

DESAIN DAN PENGEMBANGAN ALAT UKUR KEHALUSAN Pengereman (*BRAKING SMOOTHNES TESTER*) PADA MOBIL BUS

Adrian Pradana
D-III Teknologi Otomotif
Politeknik Transportasi Darat
Bali
Jl. Cemp.Putih, Samsam,
Tabanan, Bali 82111
adrian@poltrada.ac.id

Riz Rifai Oktavianus Sasue
D-III Teknologi Otomotif
Politeknik Transportasi Darat
Bali
Jl. Cemp.Putih, Samsam,
Tabanan, Bali 82111
riz@poltradabali.ac.id

Surya Aji Ermanto
D-III Teknologi Otomotif
Politeknik Transportasi Darat
Bali
Jl. Cemp.Putih, Samsam,
Tabanan, Bali 82111
surya@poltradabali.ac.id

Joe Graciano Halomoan Tefa
D-III Teknologi Otomotif
Politeknik Transportasi Darat Bali
Jl. Cemp.Putih, Samsam, Tabanan, Bali 82111
joeano06@gmail.com

Made Indira Pramesti
D-III Teknologi Otomotif
Politeknik Transportasi Darat Bali
Jl. Cemp.Putih, Samsam, Tabanan, Bali 82111
indirapramesti86@gmail.com

Abstract

Bus drivers frequently apply braking to slow down or stop the vehicle, as well as when stopping at bus stops. Sometimes, drivers neglect the smoothness of braking, leading to jolts that reduce passenger comfort. This comfort is crucial for transport companies in ensuring service quality, which is why educating drivers to develop a driving culture that is comfortable, safe, and secure is necessary. This research designs a braking smoothness measurement tool using a research and development method. The tool measures braking smoothness on a "g" scale using sensors and controllers to monitor according to the standard range of -0.1g to -0.3g, and provides indications through an LCD display, buzzer, and indicator lights when the standard is exceeded. The measurement results show a high level of accuracy, with a relatively low error rate. The accuracy achieved is 91%, with a measured deviation of 9%. With this tool, it is hoped that drivers' awareness of smooth braking will increase, enhancing safety and improving the quality of bus transport services.

Keywords: Braking, Bus, Measuring Device, Indicator

Abstrak

Pengemudi mobil bus seringkali dalam melakukan pengereman, baik untuk memperlambat atau menghentikan kendaraan, maupun saat berhenti di halte. Terkadang, pengemudi mengabaikan kelembutan pengereman, menyebabkan hentakan yang mengurangi kenyamanan penumpang. Kenyamanan ini sangat penting bagi perusahaan angkutan dalam menjamin kualitas layanan, sehingga diperlukan edukasi bagi pengemudi untuk mengembangkan budaya mengemudi yang nyaman, aman, dan selamat. Penelitian ini merancang alat ukur kelembutan pengereman menggunakan metode research and development. Alat ini mengukur kelembutan pengereman dalam skala "g" menggunakan sensor dan pengendali untuk memonitor sesuai standar -0,1g hingga -0,3g, serta memberikan indikasi melalui LCD Display, buzzer, dan lampu indikator saat standar terlampaui. Hasil pengukuran menunjukkan tingkat ketepatan yang tinggi, dengan tingkat kesalahan yang relatif rendah. Pengukuran menunjukkan tingkat akurasi mencapai 91%, dengan deviasi yang terukur sebesar 9%. Dengan adanya alat ini, diharapkan kesadaran pengemudi dalam melakukan pengereman secara lembut dapat meningkat, untuk keselamatan serta memperbaiki kualitas layanan transportasi mobil bus.

