

ANALISIS KETAHANAN UMUR PEMAKAIAN BAN PADA MOBIL PENUMPANG JENIS SEDANTYPE F30 DENGAN MESIN BERKAPASITAS 1998CC

Dedy Krisbianto, S.T., M.T.¹, Arianto Herbang Silalahi²

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Krisnadwipayana
Jl. Raya Jatiwaringin, Pondok Gede, Jakarta Timur, Jakarta 13077

ABSTRACT

Tires are an important part of a vehicle whose function is to reduce vibrations caused by poor road surface contours, providing stability between vehicles and road surfaces to increase acceleration and facilitate movement. Road surface texture is an important factor in providing safety and comfort for road users. One of the factors influencing the wear of tires on F30 type sedans with 1998cc engines is the thickness of the grooves and the treadwear indicator. The theoretical calculations made in research on tire use are done by correlating between the average speed of the vehicle, the load on the rear wheels, and the road surface to the centrifugal force, traction, and rolling resistance of the tire with a load of 2 passengers resulting in centrifugal force on tires 372, 21 kN, traction 1034.92 kN, and rolling resistance 17.59 kN. Tests performed on three different tire brands show that the faster the driving speed, the faster the tire flow erodes, the tire flow indicator or treadwear will decrease by 0.0041 mm to 0.0048 mm per hour. This proves that the test of this theoretical calculation can be a reference in average driving speed.

Keywords: Tires, Centrifugal Force, Attraction, Rolling Resistance, treadwear indicator

1. PENDAHULUAN

Ban adalah bagian penting dari suatu kendaraan yang berfungsi untuk mengurangi getaran yang disebabkan kontur permukaan jalan yang buruk, memberikan kestabilan antara kendaraan dengan permukaan jalan untuk meningkatkan percepatan dan mempermudah pergerakan. Penemuan penting dari sebelum abad ke 18 ini telah mengantarkan pada suatu penemuan yang efektif dalam memecahkan berbagai macam persoalan terutama dalam dunia otomotif. Ban merupakan unsur keselamatan yang sangat penting bagi kendaraan, namun juga dapat menjadi unsur kecelakaan yang sering terjadi di jalan. Jenis dari permukaan sangat menentukan gaya gesek yang terjadi pada permukaan yang kasar akan mengalami friction yang lebih besar daripada permukaan yang halus⁶. Gaya gesek dapat dinyatakan sebagai mekanisme gesekan antar dua permukaan bersentuhan, yang menimbulkan suatu Gaya yang bekerja antara atom permukaan benda satu terhadap permukaan bendalainnya⁴. Hal ini selalu timbul meskipun pada permukaan yang stationary (diam), tapi sangat kelihatan ketika salah satu permukaan saling bergesekan satu sama lain. Jenis dari permukaan sangat menentukan Gaya gesek yang terjadi pada permukaan yang kasar dapat mengalami friction yang lebih besar dari pada permukaan yang halus. Ketika friction dalam

bentuk Gaya yang saling berlawanan, maka friction dapat dikelompokkan menjadi 5 jenis, yaitu static, limiting, rolling, dan fluid. Dari 5 jenis diatas yang sering terjadi pada part kendaraan bermotor adalah sliding, rolling, dan fluid friction⁴.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gaya Gesek (Friction)

Gaya gesek dapat dinyatakan sebagai mekanisme gesekan antar dua permukaan bersentuhan, yang menimbulkan suatu Gaya yang bekerja antara atom permukaan benda satu terhadap permukaan benda lainnya⁵. Hal ini selalu timbul meskipun pada permukaan yang stationary (diam), tapi sangat kelihatan ketika salah satu permukaan saling bergesekan satu sama lain. Jenis dari permukaan sangat menentukan Gaya gesek yang terjadi pada permukaan yang kasar dapat mengalami friction yang lebih besar dari pada permukaan yang halus. Ketika friction dalam bentuk Gaya yang saling berlawanan, maka friction dapat dikelompokkan menjadi 5 jenis, yaitu static, limiting, rolling, dan fluid. Dari 5 jenis di atas yang sering terjadi pada part kendaraan bermotor adalah sliding, rolling, dan fluid friction⁵.

a. Static Friction

Static friction merupakan friction yang mempertahankan sesuatu untuk tetap dalam keadaan stationary (diam). Ketika sebuah partikel berada di level permukaan, maka initerjadi karena adanya static friction. Dengan begitu tidak ada sesuatu yang dapat selalutetap pada posisinya.

b. Limiting Friction

Jika sebuah Gaya secara bertahap bertambah ketika terjadi gesekan antara dua permukaan yang saling bergesekan maka friction juga bertambah dan membatasi pergerakan. Pada titik tertentu dapat tercapai titik dimana friction tidak dapat lagi menjaga permukaan dari sliding. Friction pada titik ini disebut sebagai limiting friction.

c. Sliding Friction

Sliding friction adalah tahanan yang timbul pada pergerakan/perputaran ketika pada dua permukaan meluncur satu sama lain. Sliding friction lebih kecil dari limiting friction karena hanya memerlukan force yang kecil untuk mencegah sliding dari pada waktu pertama memulai mendorong atau menggerakkan sesuatu, cobalah dengan cara mendorong sesuatu yang berat sepanjang lantai atau melewati atas dari sebuah meja. Sliding friction timbul ketika sebuah shaft berputar pada plain bearing atau ketika sebuah bidang meluncur satu sama lain

d. Rolling Friction

Ketika sebuah permukaan dibatasi dengan roller atau ball maka tidak terjadi slide tetapi yang terjadi adalah saling bergerak. Friction yang terjadi antara permukaan dan ball disebut sebagai rolling friction dan ini lebih kecil dari sliding friction. Ball dan roller bearing digunakan untuk mengurangi friction, maka untuk alasan inilah ball dan roller bearing termasuk anti friction bearings.

e. Fluid Friction

Fluid juga mempunyai friction tetapi berbeda dengan jenis-jenis friction yang telah dibahas diatas. Jika dua permukaan yang saling bergesekan dibatasi dengan lapisan oli, maka friction sangat berkurang walaupun masih tetap ada friction yang terjadi. Friction tidak lagi terjadi antara

permukaan yang saling bergesekan tetapi terjadi pada lapisan diantara dua permukaan tersebut. Fluida dapat berupa cairan atau gas, cairan mempunyai friction yang lebih besar dari pada gas. Friction yang terjadi pada fluida disebabkan oleh molekul oli pada setiap lapisan oli saling tarik menarik satu sama lain. Oli cenderung selalu menempel pada permukaan, maka lapisan oli mempunyai kecepatan yang berbeda pada setiap lapisan oli tetap yang tertutup pada permukaan yang tidak bergerak.

