gesek statis bekerja untuk benda yang diam maka berdasarkan hukum I Newton, besar gaya gesek statis haruslah sama dengan gaya "luar" yang bekerja pada benda. Adapun untuk gaya gesek kinetis nilainya relatif konstan dan biasanya nilainya lebih kecil dari gaya gesek statis maksimum (Y. Tiandho: 2018).

$$F_k = \mu_k \cdot N \quad (2)$$

Dimana:

F_k : adalah gaya gesek kinetis

μ_k : adalah koefisien kinetis statis

N : adalah gaya normal

$$F_s = \mu_s \cdot N \quad (3)$$

F_s : adalah gaya gesek statis

μ_s : adalah koefisien gesek statis [10][11].

$$\mu_k = F/W \quad (4)$$

μ_k : adalah koefisien gesek kinetis

F : Gaya dorong

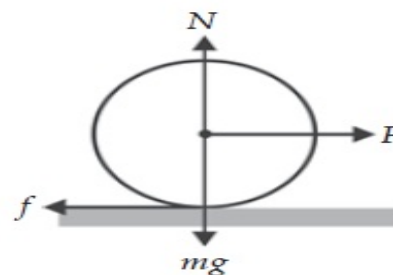
W : adalah berat

m : adalah massa

a : adalah percepatan

g : adalah gravitasi

Gaya normal (N) adalah gaya yang ditimbulkan oleh alas bidang tempat benda berpijak dan arahnya tegak lurus dengan bidang tersebut.



Gambar 4. Gaya Gesekan Pada Ban

E. Ketidakrataan Permukaan Jalan (IRI)

International Roughness Index (IRI) merupakan fungsi pelayanan dari perkerasan jalan yang digunakan untuk menentukan tingkat ketidakrataan permukaan berpengaruh terhadap kenyamanan pengemudi. Nilai IRI dinyatakan dalam meter turun naik per kilometer panjang jalan (m/km). Jika nilai IRI = 10 m/km, artinya jumlah amplitude (naik dan turun) permukaan jalan sebesar 10 m dalam tiap km panjang jalan. Semakin besar nilai IRI-nya, maka semakin buruk keadaan permukaan perkerasan. Nilai IRI didapatkan dari tinjauan langsung di lapangan dengan menggunakan alat salah satunya dengan menggunakan alat Roughometer-NAASRA (D.Kurnia, S: 2018) NAASRA roughness meter merupakan salah satu metode pengukuran nilai IRI yang biasa dilakukan di Indonesia dan metode pelaksanaannya mengacu pada SNI 03-3426-1994 (1994). Nilai IRI di Indonesia digunakan untuk mengetahui dan mengevaluasi

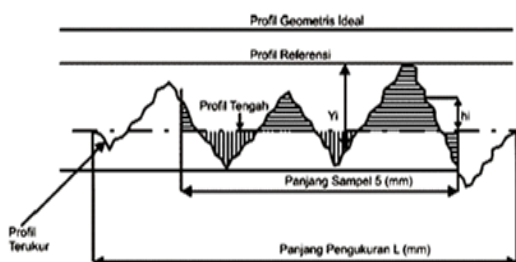
kondisi kemandapan permukaan infrastruktur jalan. Direktorat Jenderal Bina Marga menetapkan nilai batas IRI yang dapat dipakai untuk mengevaluasi kekasaran infrastruktur jalan yang terbagi dalam empat kondisi kekasaran infrastruktur jalan yaitu baik, sedang, rusak ringan, dan rusak berat (Siahaan dan Surbakti: 2011).

Kerusakan Jalan disebabkan oleh beban lalu lintas, kondisi lingkungan dan umur dari perkerasan. Jenis kerusakan, luas kerusakan, dan tingkat kerusakan adalah indikator kinerja perkerasan yang berkaitan langsung dengan kapasitas struktural. Evaluasi kerusakan jalan biasanya dilakukan secara manual, seperti retak yang merupakan indikasi paling umum yang sering digunakan. Ketidakrataan jalan Road Roughness yg merupakan parameter kondisi yang paling banyak digunakan dalam mengevaluasi perkerasan jalan karena data ketidakrataan jalan relatif mudah untuk diperoleh, obyektif, dan berkorelasi baik dengan biaya operasional kendaraan serta parameter kondisi yang paling relevan dalam pengukuran perilaku fungsional jalan dalam waktu jangka panjang (Martin: 1999).