Kata Kunci: Pengereman, Mobil Bus, Alat Ukur, Indikator

PENDAHULUAN

Kendaraan bermotor merupakan sarana transportasi penting yang mendukung perkembangan ekonomi, sosial, dan budaya suatu negara dengan memfasilitasi perpindahan orang dan barang secara efektif dan efisien dari satu wilayah ke wilayah lainnya. Dalam penyelenggaraan lalu lintas dan jalan, keselamatan umum, kelestarian lingkungan, serta keamanan dan ketertiban masyarakat harus diperhatikan agar mampu menjamin daya jangkau dan pelayanan. Keamanan dan keselamatan kendaraan angkutan massal yang beroperasi di jalan merupakan hal yang wajib dipenuhi oleh setiap kendaraan bermotor. Salah satu kendaraan angkutan massal yang sering digunakan untuk menunjang transportasi umum pada banyak kota besar di Indonesia adalah mobil bus. Mobil bus dianggap sebagai salah satu alternatif transportasi mobil bus paling efektif yang dapat diterapkan di kota besar yang padat akan penduduk namun minim akan penambahan ruas jalan. Namun, mobil bus yang digunakan dalam layanan transportasi umum seringkali mengalami kecelakaan saat dioperasikan. Berdasarkan data Dinas Perhubungan DKI Jakarta, kecelakaan yang melibatkan Transjakarta mencapai 335 kasus pada 2021 (Tempo.co, 2022).

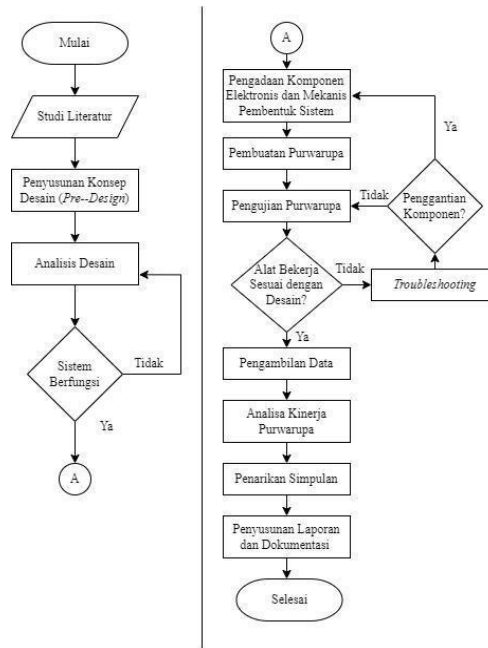
Beberapa penyebab terjadinya kecelakaan tersebut adalah timbulnya permasalahan pada sistem pengereman, dimana proses pengereman pada kendaraan bermotor terutama pada transportasi mobil bus merupakan salah satu bagian penting yang dapat mempengaruhi keselamatan dalam berkendara. Pengereman yang kasar dapat menimbulkan bahaya bagi pengemudi maupun penumpang, terutama pada kecepatan tinggi atau jalan licin, dan menyebabkan kerusakan komponen pengereman seperti rem dan cakram. Masalah ini sering terjadi akibat kurangnya keterampilan pengemudi dalam melakukan pengereman dengan baik dan benar (Enggarsasi, 2017). Pengemudi mobil bus sering melakukan pengereman untuk memperlambat atau menghentikan kendaraan, serta saat berhenti di halte untuk naik/turun penumpang. Pengemudi sering mengabaikan kehalusan pengereman, menyebabkan hentakan yang mengurangi kenyamanan penumpang. Kenyamanan penumpang penting untuk kualitas layanan, sehingga edukasi dan pelatihan bagi pengemudi diperlukan untuk menumbuhkan budaya mengemudi yang nyaman, aman, dan selamat.

Atas kejadian kecelakaan tersebut, Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) memberikan beberapa rekomendasi perbaikan kepada Transjakarta, meliputi evaluasi manajemen risiko, kelaikan kendaraan, kelaikan awak, serta keselamatan rute. KNKT juga merekomendasikan peninjauan kembali standar kompetensi kerja nasional Indonesia (SKKNI) dan skema kompetensi profesi pengemudi.

Berdasarkan uraian tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengembangkan sebuah alat ukur kehalusan pengereman (*Braking Smoothness Tester*) pada mobil bus. Alat ini membantu menetapkan standar pengereman yang harus diikuti oleh pengemudi, sehingga mempertahankan teknik pengereman yang optimal demi keselamatan dan kenyamanan penumpang. Dengan adanya alat ini, diharapkan keterampilan pengemudi dalam melakukan pengereman secara lembut dapat meningkat, untuk keselamatan serta memperbaiki kualitas layanan transportasi mobil bus.

