

Studi eksperimental pemantauan kondisi dan penilaian analisa kinematik pengereman mobil

M. Sabri¹, Ardhan Fauza¹

¹ Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
Jl. Almamater, Kampus USU, Medan, 20155
Email korespondensi: sabrimesin@gmail.com

Abstrak

Pengereman merupakan salah satu aktifitas mengemudi yang bertujuan untuk menghentikan, mengendalikan dan mengatur penurunan laju kendaraan yang dilakukan pada roda. Kajian dilakukan secara eksperimental terhadap perilaku pengereman kendaraan roda empat. Dari pengamatan ini akan didapati keterikatan antara gaya, jarak tempuh dan waktu ketika pengereman. Hasil menunjukkan bahwa parameter gaya berbanding terbalik terhadap jarak dan waktu pengereman. Sehingga menjadi indikasi untuk mengendalikan kendaraan sesuai dengan keadaan jalan.

Kata kunci: pengereman, kecepatan, kontrol, gaya, jarak.

Abstract

Braking is an activity that aims to stop, handle and control the vehicle through the wheels. This study conducted experimentally on four-wheeled vehicle brakes. The purpose is to find the relationship between the main parameters of the force, distance and time on the braking process. The results showed that the force parameters were inversely proportional to the distance and braking time. It will be an indicator of the brake performance to control vehicle base on road condition.

Keywords: braking, speed, control, force, distance.

1. Pendahuluan

Sistem rem adalah sistem yang sangat penting keberadaannya pada kendaraan. Rem sendiri berfungsi untuk mengurangi kecepatan putaran pada roda kendaraan sehingga laju kendaraan menjadi stabil dan terkendali, akibat dari kendaraan yang tidak terkendali tentu sangat berbahaya bagi penumpang kendaraan itu sendiri. Sistem rem terdiri dari komponen – komponen yang menghubungkan langsung pusat kendali (pengemudi) ke roda kendaraan, diantaranya : pedal rem, master rem, selang hidrolis, kaliper, tapak rem, piringan cakram. Bagian – bagian ini sangat penting perannya pada kendaraan beroda. Masing – masing komponen pada sistem rem berfungsi untuk meneruskan gaya yang diberikan pengemudi saat menginjak pedal rem ke kaliper pada piringan cakram yang kemudian akan menyebabkan piston kaliper menjepit piringan cakram pada roda kendaraan, akibatnya kecepatan putar pada roda otomatis akan berkurang. Oleh karena itu sistem rem pada kendaraan sangat sensitif terhadap gaya yang diberikan pada pedal brake.

Sistem brake hidrolis memanfaatkan sifat fluida cair, apabila fluida ini diberikan gaya/tekanan dalam ruang tertutup maka fluida akan menekan kesegala arah. Fluida yang diberikan gaya tersebut akan meneruskan gaya yang diterima (*input*) ke piston kaliper (*output*). Berdasarkan perannya yang sangat penting dalam kendaraan maka kajian eksperimental ini dilakukan.

Adapun tujuan penelitian yang terdapat pada pada studi eksperimental analisa kinematik pengereman mobil thaft daihatsu hiline yaitu sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui perbandingan antara parameter input (gaya dan kecepatan) yang diberikan pada sistem rem terhadap parameter output (jarak dan waktu).
2. Untuk mengetahui karakteristik dan pola perbandingan antara parameter input (gaya dan kecepatan) terhadap parameter output (jarak dan waktu).
3. Untuk mengetahui performa sistem rem kendaraan mobil daihatsu thaft hiline sebelum dilakukan perbaikan dan setelah dilakukan perbaikan.
4. Untuk mengetahui apakah parameter output yang ada (jarak dan waktu) dapat menjadi parameter indikasi performa dari sistem rem kendaraan roda empat.

Adapun batasan masalah yang terdapat pada penelitian studi eksperimental analisa kinematik pengereman mobil thaft daihatsu hiline yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan hanya pada analisa kinematik pengereman kendaraan roda empat.
2. Penelitian ini dilakukan dengan pengujian pada kecepatan 10 km/jam hingga 50 km/jam dengan rentang 10 km/jam setiap variasi parameter kecepatannya.