Ban adalah bagian penting dari sebuah kendaraan merupakan peranti yang menutupi velg pada roda dan digunakan untuk melindungi roda dari aus dan kerusakan, mengurangi getaran yang disebabkan permukaan jalan yang tidak teratur, serta memberikan kesetabilan antara kendaraan dan tanah untuk meningkatkan percepatan dan mempermudah pergerakan. Ban berfungsi untuk memikul beban dari kendaraan dan meredam kejutan-kejutan yang disebabkan oleh keadaan permukaan jalan³. Ban adalah material komposit, biasanya dari karet alam / karet isoprena yang digunakan untuk ban truk dan ban mobil penumpang seperti pada sabuk tapak, sidewall, carcass ply, dan inner liner. Serbuk-serbuk ban bekas adalah suatu jaringan tiga dimensi atau suatu produk ikatan silang dari karet alam dan karet sintetis diperkuat dengan carbon black yang menyerap minyak yang tidak kental dari semen aspal selama reaksi yang dapat mengalami pengembangan (Swelling) dan pelunakan (Softening) dari serbuk ban bekas⁹. Ban terdiri dari bahan karet atau polimer yang sangat kuat diperkuat dengan serat-serat sintetis dan baja yang sangat kuat yang dapat menghasilkan suatu bahan yang mempunyai sifat-sifat unik seperti kekuatan tarik yang sangat kuat, fleksibel, ketahanan pergeseran yang tinggi⁹.

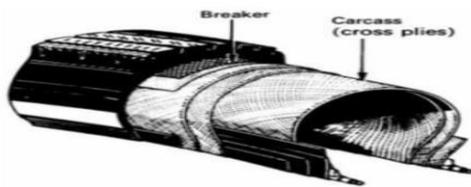
2.2 Jenis-jenis ban

Berdasarkan konstruksi ban, dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu ban bias, radial, dan belted. Perbedaan Konstruksi yang dimaksud adalah berdasarkan pada arah benang lawon. Benang lawon yang telah ditunen dan merupakan

lembaran kain untuk lapisan ban disebut ply. Sedangkan lembaran ply yang telah tersusun pada konstruksi ban disebut carcass³.

1. Ban bias

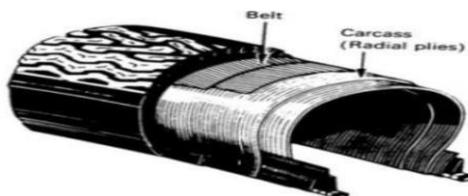
Ban bias adalah ban luar yang benang kanvasnya disusun berselangse cara diagonal terhadap pada garis lingkaran tengah telapak. Arah benang lawon membentuk sudut 25° - 40° terhadap garis tengah pada telapak.



Gambar 2.1 Kontruksi ban bias³

2. Ban Radial

Pada ban radial, benang lawon atau kawat baja yang ditenun untuk ply tersusun melingkar. Arah benang kawat baja tersebut dapat membentuk sudut 90° dengan garis tengah pada telapak ban³. Kontruksi ban radial, biasanya dilengkapi sabuk (belt) beberapa lapis untuk memperkuat telapak. Sabuk tersebut berfungsi agar telapak ban dapat rata menyentuh jalan sehingga keausannya merata.



Gambar 2.2 Kontruksi ban radial³

3. Ban Belted

Disebut ban betled karena mempunyai sabuk (belt) yang terbuat dari benang atau kawat baja. Jenis ban ini dibedakan menjadi dua, yaitu ban bias belted dan ban radial belted. Keduanya menggunakan sabuk, perbedaannya terdapat pada

kontruksi ply. Arah benang lawonya yang pada ply untuk ban bias belted tersusun miring (bias) dan membentuk sudut 25° - 40° . Sedangkan pada radial belted tersusun melingkar dan membentuk sudut 90° ³.

2.3 Konstruksi dan struktur ban

Ban tersusun atas empat bagian utama: carcass, tread breaker, dan bead. Atau pula dapat dibagi menjadi bagian yang mempunyai fungsi utamasebagai berikut: crown, shoulder, sidewall, dan bead. Kontruksi ban adalah sebagai berikut³:

- a. Casing / kanvas (carcass)
Berfungsi menahan tekanan angin yang tinggi. Untuk ban mobil penunjang casing terbuat dari nylon, polyters atau rayon sedangkan untuk ban truk dan buster terbuat dari nylon (bias) dan baja (radial).
- b. Telapak (tread)
Merupakan bagian ban yang bersentuhan dengan permukaan jalan. Berfungsi untuk melindungi casing keausan atau kerusakan luar.
- c. Dinding samping (side wall)
Merupakan lapisan karet yang melindungi casing dari kerusakan luar.
- d. Breaker dan sabuk (belt)
Sabuk terletak di bawah telapak, pada ban radial biasanya dari baja yang berfungsi membuat stabil telapak ban dan daya penyetiran yang baik serta umur pakai yang lama. Sedangkan breaker untuk ban bias untuk meredam kejutan.
- e. Bead
Berfungsi mencegah ban terlepas dari velg pada saat diisi oleh angin dan terbebani.
- f. Inner liner
Terdapat pada ban tubeless yang berfungsi sebagai pengganti ban dalam.

2.4 Treadwear Indicator

Treadwear indicator adalah tanda atau ciri fisik yang terletak tepat diantara kedua sisi bunga ban². Diperkuat dengan garis tebal yang melintang diantara kedua sisi ban yang mengindikasikan kondisi penggunaan ban. Apabila

ketebalan ban menyentuh garis tersebut, maka ban harus diganti. Bahaya yang diterima bila ketebalan sudah menyentuh garis tersebut pada saat hujan, maka ban mengalami aqua planning (mengambang) dan sangat berbahaya bagi pengguna kendaraan tersebut.

Gambar 2.3 Konstruksi ban 3



Gambar 2.4 Treadwear Indicator

2.5 Sistem Kode Spesifikasi Ban

Ban mempunyai ukuran yang telah baku sebagaimana disepakati oleh berbagai pabrikan ban. Sistem kode spesifikasi ban terdapat pada side wall.



Gambar 2.5. Sistem Kode Spesifikasi Ban

Keterangan:

Lebar ban dalam inch (ban bias) atau mm (ban radial).

Flatness atau kedataran permukaan ban.

Jenis ban yang digunakan.

Diameter velg pada ban.

Tabel 2.1. Kecepatan Maksimum Yang

Kode alphabet	Kecepatan maks. KM/jam	Kode alphabet	Kecepatan maks. KM/jam
K	110	S	180
L	120	T	190
M	130	U	200
N	140	H	210
P	150	V	240
Q	160	W	270
R	170	Y	300

Diizinkan Ban

Tabel 2.2 Index Beban Maksimum Ban Yang

Load Index	Kg	Load Index	Kg	Load Index	Kg
65	290	80	450	95	690
66	300	81	462	96	710
67	307	82	475	97	730
68	215	83	487	98	750
69	325	84	500	99	775
70	335	85	515	100	800
71	345	86	530	101	825
72	355	87	545	102	850
73	365	88	560	103	875
74	375	89	580	104	900
75	387	90	600	105	925
76	400	91	615	106	950
77	412	92	630	107	975
78	425	93	650	108	1000
79	437	94	670		

Diizinkan

Untuk kode pemakaian ban depan atau ban belakang biasanya di tulis dengan huruf(alphabet) kode "F" front berarti ban tersebut untuk ban depan sedangkan "R" rear ban tersebut untuk ban belakang. Kode compound ban ditulis dengan kode huruf, yang menunjukkan ban itu mempunyai compound yang lunak sampai yang keras.