METODE

Jenis penelitian ini merupakan penelitian terapan (*applied research*) yang mengacu pada penyelesaian masalah secara eksperimental dengan tahapan runtut dan sistematis. Adapun tahapan tersebut diuraikan pada bagan alir penelitian seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Perancangan sistem

Alat ukur *braking smoothnes tester* ini merupakan perangkat yang digunakan untuk memberikan indikator intensitas keras lembutnya pengereman yang dilakukan oleh pengemudi, fungsi utamanya adalah untuk mengetahui seberapa kasar atau lembutnya seorang pengemudi bus angkutan massal dalam melakukan pengereman. Ukuran yang dijadikan acuan dalam menentukan tingkat kehalusan pengereman mengacu pada standar -0,1g sampai dengan -0,25g untuk pengereman lembut dan aman (*Soft Braking*) dan > -0,25g untuk pengereman kasar (*Hard Braking*), sehingga dapat disusun bentuk formula sebagai parameter logis dalam menentukan kelembutan pengereman seperti berikut.

$$Braking\ Intensity = \begin{cases} Soft\ braking, & g - force \leq -2,5 \\ Hard\ braking, & g - force \geq -2,5 \end{cases} \quad (1)$$

Prinsip kerja dari alat ukur ini adalah dengan menggunakan *high accuracy* GPS BELTIAN 220 Modul BN-220GPS sebagai penjejak posisi maupun waktu, sehingga dapat diekstraksi data kecepatan kendaraan yang diperoleh melalui komputasi dan kendali mikrokontroler.

Perancangan perangkat lunak

Perangkat lunak dirancang mengacu pada algoritma yang disusun untuk melakukan pemrograman untuk mengolah sinyal atau data digital yang diperoleh dari GPS untuk memperoleh keluaran berupa nilai ukur yang ditampilkan pada *mini display LCD*, indikator suara *buzzer* maupun indikator cahaya LED.

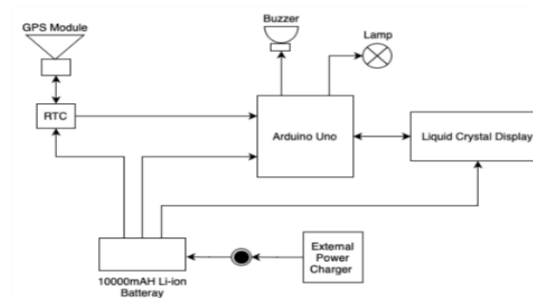
GPS (*Global Positioning System*) atau NAVSTAR (*Navigation System for Timing and Ranging*) adalah sistem navigasi yang perpatokan pada satelit dan orbitnya. Untuk dapat mengetahui posisi suatu objek diperlukan perangkat penerima (*GPS reciever*) untuk menerima sinyal yang dikirim melalui satelit, sinyal tersebut berupa data atau informasi posisi yang kemudian diterjemahkan menjadi titik posisi koordinat lintang dan bujur (*waypoint*) (Enge, 1994). Saat ini GPS telah dioperasikan secara penuh dan memenuhi kriteria yang telah ditetapkan pada tahun 1960-an untuk sistem penentuan posisi yang optimal handal. Sistem ini memberikan informasi posisi dan kecepatan tiga dimensi yang akurat, berkelanjutan, meluas secara global, kepada pengguna dengan peralatan penerima yang sesuai (Kaplan & Hegarty, 2006).

Operasi program berisi perintah dalam bahasa mesin dalam pola/syntax membentuk barisan instruksi (*code*) melalui proses pemrograman. Semua satelit GPS bekerja pada 2 frekuensi *broadcast* yang sama. Sinyal utama disiarkan pada frekuensi L1 1.575,42 MHz. Sinyal L1 dimodulasi dengan dua sinyal informasi yang disebut C/A (*for Coarse and Acquisition code*) dan P (*for Precise code*). Selain itu, satelit juga menyiarkan salinan kode P pada frekuensi kedua yang disebut L2 1.227,60 MHz. (Carter, 1997). Program yang digunakan pada penelitian ini disusun dari suatu prosedur yang merupakan urutan langkah-langkah runtut mengacu pada mekanisme proses ekstraksi data dari GPS kemudian dikomputasi dengan urutan langkah logis-logis sebagai berikut :