3. Parameter output yang dilakukan pengukuran hanya pada parameter jarak dan waktu pengereman.
4. Faktor gesekan hanya pada keadaan jalan kering penelitian tidak dilakukan dengan kondisi jalan basah.
5. Kondisi permukaan jalan yaitu pada kondisi rata
6. Laju kecepatan angin pada saat pengujian diabaikan.

Adapun manfaat penelitian yang terdapat pada penelitian studi eksperimental analisa kinematik pengereman mobil thaft daihatsu hiline yaitu sebagai berikut:

1. Untuk bidang aspek akademik penelitian ini dapat menjadi acuan sistem pengereman dibidang otomotif, juga dapat dikembangkan kedalam mata kuliah terkhusus konsentrasi *maintenance*/pemeliharaan misalnya: mata kuliah *Codition Base Maintenance*, Analisa Kegagalan, dan mata kuliah lainnya.
2. Secara non akademis/praktis penelitian ini menjadi acuan untuk penilaian performa sistem rem mobil berdasarkan jarak pengereman yang bisa diukur secara komputasi untuk mobil – mobil saat ini.
3. Manfaat lain dari sisi praktisnya penelitian ini menjadi landasan dan acuan bagaimana performa sistem rem dapat dinilai dari jarak pengereman yang dapat diukur dan dapat menjadi teknologi yang diterapkan pada mobil – dengan sistem komputasi seperti saat sekarang ini.

Berdasarkan sistem prinsip kerjanya maka sistem rem dibagi menjadi 3 yaitu : sistem rem mekanik, sistem rem hidrolis, dan sistem rem pneumatik. Berdasarkan sistem kontrolnya maka sistem rem dibagi menjadi 3 yaitu : ABS (*Antilock Brake System*), EBD (*Electronic Brake Distribution*), BA/EBA (*Brake Asistant/Emergency Brake Asistant*). Berdasarkan tipe – tipenya maka rem dibagi menjadi 2 yaitu : rem cakram dan rem tromol.

Untuk lebih memahami sistem brake/rem yang terdapat pada kendaraan, berikut adalah tabel komponen - komponen yang digunakan pada sistem brake/rem, beserta fungsinya, yaitu:

Tabel 1. Komponen – komponen sistem rem dan fungsinya.

N O	KOMPONEN	FUNGSI
1	Pedal rem	Fungsi dari pedal rem adalah sebagai titik kontrol pengemudi dalam melakukan proses pengereman, disebut titik kontrol karena saat melakukan pengereman

		maka pedal rem haruslah diinjak oleh pengemudi.
2	Booster rem	Fungsi dari booster rem adalah meneruskan tekanan yang diterima oleh pedal rem ke master silinder yang kemudian menekan fluida yang terdapat pada master silinder.
3	Master silinder	Master silinder berfungsi untuk mengubah gerak pedal rem ke dalam tekanan hidolis
4	Katup <i>Propotioning</i> (Katup Penyeimbang)	Fungsi dari katup <i>Propotioning</i> atau katup penyeimbang adalah untuk menambah gaya pengereman yang ada pada roda depan kendaraan
5	<i>Flexible hose</i> / selang fleksibel	Adalah komponen yang berfungsi untuk menghubungkan pipa rem dan rem roda untuk mengimbangi gerakan suspensi.
6	Tuas rem parkir / rem tangan	Tuas rem parkir adalah komponen yang berfungsi untuk mengeremm roda kendaraan belakng secara mekanis melalui batang penghubung dan kabel.
7	Kaliper	Kaliper berfungsi untuk meneruskan tekanan yang di tranfer melalui selang fleksibel dan kemudian menggerakkan piston pada kaliper mendorong pad rem untk menjepit / menggesek piringan dan drum pada rem
8	<i>Pad rem</i> / Kanvas rem	Fungsi dari Pad rem / kanvas rem adalah sebagai media yang akan bergesekan dengan piringan cakram ataupun drum rem untuk menghentikan laju putaran pada roda.
9	Piringan Cakram	Fungsi dari piringan cakram adalah sebagai media yang terdapat pada rotor / roda untuk menciptakan gesekan yang akan menghentikan laju putaran dari rem.