Kekasaran tekstur permukaan jalan merupakan faktor utama yang mempengaruhi koefisien gesek antara ban dan jalan. Kekasaran permukaan akan mempengaruhi koefisien gesek pada bidang kontak (Fitrianto et al. : 2015). Gaya gesek yang bekerja saat sebuah benda bergerak terhadap medium lain disebut gaya gesek kinetis (F.Andriani: 2021),

Permukaan jalan aspal dan jalan beton memiliki tekstur yang berbeda.. Jalan aspal biasanya memiliki agregat terpapar pada permukaan yang mewakili kekasara tingkat makro. Kekasaran tingkat mikro dianggap sebagai kekasaran permukaan agregat sendiri. Permukaan jalan beton umumnya memiliki permukaan yang halus dalam hal tingkat makro tekstur.

$$IRI = A1 + A2 + A3 \dots An/L \quad (5)$$



Gambar 5. Profil Suatu Permukaan (F.Andriani: 2021)



Gambar 6. Tekstur Jalan Aspal



Gambar 7. Tekstur Jalan Beton

Tabel 1. Parameter Kekasaran

IRI	Kondisi Visual dari permukaan pererasan
0-3	Sangat mulus dan teratur
3-4	Sangat baik, umumnya mulus
4-6	Baik
6-8	Cukup, sangat sedikit atau tidak ada lubang tetapi permukaan tidak teratur
8-10	Jelek, sesekali berlubang, tidak teratur
10-12	Pecah, berlubang, banyak lubang
12-16	Sangat pecah-pecah, banyak lubang dan total bidang perkerasan hancur
>16	Tidak dapat dilalui, kecuali 4 WD

METODE

Pada penelitian ini dilakukan di jalan AH.Nasution Medan yang dilaksanakan dengan metode eksperimen. Untuk mengetahui kekasaran struktur permukaan jalan (IRI) aspal dan kekasaran struktur permukaan jalan beton menggunakan alat uji Naasra Roughness meter ARRB serta Laptop dengan softwate GTSVDSS untuk menampilkan hasil opsional uji yang dilakukan dan mobil yang digunakan adalah avanza tahun 2014 yang bermassa 1250 kg menggunakan ban Dunlop berdimensi 185/70/R14 dengan tekanan angin ban 34 kg/cm². Diagram alir penelitian yang dilakukan seperti pada Gambar 14.

A. Alat Uji IRI.

1. Roughness Sensor adalah alat untuk mendeteksi kekasaran permukaan jalan
2. Controller adalah alat untuk pengendali
3. Interface Module

4. Kabel-kabel konektor



Gambar 8. Alat Uji IRI

B. Alat Uji Koefisien Gesek

Untuk merekam data operasional mobil saat melintas dipermukaan jalan dilakukan dengan menggunakan unit alat GTSVDSS yang terdiri dari:

1. ECU (Unit kontrol mesin) adalah jenis kontrol elektronik unit yang mengontrol serangkaian aktuator pada mesin pembakaran internal untuk memastikan performa mesin yang optimal.
2. DTC (Kode Diagnostik Masalah) adalah bagaimana mengidentifikasi dan berkomunikasi dengan teknisi di mana dan apa masalah on-board ada.
3. Laptop dengan software GTSVDSS untuk menampilkan hasil operasional uji yang dilakukan.



Gambar 9. GTSVDSS

C. Prosedur Pengukuran Kekasaran (IRI) Permukaan Jalan

Kegiatan meliputi:

1. Pemasangan Sensor Jarak.
2. Pemasangan Tongkat Indikator Gambar



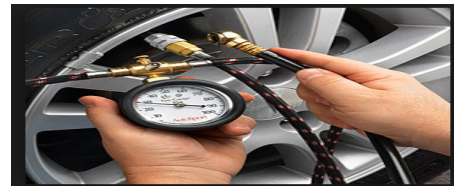
Gambar 10. Pemasangan Sensor Jarak



Gambar 11. Pemasangan Tongkat Indikator

D. Prosedur Pengukuran Koefisien Gesek Permukaan Jalan

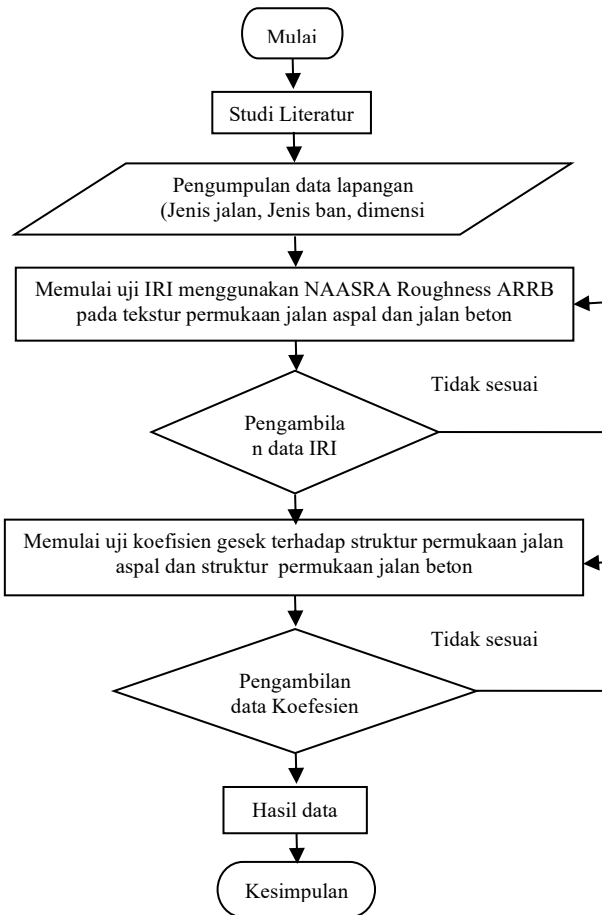
1. Persiapan Peralatan Penelitian GTSVDSS
2. Pastikan type mobil dan tekanan angin ban 34 psi
3. Pasang alat uji GTSVDSS ke ECU Mesin
4. Rekam data kecepatan (v) [km/jam], RPM, Waktu (t) [s] pada alat GTSVDSS



Gambar 12. Periksa Tekanan Angin 34 psi



Gambar 13. Memperlihatkan Pemasangan Alat GTSVDSS



Gambar 14. Diagram Alir Penelitian HASIL

A. Hasil Pengujian IRI Tekstur Permukaan Jalan Aspal dan Tekstur Permukaan Jalan Beton

Tabel 2. IRI Tekstur Permukaan Jalan

Tekstur permukaan jalan	Aspal	Beton
IRI	6, 4	6, 7



Gambar 15. Perbandingan IRI Pada Tekstur Permukaan Jalan Aspal dan Beton

Tabel 3. Data Mobil

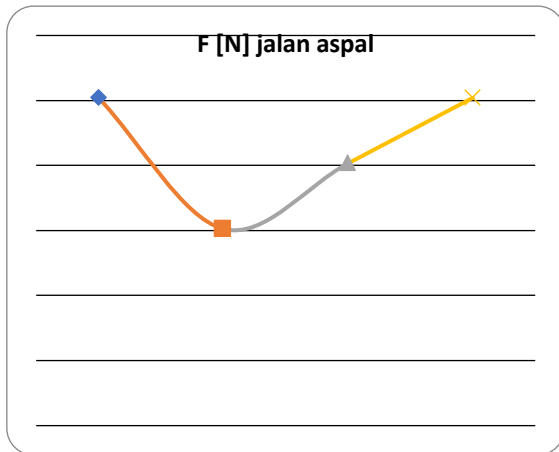
Tipe Kendaraan	Toyota Innova 2010
Merk ban yang digunakan	Bridstone B50
Spesifikasi ban	205/65/R15
Tekanan angin [kg/cm ²]	34
Massa mobil + 3 Org [kg]	1815
Suhu Udara [°C]	32°C
Alat Ukur	GTSVDSS

B. Perhitungan Gaya Gesek Terhadap Permukaan Jalan Aspal AH. Nasution Medan Menggunakan Mobil Toyota Innova 2010.

1. Pada kecepatan 0-10 km/jam
Data yang diperoleh:
 - F = 5041, 66 N
2. Pada kecepatan 10-20 km/jam
Data yang diperoleh:
 - F = 3025 N
3. Pada kecepatan 20-30 km/jam
Data yang diperoleh:
 - F = 10083. 33 N
4. Pada kecepatan 30-40 km/jam
Data yang diperoleh:
 - F = 5041, 66 N