- *Checking GPS Status*: Sistem akan melakukan pengecekan apakah GPS aktif
- *Read GPS Data*: membaca data koordinat dan waktu.
- *Calculate GPS data*: Sistem akan melakukan kalkulasi data koordinat Latitude dan Longitude.
- *Braking Intensity Checking*: Memeriksa nilai *g-force* pengereman; jika nilai *g-force* lebih besar dari -2,5g, maka isyarat suara dan visual melalui nyala lampu led akan diaktifkan.
- *Show Calculation Result*: sistem akan menampilkan kalkulasi data GPS melalui *mini display LCD* dan menampilkan status hasil baca (*Hard Braking, Soft Braking atau Normal Braking*).

Perancangan perangkat keras

Perancangan elektronis dilakukan dengan menyusun komponen–komponen yang diperlukan dalam menunjang sistem komputasi dan kontrol komunikasi data antara GPS, *mini display*, *buzzer* dan *pilot lamp* dengan menggunakan mikrokontroler Arduino sehingga membentuk *block diagram* seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut:

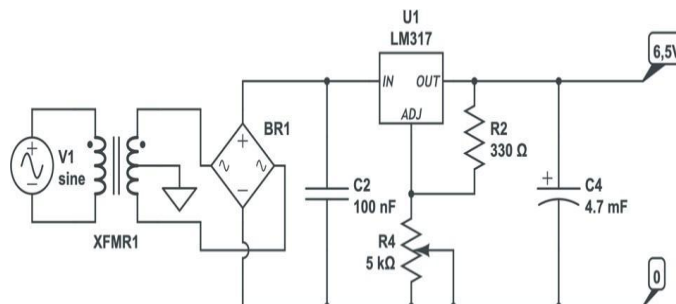


Gambar 2. Block Diagram Sistem

Seperti pada Gambar 2, sistem utuh dari alat ukur kehalusan pengereman dibentuk dari beberapa bagian sub-sistem yang diuraikan sebagai berikut :

- *External Power Charger*

External power charger digunakan sebagai pengisi daya baterai lithium-ion dengan tegangan keluaran sebesar $6,5V_{DC}$ dengan arus charging sebesar 2A memanfaatkan peran transformator *central tab* 9V/1A sebagai penurun tegangan, dioda *bridge* sebagai penyearah gelombang penuh, IC regulator LM317 dan kapasitor yang difungsikan sebagai penyaring tegangan yang disusun dengan konfigurasi ditunjukkan pada gambar 3 :



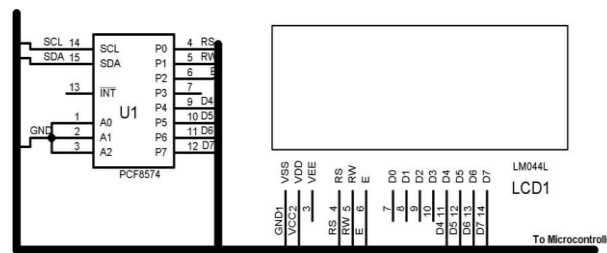
Gambar 3. Schematic Diagram charger 6,5V

- *Lithium-Ion Batter*

Lithium-Ion Battery berperan sebagai sumber daya listrik yang digunakan untuk mengaktifkan seluruh sistem, *Li-Ion battery* digunakan sebagai pemasok catu tegangan 5V ke seluruh komponen di dalam sistem dengan kapasitas 10000mAh.

- *LCD Mini Display*

LCD display yang digunakan adalah *LCD display* dengan area tampilan modul berisi 240 x 320 pixel sehingga *LCD* ini bisa menjamin resolusi tinggi sehingga kaya akan warna.