Jarak Pengereman

Jarak pengereman adalah jarak yang dicapai kendaraan (dengan kecepatan tertentu) dari awal pengereman hingga kendaraan berhenti total (Kecepatan 0 Km/jam), untuk menghitung jarak pengereman pada kendaraan maka digunakan formula (solarso dan kikatsu suga 1997:91):

$$s = \frac{v^2}{2.e.g} \tag{1}$$

Dimana:

- s = Jarak pengereman (m)
- v = kecepatan kendaraan saat melaju
- e = koefisien gesek (0,7)
- g = gravitasi (9,81)

Waktu Pengereman

Untuk menghitung standart waktu pengereman maka digunakan formula (solarso dan kiyokatsu suga 1997:91), yaitu adalah:

$$te = \frac{v}{e.g} \tag{2}$$

Dimana:

- te = waktu pengereman
- v = kecepatan kendaraan saat melaju (m/s)
- e = koefisien gesek antara jalan dan kendaraan (dalam kondisi kering = 0,7)
- g = gravitasi (9,81)

Tabel 2. Standart perhitungan jarak dan waktu pengereman menurut Solarso dan Kiyokatsu suga 1997:91.

Standart Perhitungan Jarak dan Waktu Menurut Solarso dan Kiyokatsu suga 1997:91				
N o	Kecepatan (km/jam)	Kecepatan (m/s)	Waktu (s)	Jarak (m)
1	10	2,78	0,40	0,56
2	20	5,56	0,81	2,25
3	30	8,33	1,21	5,06
4	40	11,11	1,62	8,99
5	50	13,89	2,02	14,05

Kategori Keamanan Jarak Pengereman

Selain menentukan jarak pengereman standart kategori keamanan jarak pengereman juga harus ditentukan untuk menilai apakah jarak pengereman yang ada pada mobil daihatsu thaft hiline tersebut harus dilakukan perbaikan atau tidak. Kategori keamanan jarak pengereman dibagi menjadi tiga yaitu:

1. Sempurna (sistem rem bekerja dengan sangat baik sebagaimana fungsinya).

2. Baik (sistem rem masih bekerja dengan baik tetapi sistem rem mengalami penurunan performa dibandingkan dengan kondisi sempurna).
3. Buruk (sistem rem tidak bekerja dengan baik sehingga perlu dilakukan perbaikan untuk mencegah hal yang tidak diinginkan).

Tabel 3. Kategori keamanan jarak pengereman.

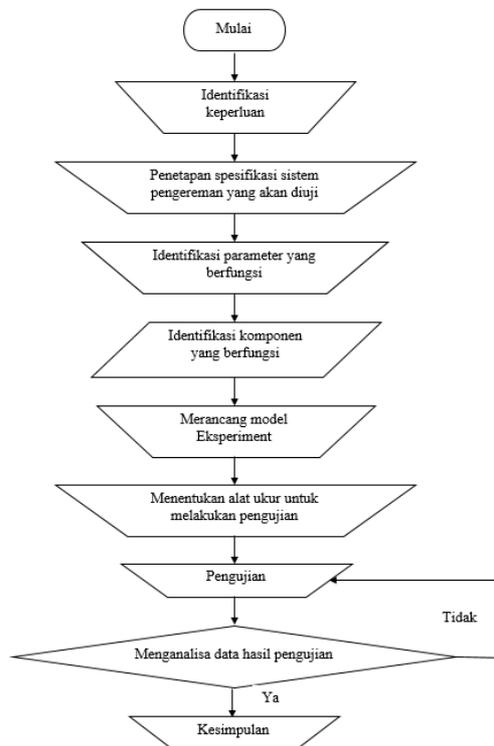
N o	kecepatan (km/jam)	jarak pengereman (m)	kategori keamanan jarak henti
1	10	≤ 0,50	Sempurna/sangat baik
		> 0,50 dan < 1,50	Baik
		> 1,50	Buruk/harus dilakukan perbaikan
2	20	≤ 2,20	Sempurna/sangat baik
		> 2,20 dan < 3,70	Baik
		> 3,70	Buruk/harus dilakukan perbaikan
3	30	≤ 5	Sempurna/sangat baik
		>5 dan <7	Baik
		> 7	Buruk/harus dilakukan perbaikan
4	40	≤ 8	Sempurna/sangat baik
		> 8 dan < 10	Baik
		> 10	Buruk/harus dilakukan perbaikan
5	50	≤ 10	Sempurna/sangat baik
		> 10 dan < 16	Baik
		> 16	Buruk/harus dilakukan perbaikan