Kode "S" = Soft (compound lunak) Kode

"M" = Medium (compound sedang)

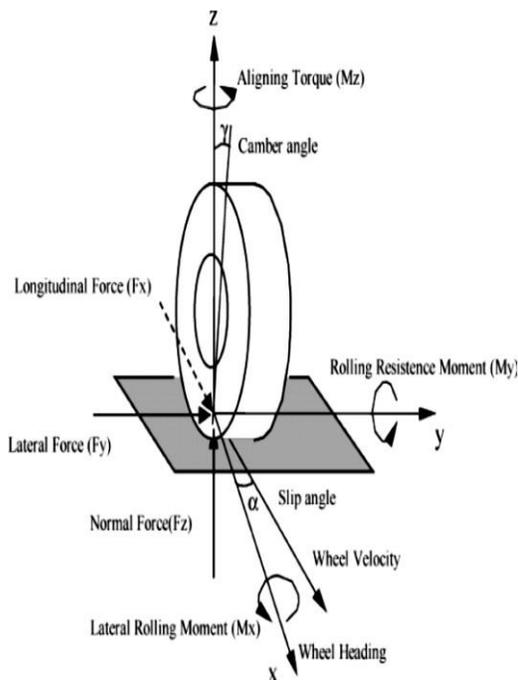
Kode “H” = Hard (compound keras)

Jadi kode M/C = Medium Compound atau compound ban sedang

Arah rotasi atau perputaran ban ditunjukkan dengan tanda panah, pemasangan ban harus sesuai dengan arah panah hal ini karena arah kembangan ban dapat sempurna menempel pada aspal, atau mengalirkan air pada jalan basah serta mendapatkan grip yang baik. Jika pemasangan terbalik ban tidak dapat menempel pada jalan dan traksinya kurang baik, sehingga ban terasa lebih licin yang bisa membahayakan pengendara.

Gaya-gaya pada ban

Pada saat kendaraan berjalan lurus, ban kemungkinan hanya menerima Gaya vertikal momen torsi, dan Gaya longitudinal akibat pengereman atau percepatan. Ban dapat



mengalami berbagai Gaya dan momen pada saat kendaraan berbelok. Pada saat kendaraan berbelok, ban mengalami Gaya ke samping yang dapat mengakibatkan arah gerak ban menjadi berubah sebesar sudut slip. Pada Gambar 2.6 ditunjukkan Gaya momen yang bekerja pada ban, termasuk juga sudut slip (α).

Gambar 2.6. Gaya Yang Bekerja Pada Ban

Ban bekerja berdasarkan tiga Gaya, yaitu: Gaya normal atau vertikal (F_z), Gaya longitudinal (F_x) dan gaya lateral (F_y). Gaya vertikal (F_z) diakibatkan oleh Gaya berat kendaraan dan momen inersia yang mengarah ke arah vertikal. Gaya longitudinal (F_x) diakibatkan oleh gaya inersia percepatan atau pengereman dan juga mungkin diakibatkan oleh komponen longitudinal dari gaya centrifugal kendaraan. Gaya lateral (F_y) disebabkan oleh gaya centrifugal kendaraan. Disamping itu karena umumnya rodanya mempunyai sudut camber (γ), maka terjadi dorongan camber ke arah samping (F_{yy}). Gaya lain yang dapat mengakibatkan Gaya pada ban adalah Gaya angin dan Gaya tahanan bergelinding (rolling resistance). Tiga momen juga bekerja pada ban, yaitu momen terhadap sumbu vertikal disebut aligning torque (M_{At}), momen terhadap sumbu longitudinal ban yang disebut momen rolling (M_{Rt}) dan momen terhadap sumbu lateral yang disebut momen tahanan rolling (M_{RR}). Momen terhadap sumbu lateral juga dapat berupa momen pengereman dan juga berupa momen percepatan. Aligning torque terjadi karena pada saat ban berputar dan berbelok, Gaya reaksi dari jalan terhadap ban dapat berada di luar sumbu z dengan jarak t_p yang disebut pneumatic trail. Torsi yang disebabkan oleh Gaya reaksi lateral disebut jarak t terhadap sumbu z adalah aligning torque.

Apabila suatu keadaan bergerak dengan kecepatan tetap V pada bidang datar atau miring dengan lintasan berbentuk suatu lengkung seperti lingkaran, maka pada kendaraan tersebut bekerja Gaya kecepatan V dan Gaya sentrifugal F_4 . Gaya sentrifugal mendorong kendaraan secara radial keluar dari lajur jalannya, berarah tegak lurus terhadap Gaya kecepatan V . Gaya ini menimbulkan rasa tidak nyaman pada si pengemudi. Gaya sentrifugal (F) yang terjadi adalah:

$$F = m \cdot a \text{ (N) (Daftar Pustaka 13, hal 62) Atau}$$

$$F_c = M \times \frac{v^2}{R} \text{ (kN)} \text{ (Daftar Pustaka 13, hal 62)}$$

Dimana:

M = Massa (kg)
 a = Percepatan sentrifugal(m/s²)
 V = Kecepatan kendaraan (m/s)
 R = Jari-jari lengkung lintasan (m)

Untuk dapat mempertahankan kendaraan tersebut tetap pada sumbu lajur jalannya, maka perlu adanya Gaya yang dapat mengimbangi Gaya tersebut sehingga terjadi suatu keseimbangan. Gaya gesekan melintang (Fs) adalah besarnya gesekan yang timbul antara ban dan permukaan jalan dalam arah melintang jalan yang berfungsi untuk mengimbangi Gaya sentrifugal. Perbandingan antara Gaya gesek melintang dan Gaya normal yang bekerja disebut koefisien gesekmelintang.

Kemiringan melintang permukaan pada lengkung horizontal (superelevasi) Komponen berat kendaraan untuk mengimbangi Gaya sentrifugal diperoleh dengan membuat kemiringan melintang jalan. Kemiringan melintang jalan pada lengkung horizontal yang bertujuan untuk memperoleh komponen berat kendaraan guna mengimbangi Gaya sentrifugal biasanya disebut superelevasi. Semakin besar superelevasi semakin besar pula komponen berat kendaraan yang diperoleh. Gaya longitudinal (Fx) dihasilkan oleh rumus berikut.

$$F_x = F_z \times \mu = m \times g \times \mu \text{ (Daftar Pustaka 12, hal 66)}$$

Dimana:

F_x = Gaya Longitudinal / Traksi (N)
 F_z = Gaya Sentrifugal (N)
 μ = Koefisien gesek
 m = Massa (kg)
 g = Gaya Gravitasi (9,8)

Kondisi jalan berpengaruh terhadap umur pakai ban, salah satu parameternya adalah tahanan gulir. Tahanan gulir (rolling resistance) adalah segala gaya-gaya luar (external forces) yang berlawanan dengan arah gerak kendaraan yang berjalan di atas jalur jalan atau permukaan tanah.