Tabel 4. Hasil Gaya Gesek Jalan Aspal Menggunakan Mobil Toyota Innova 2010

V [km/jam]	F [N]
0-10	5041, 66
10-20	3025
20-30	4033, 33
30-40	5041, 66



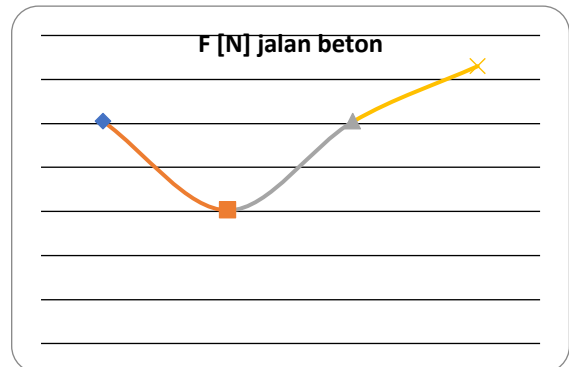
Gambar 16. Grafik Gaya Gesek Vs Kecepatan Pada Tekstur Permukaan Jalan Aspal

C. Perhitungan Gaya Gesek Terhadap Permukaan Jalan Beton AH. Nasution Medan Menggunakan Mobil Toyota Innova Tahun 2010.

1. pada kecepatan 0-10 km/jam
Data yang diperoleh:
 - $F = 5041,66 \text{ N}$
2. pada kecepatan 20-30 km/jam
Data yang diperoleh:
 - $F = 3025 \text{ N}$
3. pada kecepatan 30-40 km/jam
Data yang diperoleh:
 - $F = 5041,66 \text{ N}$
4. Pada kecepatan 40-50 km/jam
Data yang diperoleh:
 - $F = 6302,08 \text{ N}$

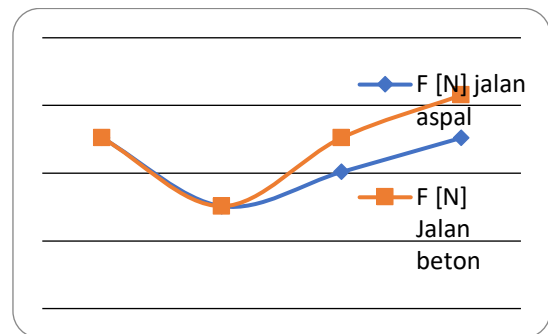
Tabel 5. Hasil Gaya Gesek Permukaan Jalan Beton Menggunakan Mobil Toyota Innova 2010

V [km/jam]	F [N]
10 – 20	5041,66
20 - 30	3025
30 - 40	5041,66
40 - 50	6302,08



Gambar 17. Grafik Hasil Gaya Gesek Pada Tekstur Permukaan Jalan Beton

D. Hasil Perbandingan Gaya Gesek Pada Tekstur Permukaan Jalan Aspal Dan Tekstur Permukaan Jalan Beton AH. Nasution Menggunakan Mobil Toyota Avanza 2014



Gambar 18. Hasil Perbandingan Koefisien Gesek Pada Tekstur Permukaan Jalan Aspal Dan Jalan Beton Menggunakan Mobil Toyota Innova 2010

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah kekasaran tekstur permukaan jalan (IRI) aspal 6,4 dan IRI permukaan tekstur jalan beton 6,7 jadi, IRI jalan beton lebih besar dibandingkan IRI jalan aspal.

Gaya gesek terbesar pada struktur permukaan jalan aspal 5041,66 N dikecepatan 30-40 km/jam

Gaya gesek terbesar pada struktur permukaan jalan beton 6302,08 N dikecepatan 30-40 km/jam.

Gaya gesek pada permukaan jalan beton 31,76 % > dari gaya gesek pada permukaan jalan aspal.