(Sumber : Diktat of savety, Fakultas Teknik Mesin Universitas Atma Jaya., jakarta: 2000)

2. Metode

Dari tahap pengambilan data diperoleh data-data Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan melakukan identifikasi keperluan yang ada, kemudian menetapkan spesifikasi sistem pengereman yang akan di uji hingga pengambilan kesimpulan akhir berdasarkan hasil penelitian. Untuk lebih jelasnya tentang prosedur yang dilakukan pada pengujian eksperimental penilaian analisa kinematik

pada sistem rem mobil dapat dilihat pada diagram alir berikut ini.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

Untuk melakukan uji eksperimental dan penilaian pada analisa kinematik sistem rem mobil maka dibutuhkan alat – alat sebagai berikut :

a. Timbangan Pegas

Timbangan pegas adalah alat pengukur massa benda berdasarkan gravitasi, alat ini digunakan untuk mengukur tekanan gaya yang diberikan pada pedal rem.



Gambar 2. Timbangan pegas.

b. Pegas

Pegas digunakan untuk menyesuaikan tekanan yang diberikan pada pedal ke sensor timbangan pegas, hal ini dilakukan karena penambahan panjang pada sensor dengan penambahan jarak pedal ke alat pengukur yang memiliki perbandingan yang berbeda.



Gambar 3. Pegas.

c. Tang kawat

Tang digunakan untuk memotong kawat dan mengikat kawat pada set up dinamometer gaya yang diberikan pada pedal rem, berikut adalah tang yang digunakan.



Gambar 4. Tang kawat.

d. Pita meter

Meteran digunakan untuk mengukur jarak yang ditempuh kendaraan dalam melakukan pengereman dengan variasi kecepatan dan gaya yang diberikan pada pedal gas.



Gambar 5. Pita Meter.

e. Stopwatch

Stopwatch digunakan untuk menghitung waktu yang dibutuhkan kendaraan dari saat proses pengereman dimulai dalam kecepatan tertentu hingga kendaraan berhenti total (0 Km/jam).



Gambar 6. Stopwatch.



Gambar 9. Mobil daihatsu thaft hilina.

Untuk melakukan eksperimen maka selain dibutuhkan alat maka dibutuhkan juga bahan, berikut adalah bahan yang digunakan dalam eksperimen, yaitu:

a. Bahan Bakar Minyak (solar)

Untuk melakukan pegujian analisa kinematik maka tentu dibutuhkan bahan bakar minyak (solar) untuk menjalankan mobil, berikut adalah bahan bakar solar.



Gambar 7. Solar.

b. Kawat

Kawat digunakan sebagai bahan penelitian dalam mekanisme dinamometer serta instrument penahan tekanan gaya pada pedal rem, berikut adalah kawat yang digunakan.



Gambar 8. Kawat.

Membangun Setup Pengujian

Untuk membangun *setup* pengujian dibutuhkan jalan yang kosong dan steril untuk melakukan pengujian analisa kinematik pengereman, dalam membangun *setup* pengujian dibagi menjadi dua yaitu setup dinamometer dan setup pengujian analisa kinematik untuk memilih jalan yang kira – kira dapat dilakukan pengujian.

Setup Dinamometer pada pedal rem



Gambar 10. Setup Dinamometer.



Gambar 11. Jalan Tri Dharma Kampus USU.

Setelah melengkapi alat dan bahan maka pengujian analisa kinematik dilakukan pada objek penelitian yaitu mobil daihatsu thaft hilina.



Gambar 12. Jalan Dr. Sofyan Kampus USU.