Rolling resistance tergantung pada kekerasan dan kemulusan permukaan jalan. Semakin keras dan mulus atau rata jalan semakin kecil. Untuk ban karet, tekanan dan keadaan permukaan ban yang terkena pengaruh, baik ban baru ataupun lama, hingga jenis kembangan pada ban tersebut.

Koefisien tahanan gelinding ditentukan oleh persamaan berikut

$$F_{rr} = C_{rr} \times F_z = C_{rr} \times m \times g \text{ (Pustaka 9, hal 52)}$$

Dimana:

F_{rr} = gaya tahanan gelinding
 C_{rr} = koefisien gesekan gelinding (CRF)
 F_z = Gaya Normal (kN).
 m = Massa (kg)
 g = Gaya Gravitasi (9,8)

C_{rr} adalah gaya yang diperlukan untuk mendorong (atau menarik) kendaraan beroda ke depan (dengan kecepatan konstan di permukaan datar, atau kemiringan nol, dengan hambatan udara nol) per satuan gaya berat.

Berdasarkan rumus yang sudah diperoleh, untuk penentuan koefisien gesek dan rolling resistance ditentukan berdasarkan tabel berikut.

Tabel 2.3 Koefisien Gesek dan Rolling Resistance Berdasarkan Kondisi Jalan

No.	Road Type	Friction Coefficient (μ)	Rolling Resistance Coefficient (C_r)
1	Dry asphalt/concrete	1,00	0,014
2	Wet asphalt	0,70	0,017
3	Dry earth road	0,65	0,050
4	Wet earth road	0,55	0,080
5	Gravel	0,60	0,020
6	Sand	0,60	0,300
7	Hard-packed snow	0,15	0,016
8	Ice	0,08	0,014

3. METODE PENELITIAN

Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam pengukuran ini adalah variabel bebas dan variabel terikat

Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang nilainya bebas ditentukan oleh peneliti. Variabel yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah variasi kecepatan berkendara, bobot tumpuan pada ban belakang, dan kondisi permukaan jalan (kering dan basah) pada mobil penumpang jenis sedan tipe F30 dengan mesin berkapasitas 1998cc.

Variabel Terikat

Variabel terikat yaitu variabel yang faktornya diamati dan diukur untuk menentukan pengaruh

yang disebabkan oleh variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai gaya traksi ban belakang pada mobil penumpang jenis sedan tipe F30 dengan mesin berkapasitas 1998cc.

Gambar 3.1 Langkah-langkah penelitian



Prosedur Penelitian

Berikut ini adalah prosedur yang digunakan dalam penelitian ini:

Metode Pengujian

Metode Pengujian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu suatu metode untuk mencari hubungan sebab akibat antara dua faktor yang berpengaruh. Eksperimen dilaksanakan dengan kondisi dan peralatan yang diselesaikan guna memperoleh data tentang pengaruh kecepatan berkendara terhadap nilai gesekan (friction) ban belakang pada mobil penumpang jenis sedan tipe F30 dengan mesin berkapasitas 1998cc merek dagang BMW.

Pengukuran treadwear indicator menggunakan tyre tread depth untuk mengetahui kedalaman alur ban. Pengukuran dilakukan oleh mekanik di

bengkel dengan standar proses yang digunakan. Berikut adalah ilustrasi dari tyre tread depth dan pengukuran kedalaman alur.



Gambar 3.2 Tyre Tread Depth dan Pengukuran Kedalaman Alur Ban

Gambar 3.3 Sampel Material dan Pengukuran

Tabel 3.1 Komposisi material ban 1

Komposisi	Ukuran Formula
NR	100
N550	53
Zinc Oxide	5
Stearic Acid	2
Anioxidant	2
Antiozonant	1
Sulphur	2,5
Accelerator	1,5
Retarder	0,4
TOTAL	163.0

Kedalaman Alur Ban

Berikut adalah komposisi material ban dan sifat fisik dari ban yang umum digunakan:

Tabel 3.2 Sifat fisik ban 1

Pengujian	Ukuran	Satuan
<i>Hardness</i>	69	
<i>Rebound Resiience</i>	51,2	
<i>Density</i>	1,145	g cm ⁻³
<i>Tensile Strength</i>	16,5	MPa
<i>Elongation at break</i>	289	%
<i>S200</i>	12,4	MPa
<i>S300</i>		
<i>Tear Strength</i>	15,9	N mm ⁻¹
<i>Heat Build Up</i>	16	C
<i>Heat Build Up Set</i>	2	%

Langkah Pengujian

Langkah pengujian eksperimental mekanisme pengujian nilai gaya gesek (friction) ban belakang pada mobil penumpang jenis sedan tipe F30 dengan mesin berkapasitas 1998cc merek dagang BMW:

Pasang ban merek dagang Bridgestone, Pirelli dan Continental dengan ukuran 245/45 R18.

Isi tekanan udara ban dengan tekanan udara 28-32 Psi

Operasikan mobil dengan mesin berkapasitas 1998cc merek dagang BMW dengan kecepatan 30 km/jam

Ukur dan catat treadwear indicator menggunakan tyre Tread Depth untuk mengukur kedalaman alur ban.

Ulangi langkah 3 dan langkah 4 diatas pada variasi kecepatan 40 km/jam dan 50 km/jam.

4 . PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Pengujian

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan sifat-sifat mekanik yaitu koefisien

gesek yang terjadi antara roda dengan jalan dan Gaya gesek (friction) mobil penumpang jenis sedan tipe F30 dengan mesin berkapasitas 1998cc merek dagang BMW. Selanjutnya data yang didapatkan dilakukan perhitungan sebagai berikut:

A. Pengujian

Pengujian yang dilakukan difokuskan untuk roda ban belakang pada mobil penumpang jenis sedan tipe F30 dengan mesin berkapasitas 1998cc merek dagang BMW.

B. Kecepatan berkendara

Gaya gesek yang terjadi pada ban belakang mobil penumpang jenis sedan tipe F30 dengan mesin berkapasitas 1998cc merek dagang BMW dicari dengan memvariasikan kecepatan berkendara yaitu dengan variasi kecepatan 30 km/jam, 40 km/jam, dan 50 km/jam.

C. Massa tumpu roda

Massa tumpu roda didapatkan dengan menghitung beban yang menumpu pada setiap roda. Tabel 4.1 dibawah ini menunjukkan massa tumpu yang ditimpapada roda belakang dengan beban kosong dan beban penumpang 2 orang.