REFERENSI

- Sudarno, L. Fadhilah, A. Afif, S. Nurobingatun, H. Hariyadi, A. Mufid (2018). Analisa Tebal Perkerasan Jalan Raya Magelangpurworejo km 8 sampai km 9 Menggunakan Metode Bina Marga 1987, *RiCE*, vol.02, no.1, 2018, pp. 41-46.
- M.Nuh Hudawi P., Analisa Koefisien Grip Mobil Terhadap Karakter Struktur Permukaan Jalan, *READY STAR*, vol. 1, 2018, pp. 138-145.
- M.Nuh Hudawi P, Analisa Koefisien Grip Antara Ban Dan Permukaan Jalan, *Tesis*, Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik, USU, 2017.
- A.Ufriandi, Analisa Tingkat Keausan Terhadap Pemakaian Ban Merk A, B dan C Menggunakan Ban Standar 90/90-14 46P, *SURYA TEKNIK*, vol. 8, no.1, 2021, pp. 282-288.
- I. Wahyu A., Penerapan Gaya Gesek Pada Kehidupan Manusia, *INKUIRI*, vol.10, No.1, 2021, pp. 67-70.
- H. Susilo, S. Dwi H., Analisa Kerusakan Jalan Beton Pada Ruas Jalan Desa Badurame-Geger Kecamatan Turi, *CIVILLA*, Vol. 2 No. 1, 2017, pp. 1-8.
- T. Yuono, Evaluasi Kuat Tekan Jalan Beton Yang Pola Pembangunannya Dengan pemberdayaan Masyarakat, *Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur*, Vol. 21, No. 25, 2017, pp,1-5.
- A.Tacena, Y. Nerli, Florentina, A. Lein, N. Idur, H. Doa, Analisa Koefisien Gesek Statis Benda Pada Bidang Miring Menggunakan Aplikasi Vidio Taccker, *Jurnal Luminous Riset Ilmiah Pendidikan Fisika* Vol. 2, No. 2, 2021, pp., 7-10.
- Y. Tiandho, Miskonsepsi Gaya Gesek Pada Mahasiswa, *JPFK*, Vol. 4 No. 1, 2018, pp. 1-9.
- M. Zuhdi, Supriyadi, Desain Dan Pembuatan Alat Uji Koefisien Gesek Berdasarkan Sudut Kemiringan Bidang Longsor, *J. Pijar MIPA*, Vol.14, No. 3, 2019, pp. 192-196.
- P. Hariati W., Hidayati, Eksperimen Gaya Gesek Untuk Menguji Nilai Koefisien Gesekan Statis Kayu Pada kayu dengan program matlab, *Science Tech*, Vol. 3, No. 2, 2017, pp. 121-126.
- D.Kurnia S., A. Setyawan, Suryoto, Analisis Kondisi Fungsional Jalan Dengan Metode Psi Serta Prediksi Sisa Umur Perkerasan Jalan, *e- jurnal MATRIK Tekni Sipil*, 2018, pp. 120-132.
- A.Pembuain, S. Priyanto, L. Budi., Evaluasi Kemantapan Permukaan Jalan Berdasarkan International Roughness Index Pada 14 Ruas Jalan di Kota Yogyakarta, *TEKNIK*, Vol. 39 no. 2, 2018, pp. 126-131.
- I. Manurung, Pengaruh Perletakan Roughness Sensor Pada Evaluasi Ketidakrataan Jalan Menggunakan Roughometer III, *skripsi*, Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik , USU, 2019.
- F.Andriani, S. Suryanti B., W. Rande, Y. Melci J. R. Barry A., Analisa Koefisien Gesek Kinetis Benda Miring Menggunakan Video Tracker, *OPTIKA*, Vol. 5 no 1, 2021, pp. 74-83.
- C. Amirudin, R. B. Astro, D.H. Mufida, S. Humairo, S. Viridi, Pengaruh Luas Permukaan Benda Terhadap Koefisien Gesek Statis Dan Kinetis Pada Bidang Miring Menggunakan Video Tracker, (*E-Journal*) *SNF*, Vol. VII, 2018, pp. 91-97.
- M. Nuh Hudawi P., Analisa Koefisien Gesek Kinetis Terhadap Struktur Permukaan Jalan Akibat Beban Dinamik Mobil, *TALENDA*, vol I, 2018.
- M. Nuh Hudawi P., Analisa Koefisien Gesek Ban Mobil Terhadap STRuktur Permukaan Jalan., *ADTS SAINTECH*, Vol 3, 2022, pp 71-81.