Gambar 13. Jalan Pasar II Setiabudi, Medan.

Tahapan Pengujian

Persiapan alat dan bahan yang akan digunakan dalam uji kspperimental (daihatsu thaft hiline). Dinamometer untuk pengujian pada variasi gaya pertama yaitu 8 N. Mobil melaju dengan kecepatan 10 Km/jam, dalam 3 detik pedal rem diinjak dengan gaya yang telah ditentukan yaitu 8 N. Terukur jarak yang ditempuh kendaraan saat pengereman dilakukan hingga kendaraan berhenti ($V = 0$). Terhitung waktu yang dibutuhkan kendaran dari pengereman mulai dilakukan hingga kendaraan berhenti ($V = 0$) Dilakukan pengulangan pengujian pada variasi kecepatan kedua 20 km/jam, ketiga 30 km/jam dan seterusnya, kemudian pada variasi gaya kedua 12 N, ketiga 16 N dan seterusnya. Tercatat hasil pengujian sampel pertama hingga terakhir.

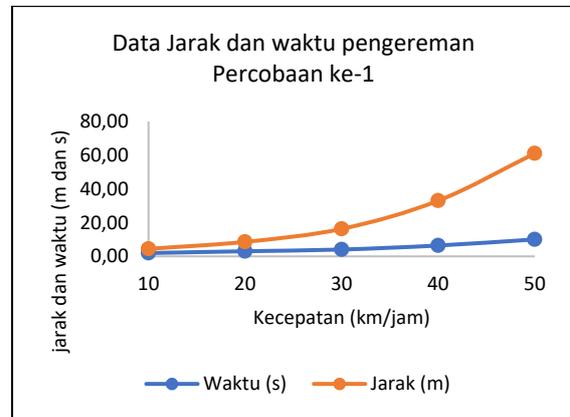
3. Hasil dan Pembahasan

Untuk menentukan hasil penelitian maka digunakan dua kategori parameter pengereman yaitu *service brake* dan *emergency brake*, dua kategori ini bertujuan untuk melihat hubungan antara parameter *input* dan *output* pada kedua kategori pengereman serta untuk melakukan validasi kategori standart pengereman pada tipe pengereman *emergency brake*,

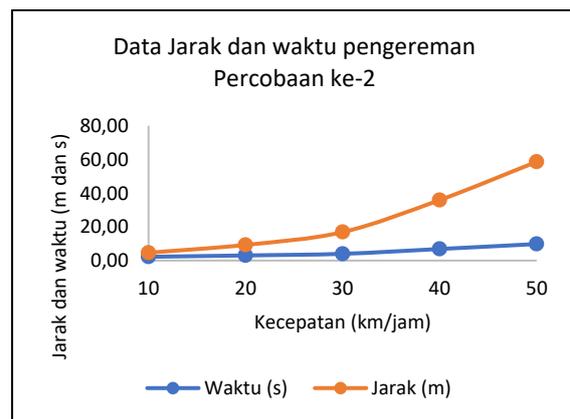
Untuk mencegah *human error* pada data hasil pengujian maka pengujian analisa kinematik dilakukan sebanyak 3 kali setiap variasi parameternya.

Untuk melakukan validasi jarak pengereman maka diambil data emergency brake yang didapatkan berdasarkan hasil eksperimen. berikut adalah validasi standart kategori jarak pengereman berdasarkan hasil eksperimen.

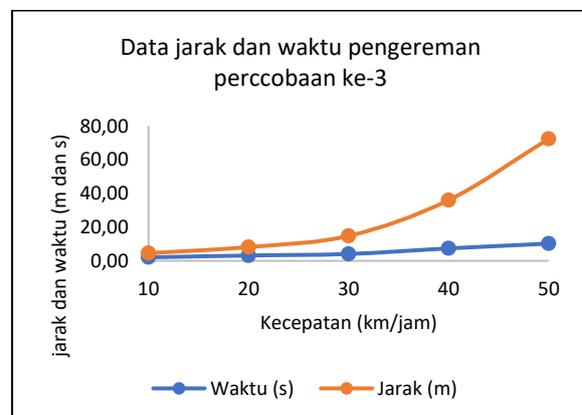
Data jarak pengereman emergency brake sebelum dilakukan perbaikan pada kendaraan



Gambar 14. Data Jarak dan waktu pengereman percobaan ke-1 sebelum dilakukan perbaikan pada kendaraan.