Tabel 4.1. Beban Tumpu Roda

No	Kecepatan Berkendara (m/s)	Massa Tumpu Roda (kg)		
		Beban Kosong	Beban 2 Penumpang	Beban Maksimal
1	8,33	300	410	490
2	13,89	300	410	490
3	22,22	300	410	490

D. Gaya Sentrifugal (Fc)

Gaya sentrifugal yang diperoleh dengan variasi kecepatan rencana berkendara 30 km/jam, 40

km/jam, dan 50 km/jam berdasarkan beban tumpuan dengan perhitungan sebagai berikut:

Contoh perhitungan koefisien gesek dengan kecepatan rencana 30 km/jam:

$$F_c = M \times \frac{v^2}{R}$$

Dimana nilai V adalah

$$30 \text{ km/jam} = 8,33 \text{ m/s}$$

$$40 \text{ km/jam} = 11,11 \text{ m/s}$$

$$50 \text{ km/jam} = 13,89 \text{ m/s}$$

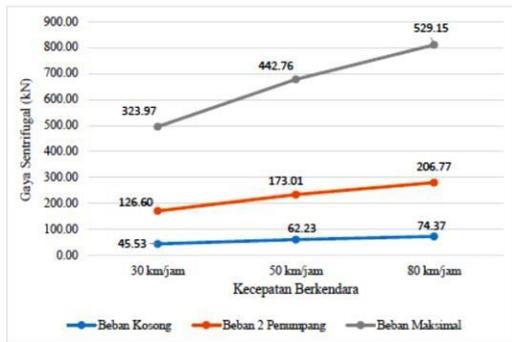
Sementara itu, nilai R diperoleh dari jari-jari roda yaitu 18 inch atau sama dengan 0,4572 m.

Maka dihasilkan perhitungan sebagai berikut:

Untuk perhitungan gaya sentrifugal dengan kecepatan berkendara rencana 40 km/jam dan 50 km/jam didapatkan hasil seperti pada tabel 4.2 di bawah ini:

Tabel 4.2. Hasil Perhitungan gaya sentrifugal pada Ban Belakang

No	Kecepatan Berkendara (m/s)	Massa Tumpu Roda (kg)			Gaya Sentrifugal (kN)		
		Beban Kosong	Beban 2 Penumpang	Beban Maksimal	Beban Kosong	Beban 2 Penumpang	Beban Maksimal
1	8,33	300	410	490	45,53	62,22	74,36
2	13,89	300	410	490	126,59	173,01	206,77
3	22,22	300	410	490	323,967	442,754	529,146



Gambar 4.1 Gaya Sentrifugal (Fc) pada roda belakang

Berdasarkan tabel dan grafik di atas, semakin tinggi kecepatan berkendara maka semakin besar gaya sentrifugal yang dihasilkan. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai gaya sentrifugal pada kecepatan 50 km/jam dengan beban 2 penumpang untuk roda belakang adalah sebesar 1034,92 kN.

E. Gaya Traksi

Gaya Traksi antara ban dan jalan didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut: Contoh perhitungan Gaya traksi dengan kecepatan rencana 30 km/jam pada ban belakang dengan beban kosong dengan kondisi permukaan aspal kering dimana μ diperoleh pada tabel 2.3 adalah sebagai berikut:

$$F_x = F_z \times \mu$$

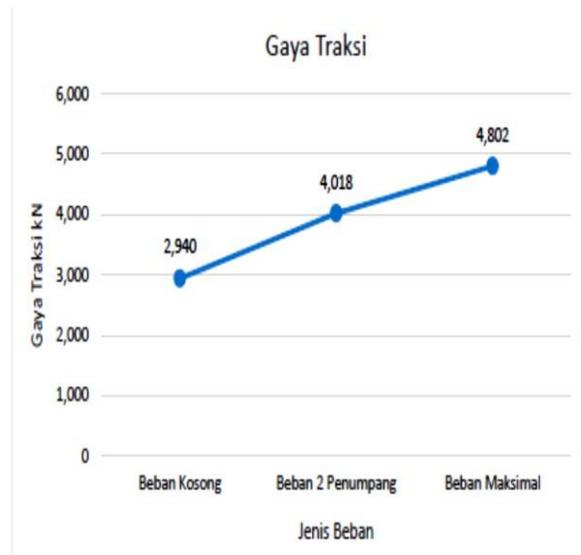
$$F_x = 300 \text{ kg} \times 9,8 \times 1$$

$$F_x = 2,940 \text{ kN}$$

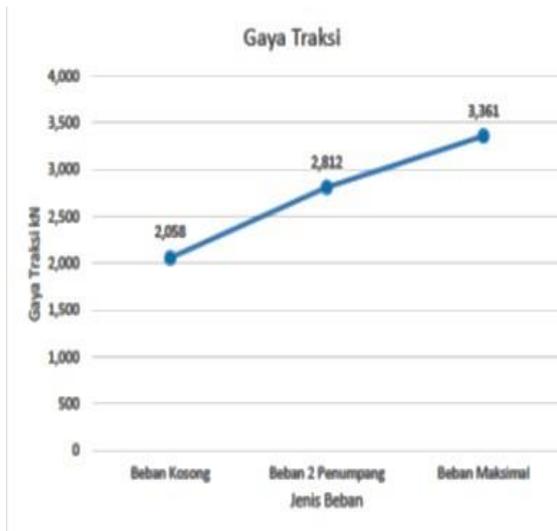
Untuk perhitungan Gaya traksi dengan kecepatan berkendara rencana 40 km/jam dan 50 km/jam pada ban belakang didapatkan hasil seperti pada tabel 4.3 dibawah ini:

Tabel 4.3. Hasil Perhitungan gayatraksi pada Ban Belakang

No	Gaya Traksi (kN)					
	Beban Kosong		Beban 2 Penumpang		Beban Maksimal	
	Kering	Basah	Kering	Basah	Kering	Basah
1	2,940	2,058	4,018	2,812	4,802	3,361



Gambar 4.2 Gaya Traksi dengan beban tanpa penumpang



Gambar 4.3 Gaya traksi dengan beban 2 penumpang

Berdasarkan hasil perhitungan gayatraksi pada ban belakang untuk beban tanpa penumpang dan dengan beban 2 penumpang secara teoritis menghasilkan semakin tinggi kecepatan berkendara pada permukaan aspal kering, maka semakin besar gaya traksi yang dihasilkan. Permukaan aspal kering memiliki gaya traksi yang lebih besar dibandingkan pada permukaan aspal basah bila tanpa beban penumpang, sedangkan permukaan aspal kering memiliki gaya traksi yang lebih besar dibandingkan pada permukaan aspal kering dengan beban 2 penumpang.