Gambar 15. Data Jarak dan waktu pengereman percobaan ke-2 sebelum dilakukan perbaikan pada kendaraan.



Gambar 16. Data Jarak dan waktu pengereman percobaan ke-3 sebelum dilakukan perbaikan pada kendaraan.

Validasi data jarak pengereman adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Validasi sistem rem sebelum dilakukan perbaikan pada kendaraan.

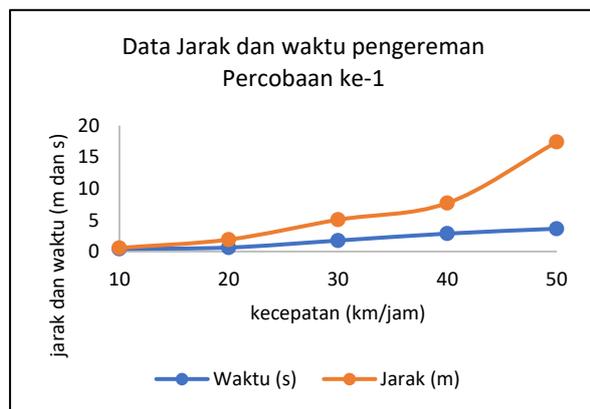
Validasi sebelum perbaikan			
No	Kecepatan (km/jam)	Percobaan	Validasi
1	10	ke-1	buruk
		ke-2	buruk
		ke-3	buruk
2	20	ke-1	buruk
		ke-2	buruk
		ke-3	buruk
3	30	ke-1	buruk
		ke-2	buruk
		ke-3	buruk
4	40	ke-1	buruk
		ke-2	buruk
		ke-3	buruk
5	50	ke-1	buruk
		ke-2	buruk
		ke-3	buruk

$$\% \text{ kelayakan} = \frac{\text{data memenuhi standart}}{\text{total data percobaan}} \times 100\% \quad (3)$$

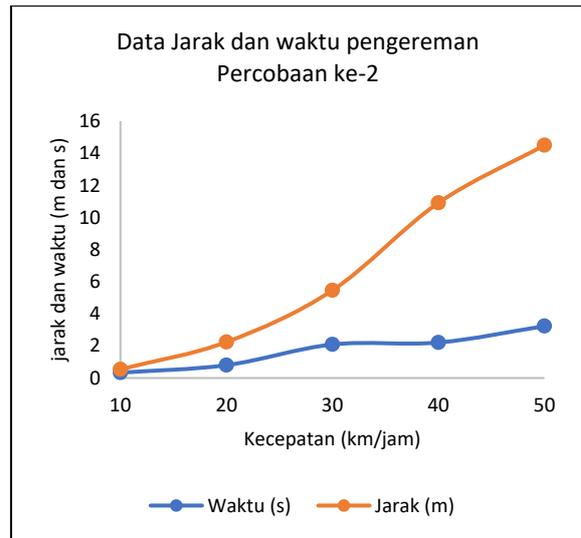
$$\% \text{ kelayakan} = \frac{0}{15} \times 100\%$$

$$\% \text{ kelayakan} = 0\%$$

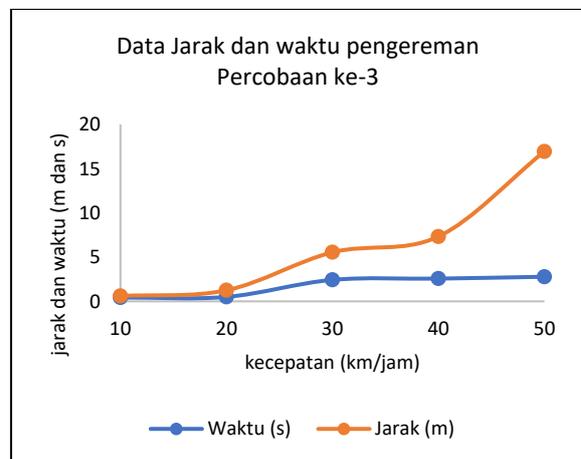
Data jarak pengereman emergency brake setelah dilakukan perbaikan pada kendaraan



Gambar 17. Data Jarak dan waktu pengereman percobaan ke-1 setelah dilakukan perbaikan pada kendaraan.