F. Gaya Rolling Resistance

Gaya tahanan bergulir (rolling resistance) antara ban dan jalan dengan perhitungan sebagai berikut: Contoh perhitungan Gaya tahanan bergulir (rolling resistance) dengan kecepatan rencana 30 km/jam pada ban belakang dengan beban kosong dengan kondisi permukaan aspal kering dimana C_{rr} diperoleh pada tabel 2.3 adalah sebagai berikut:

$$F_{TR} = C_{TR} \times F_Z$$

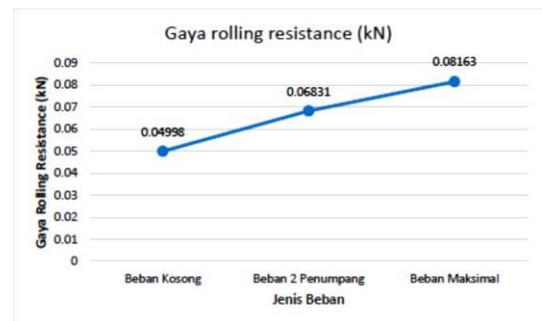
$$F_{TR} = 0,014 \times 300 \text{ kg} \times 9,8$$

$$F_{TR} = 0,04116 \text{ kN}$$

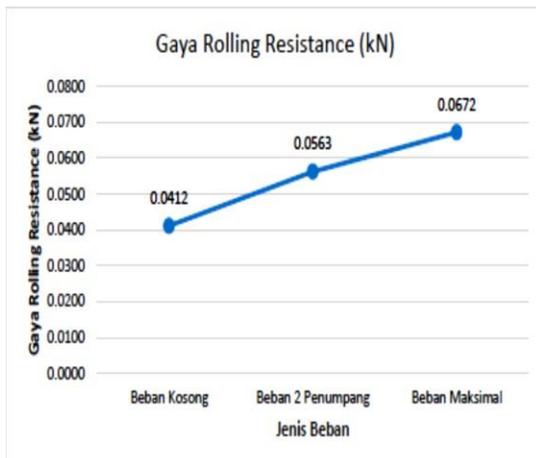
Untuk perhitungan Gaya tahanan bergulir (rolling resistance) dengan bobot beban tanpa penumpang dan dengan beban 2 penumpang, serta kecepatan berkendara rencana 40 km/jam dan 50 km/jam pada ban belakang dengan kondisi permukaan aspal kering dan basah dan didapatkan hasil seperti pada tabel 4.4 dibawah ini:

Tabel 4.4 Gaya tahanan gulir (rolling resistance) pada ban belakang

No	Gaya rolling resistance (kN)					
	Beban Kosong		Beban 2 Penumpang		Beban Maksimal	
	Kering	Basah	Kering	Basah	Kering	Basah
1	0,04116	0,04998	0,05625	0,06831	0,06723	0,08163



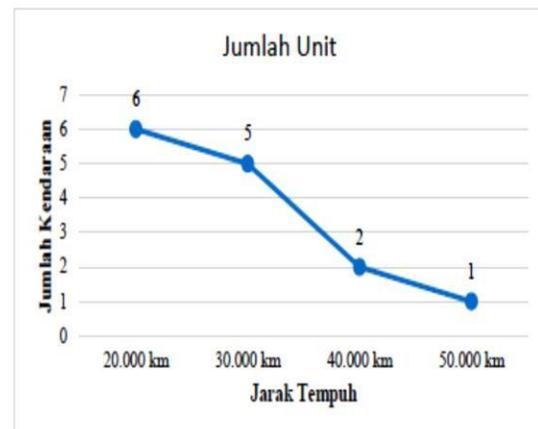
Gambar 4.4 Gaya rolling resistance tanpa beban penumpang



Gambar 4.5 Gaya rolling resistance beban 2 penumpang

Berdasarkan hasil perhitungan gaya rolling resistance pada ban belakang untuk beban tanpa penumpang dan dengan beban 2 penumpang secara teoritis menghasilkan semakin tinggi kecepatan berkendara pada permukaan aspal basah, maka semakin besar gaya rolling resistance yang dihasilkan. Permukaan aspal basah memiliki gaya rolling resistance yang lebih besar dibandingkan pada permukaan aspal kering.

Selanjutnya dilakukan pengujian Tread Wear Indicator (TWI) pada ban belakang dengan merek ban Bridgestone, Pirelli dan Continental tipe 245/45 R18. Pengujian TWI dilakukan untuk mengukur keausan ban belakang pada mobil penumpang jenis sedan tipe F30 dengan mesin berkapasitas 1998cc merek dagang BMW dengan standar ketebalan alur yaitu 3 mm yang ditetapkan oleh dealer sebagai standar penggantian ban yang mengalami keausan. Berdasarkan data yang diperoleh selama tahun 2020 terdapat sejumlah mobil jenis sedan tipe F30 dengan mesin berkapasitas 1998cc merek dagang BMW yang mengalami penggantian ban belakang dengan jarak tempuh yang berbeda-beda sebagai berikut.



Gambar 4.6 Data penggantian Ban Periode Januari 2020 – November 2020

Tabel 4.5 Pengujian alur ban

No	Merek	20.000 km	30.000 km	40.000 km	50.000 km	TOTAL
1	Bridgestone	3	2	1	0	6
2	Pirelli	2	2	1	0	5
3	Continental	1	1	0	1	3
TOTAL		6	5	2	1	14

Berdasarkan tabel di atas, jumlah penggantian ban untuk jarak tempuh 20.000 km adalah sebesar 6 unit atau 42,86% dari total jumlah unit yang melakukan penggantian ban pada tahun 2020. Jarak tempuh tersebut menjadi acuan penelitian mengenai ketebalan alur ban pada 3 merek ban yang akan diuji untuk mengetahui *treadwear indicator* pada setiap merek ban. Adapun hasil dari pengujian ketebalan alur pada kedua merek ban tersebut dengan jarak tempuh yang telah dilalui sebesar 20.000 km untuk merek Bridgestone, 30.000 km untuk merek Pirelli, dan 50.000 km untuk merek Continental adalah sebagai berikut.

Tabel 4.6 Pengujian alur ban

No.	Tipe Ban	Ketebalan Alur (mm)			Rata-rata Alur (mm)	Depresiasi Alur (mm)	Jarak Tempuh (km)	Kecepatan Berkendara (km/jam)	Lama Berkendara (jam)	Laju Keausan (mm/jam)
		Alur 1	Alur 2	Alur 3						
1.	Bridgestone	4,87	5,48	5,12	5,12	1,87	20.000	80	250	0,00740
2.	Pirelli	5,3	5,66	4,93	5,30	1,70	20.000	80	250	0,00681
3.	Continental	5,01	4,92	5,16	5,03	1,97	20.000	80	250	0,00780
4.	Bridgestone	4,36	4,26	3,96	4,18	2,86	10.000	80	125	0,02288
5.	Pirelli	4,88	4,58	3,86	4,07	2,93	10.000	80	125	0,02340
6.	Continental	4,27	4,13	3,89	4,06	2,94	10.000	80	125	0,02352
7.	Bridgestone	3,46	2,94	3,8	3,38	4,62	10.000	80	125	0,03696
8.	Pirelli	3,82	3,88	2,78	3,38	4,12	10.000	80	125	0,03088
9.	Continental	2,7	3,07	3,07	3,08	4,19	10.000	80	125	0,03272