Gambar 18. Data Jarak dan waktu pengereman percobaan ke-2 setelah dilakukan perbaikan pada kendaraan.



Gambar 19. Data Jarak dan waktu pengereman percobaan ke-3 setelah dilakukan perbaikan pada kendaraan.

Tabel 4. Validasi sistem rem setelah dilakukan perbaikan pada kendaraan.

Validasi Setelah perbaikan			
No	Kecepatan (km/jam)	Percobaan	Validasi
1	10	ke-1	baik
		ke-2	baik
		ke-3	baik
2	20	ke-1	sangat baik
		ke-2	baik
		ke-3	sangat baik
3	30	ke-1	baik

		ke-2	baik
		ke-3	baik
4	40	ke-1	sangat baik
		ke-2	buruk
		ke-3	sangat baik
5	50	ke-1	buruk
		ke-2	baik
		ke-3	buruk

$$\text{Persentase kelayakan} = \frac{\text{data memenuhi standart}}{\text{total data percobaan}} \times 100\%$$

$$\% \text{ kelayakan} = \frac{12}{15} \times 100\%$$

$$\% \text{ kelayakan} = 80\%$$

4. Kesimpulan

Berdasarkan eksperimen hasil pengujian analisa kinematik sebelum dan setelah dilakukan perbaikan pada mobil Thaft Daihatsu Hiline maka dapat diambil kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil eksperimen analisa kinematik pada kendaraan maka diketahui bahwasannya gaya yang diberikan pada pedal >< jarak dan waktu pengereman (gaya pedal >< jarak dan waktu).
2. Eksperimen analisa kinematik yang dilakukan pada proses pengereman kendaraan roda empat menghasilkan grafik yang mempunyai tren/pola yang sama sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan. Tetapi memiliki nilai jarak dan waktu yang berbeda sangat jauh dari sebelum dan sesudah perbaikan.
3. Terdapat perbedaan performa yang signifikan antar sebelum dan sesudah perbaikan pada kendaraan yaitu : sebelum perbaikan (0%) menunjukkan bahwa kendaraan tidak layak digunakan, dan sesudah perbaikan (80%), sehingga kendaraan layak digunakan.
4. Berdasarkan pengujian analisa kinematik pada sistem rem maka jarak pengereman dapat menjadi indikasi performa sistem rem pada kendaraan, hal ini disebabkan karena jarak pengereman adalah parameter akhir dari proses pengereman.

Daftar Pustaka

- [1] Setiyon, Rohmad. 2015. "Analisis Gaya Pengereman Pada Mobil Nasional Mini Truck".

Surakarta. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- [2] Yunuar. Satyadarma, Dita. Noerdin Burhan. 2010. "Analisis Gaya Pada Rem Cakram (Disk Brake) Untuk Kendaraan Roda Empat". Jakarta. Universitas Gunadarma.
- [3] Putra, Purnama. 2012. "Analisis Sistem Rem Depan Pada Kijang Innova Tipe V Tahun 2004". Bandung. Universitas Pendidikan Indonesia.
- [4] Layton, Robert. Dixon, Karen. "Stopping Sight Distance". 2012. Amerika Serikat. Oregon State University.
- [5] Evans, Micheal. 2011. "Braking Distance". Australia. Australian mathematic Sciences Institute.
- [6] Munardi, Dhika. 2016. "Desain Dan Analisis Perancangan Sistem Pengereman Dan Geometri Roda Pada Gokart 150cc DOHC". Yogyakarta. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [7] Grelbe, Poul. 2007. "Braking Distance Friction and Behavior". Denmark. Trafitec Scion – DTU Diplomvej bygning 376 2800 Kgs Lyngby.