- Rata – rata kedalaman alur Ban Bridgestone dengan alur ban baru yang digunakan 7 mm.

$$\Delta Alur = \frac{Alur1 + Alur2 + Alur3}{\sum Alur}$$

$$\Delta Alur = \frac{4,85 + 5,48 + 5,12}{3}$$

$$\Delta Alur = 5,15 \text{ mm}$$

- Laju keausan ban baru dikurangi rata-rata alur ban yang telah digunakan: $7 \text{ mm} - 5,15 \text{ mm} = 1,85 \text{ mm}$
- Lama berkendara dengan jarak tempuh 20.000 km

$$Lama \text{ Berkendara} = \frac{Jarak \text{ Tempuh}}{Kecepatan \text{ berkendara}} = \frac{20.000 \text{ km}}{80 \text{ km/jam}} = 250 \text{ jam}$$

- Laju keausan ban per jam

$$Laju \text{ Keausan Ban} = \frac{1,85 \text{ mm}}{250 \text{ jam}} = 0,00740 \text{ mm/jam}$$

- Rata – rata kedalaman alur Ban Pirelli dengan alur ban baru yang digunakan 7 mm.

$$\Delta Alur = \frac{Alur1 + Alur2 + Alur3}{\sum Alur}$$

$$\Delta Alur = \frac{5,3 + 5,66 + 4,93}{3}$$

$$\Delta Alur = 5,30 \text{ mm}$$

- Depresiasi Alur ban baru dikurangi rata-rata alur ban yang telah digunakan: $7 \text{ mm} - 5,30 \text{ mm} = 1,70 \text{ mm}$
- Lama berkendara dengan jarak tempuh 20.000 km

$$Lama \text{ Berkendara} = \frac{Jarak \text{ Tempuh}}{Kecepatan \text{ berkendara}} = \frac{20.000 \text{ km}}{80 \text{ km/jam}} = 250 \text{ jam}$$

- Laju keausan ban per jam

$$Laju \text{ Keausan Ban} = \frac{1,70 \text{ mm}}{250 \text{ jam}} = 0,00681 \text{ mm/jam}$$

- Rata – rata kedalaman alur Ban Continental dengan alur ban baru yang digunakan 7 mm.

$$\Delta Alur = \frac{Alur1 + Alur2 + Alur3}{\sum Alur}$$

$$\Delta Alur = \frac{5,01 + 4,92 + 5,16}{3}$$

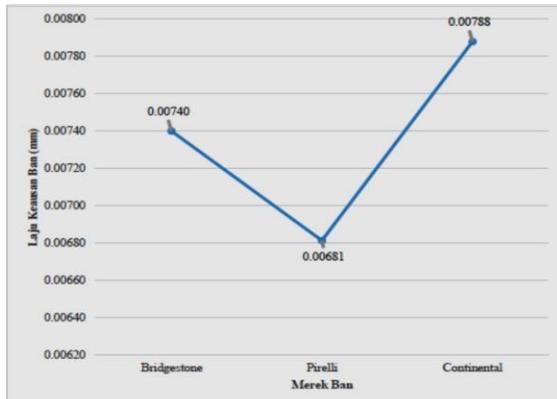
$$\Delta Alur = 5,03 \text{ mm}$$

- Depresiasi Alur ban baru dikurangi rata-rata alur ban yang telah digunakan: $7 \text{ mm} - 5,03 \text{ mm} = 1,97 \text{ mm}$
- Lama berkendara dengan jarak tempuh 20.000 km

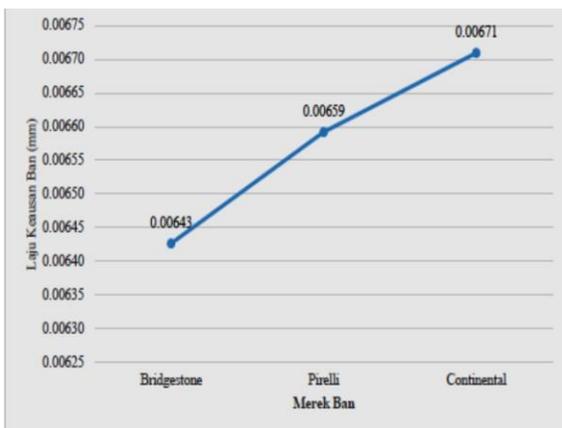
$$Lama \text{ Berkendara} = \frac{Jarak \text{ Tempuh}}{Kecepatan \text{ berkendara}} = \frac{20.000 \text{ km}}{80 \text{ km/jam}} = 250 \text{ jam}$$

- Laju keausan ban per jam

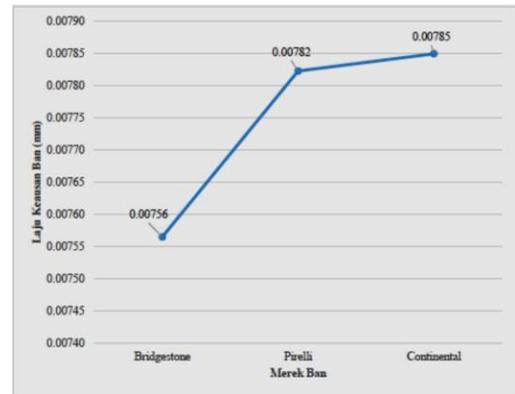
$$\text{Laju Keausan Ban} = \frac{1,97 \text{ mm}}{250 \text{ jam}} = 0,00788 \text{ mm/jam}$$



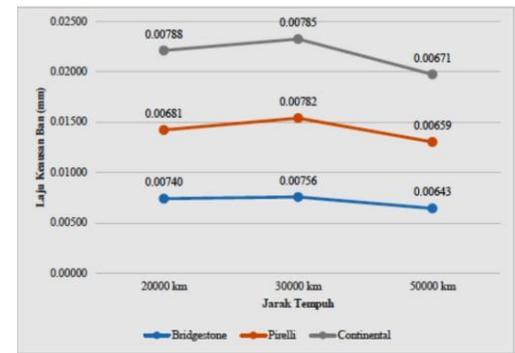
Gambar 4.7 Depresiasi alur ban Bridgestone



Gambar 4.8 Laju Keausan Ban pada 30.000 km



Gambar 4.9 Laju Keausan Ban pada 50.000 km



Gambar 4.10 Perbandingan Laju Keausan Ban

Berdasarkan hasil pengujian terhadap ketiga merek ban, semakin rendah jarak tempuh, maka semakin kecil laju keausan ban per jam. Hal ini dibuktikan dari ketiga ban yang diukur treadwear indicator bahwa semakin lama jarak tempuh, maka laju keausan ban semakin kecil.

4.2. Analisis Pengujian

Dari hasil perhitungan pengujian yang telah dilakukan sebelumnya, selanjutnya dilakukan analisa terhadap data yang telah didapatkan sehingga didapatkan kesimpulan berupa nilai gaya sentrifugal, gaya traksi, gaya rolling resistance, dan kedalaman alur treadwear indicator yang terjadi pada mobil

Semakin berat beban yang diberikan maka semakin besar Gaya sentrifugal, Traksi, dan rolling resistance yang dihasilkan. Hal tersebut ditunjukkan dengan beban maksimal diperoleh persentase sebesar 40,83% untuk Gaya Sentrifugal, Traksi, dan rolling resistance yang terjadi pada ban belakang. Sementara itu, untuk kedalaman treadwear indicator dapat cepat terkikis oleh semakin cepatnya laju berkendara dengan beban maksimal pada roda belakang. Sementara itu, permukaan jalan yang kering memiliki Gaya traksi lebih tinggi dibandingkan permukaan jalan yang basah pada beban tanpa penumpang maupun dengan beban 2 penumpang

Berdasarkan perhitungan yang telah dihitung tersebut, semakin tinggi kecepatan rata-rata kendaraan maka semakin tinggi Gaya yang terjadi pada ban. Begitupun sebaliknya, dimana semakin rendah kecepatan rata-rata kendaraan maka semakin kecil Gaya yang terjadi pada ban. Adapun sebab dari penggantian ban selain dari faktor ketebalan alur dan treadwear indicator ban yang disebabkan oleh Gaya sentrifugal, traksi, dan rolling resistance terhadap pemeriksaan ban menurut Buntarto (2015) diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Ketidaksesuaian ban terhadap velg yang digunakan
2. Pemilik mobil tidak mengetahui indikator keausan pada ban
3. Kurangnya tekanan angin pada ban
4. Kerusakan ban dari sisi visual

5. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dihasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Salah satu faktor yang mempengaruhi keausan ban pada mobil jenis sedan tipe F30 dengan mesin berkapasitas 1998cc adalah ketebalan alur dan treadwear indicator. Adapun faktor lain yang mempengaruhi keausan ban adalah ketidaksesuaian ban terhadap velg, kurangnya pengetahuan pemilik mobil terhadap

treadwear indicator, kurangnya tekanan angin pada ban, dan kerusakan pada sisi luar ban yang mampu dilihat oleh pemilik mobil.

2. Perhitungan teoritis yang dilakukan pada penelitian terhadap keausan ban dilakukan dengan korelasi antara kecepatan rata-rata kendaraan, beban tumpu roda belakang, dan permukaan jalan terhadap Gaya sentrifugal, traksi, dan rolling resistance pada ban. Dengan kecepatan rata-rata berkendara 80 km/jam dengan beban maksimal dihasilkan Gaya sentrifugal pada ban sebesar 529,15 kN. Sementara itu, dengan kecepatan rata-rata berkendara 80 km/jam dengan beban maksimal pada permukaan kering dihasilkan Gaya traksi pada ban sebesar 4,802 kN. Dan selanjutnya, dengan beban maksimal pada permukaan basah dihasilkan Gaya rolling resistance pada ban sebesar 0,08163 kN
3. Pengujian dari hasil yang dilakukan terhadap tiga merek ban berbeda diperoleh bahwa semakin cepat laju berkendara, maka semakin cepat alur ban terkikis.

Hal ini dibuktikan dari ketiga pengujian diperoleh dengan kecepatan rata-rata berkendara 80km/jam, maka alur ban atau treadwear indicator akan berkurang sebanyak 0,0064 mm sampai dengan 0,0078 mm setiap jam. Hal tersebut membuktikan bahwa pengujian terhadap perhitungan teoritis tersebut dapat menjadi acuan dalam kecepatan rata-rata berkendara.

Saran

1. Perlu adanya analisa lebih lanjut mengenai faktor penyebab keausan pada ban, terutama pada mobil jenis sedan tipe F30 dengan mesin berkapasitas 1998cc dengan merek dagang lainnya.
2. Perlu adanya perhitungan teoritis terhadap komposisi material ban untuk dikorelasikan dengan Gaya gesek (friction) dan kecepatan rata-rata berkendara agar perhitungan teoritis tersebut lebih akurat.
3. Perlu adanya pengujian sampel ban dari merek lainnya mengenai keausan ban agar dapat

menjadi acuan konsumen dalam menetapkan produk ban yang unggul terhadap jalan raya pada kota besar di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

1. Almanaf. (2015). Analisis Cacat dan Kegagalan Produk pada Vulkanisir Ban Sistem Dingin (Skripsi). Universitas Riau.
2. Bijarimi, M., Zulkafli, H., Beg, M., D., H. (2010). Mechanical Properties of Industrial Tyre Rubber Compound. *Journal of Applied Sciences*. Pp 1-4. DOI: <https://doi.org/10.3923/jas.2010.1345.1348/>
3. Buntarto. (2015). *Sistem Ban & Roda*. Yogyakarta: Pustaka baru. ISBN: 602-1674-79-0
4. Fauzan, B., M. (2001). *Memilih dan merawat ban mobil*. Jakarta: Puspita swara. ISBN: 979-9386-43-8
5. Ghandour, R., Victorino, A., Doumiati, M., & Charara, A. (2010). Tire / Road Friction Coefficient Estimation Applied To Road Safety. 18th Mediterranean Conference on Control & Automation. 1485–1490.
6. Halliday, D., Resnick, R., Walker, J. (2010). *Fisika Dasar Jilid 1 Edisi 7*. Jakarta: Erlangga. ISBN: 978-6022-417-36-1
7. Jazar, R., N. (2008). *Vehicle dynamics: Theory and applications*, Springer, New York. ISBN: 978-3-319-53441-1
8. Muslih, M., M., Kristianta, F., X., & Arbiantara, H. (2015). Pengaruh Tekanan Udara (Inflation Pressure) pada Ban Tipe Radial Ply terhadap Rolling Resistance. *Jurnal ROTOR*. 8(2).
9. National Research Council. (2006). *Tires and Passenger Vehicle Fuel Economy*. Washington: Transportation Research Board. ISBN: 0-309- 09421-6
10. Rusmardi. (2008). *Analisis Percobaan Gesekan (Friction) Untuk Pengembangan Teknologi Pengereman Pada Kendaraan*

Bermotor. *Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa*. 3(2), pp.81–89.

11. Sukirman, Silvia. (1999). *Dasar – Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Bandung: Nova. ISBN: 979-95847-0-1

12. Sutantra, I., Nyoman (2010). *Teknologi Otomotif: Jilid 2*. Yogyakarta: Guna Widya. ISBN: 979-5450-52-2

13. Warith, M., A., & Rao, S., M. (2006). Predicting the compressibility behaviour of tire shred samples for landfill applications. *WasteManagement*. 26(3), pp. 268-276.

14. Wit, C., C., Tsiotras, P., Velenis, E., Basset, M., & Gissinger, G. (2015). Dynamic Tire Friction Models for Vehicle Traction/Braking Control. *Vehicle System Dynamics*. 39 (3), pp.189-226.

15. Wong, J., Y. (2001). *Theory of Ground Vehicles: Third Edition*. Canada: John