Gambar 4. Rangkaian *LCD Mini Display*

HASIL

Purwarupa perancangan perangkat keras (*Hardware*)

Seluruh bagian sistem yang tersusun dari komponen seperti *Arduino Mega*, *GPS Module*, *Li-ion Batt Pack*, *Battery Charger*, *LED*, *Buzzer*, *LCD*, dan *Push Button* dirangkai menjadi sistem utuh, sehingga diperoleh susunan skematik rangkaian keseluruhan sehingga diperoleh hasil pemasangan komponen perangkat keras Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Instalasi Purwarupa

Pengujian fungsi alat

Alat ukur kehalusan pengereman (*Braking Smoothnes Tester*) yang telah dirakit membutuhkan pengujian fungsi untuk memastikan alat telah bekerja sesuai dengan tujuan pembuatan alat sebelum dilakukan pengujian untuk memecahkan masalah yang diangkat pada penelitian. Pengujian fungsi ini dilakukan dengan cara mengukur apakah tegangan yang dihasilkan oleh setiap komponen memenuhi besaran tegangan yang dibutuhkan alat agar dapat bekerja dengan baik. Pengujian fungsi terhadap tegangan pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengujian Fungsi Setiap Komponen

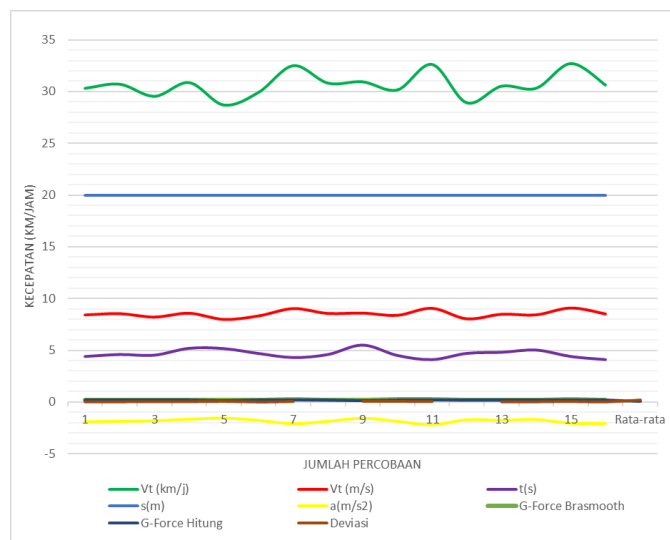
No	Komponen	Kebutuhan Tegangan (Volt)	Tegangan (Volt)
1	Arduino Mega	5,5 – 12,7	5,6
2	GPS Module	3 – 5,5	3,7

No	Komponen	Kebutuhan Tegangan (Volt)	Tegangan (Volt)
3	Li-ion Batt Pack	3,7 – 4,2	4,1
4	Battery Charger	6,8	6,8
5	LED	1,63 – 2,03	2,0
6	Buzzer	5	5
7	LCD	3,3 – 5,6	5,2
8	Push Button	5	5

Tabel 1 menunjukkan bahwa tegangan ukur dari setiap komponen penyusun alat sudah sesuai dengan kebutuhan tegangan komponen sehingga alat dapat bekerja dengan baik.

Kalibrasi alat

Alat yang sudah berfungsi sesuai dengan tujuannya perlu dilakukan kalibrasi untuk memastikan hasil pengukuran dari alat tersebut telah akurat. Alat dikalibrasi dengan cara melakukan pengujian pengereman sesuai dengan standar lintasan yang telah dibuat sebelumnya. Data yang diambil dari pengujian untuk kalibrasi meliputi kecepatan awal kendaraan, waktu pengereman, dan hasil gaya pengereman dalam satuan *g-force*. Percobaan dilakukan sebanyak 16 kali percobaan pengereman sesuai standar lintasan dengan kecepatan awal yang sama. Setelah semua data diperoleh dilakukan perhitungan manual menggunakan rumus Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) untuk menentukan besar deselerasi yang kemudian dikonversi menjadi nilai *g-force* untuk mendapatkan penyimpangan antara hasil hitung manual *g-force* dengan hasil *g-force* yang tertera pada alat. Setelah itu, hasil pengujian dibandingkan dengan standar yang ditetapkan untuk memastikan bahwa alat berfungsi dengan tepat dan memberikan hasil yang konsisten serta akurat. Adapun hasil pengambilan data kalibrasi melihat pada Tabel 2 berikut:



Gambar 7. Grafik Perhitungan Kalibrasi

Berdasarkan tabel 2 tersebut, rata-rata penyimpangan dari seluruh percobaan adalah 19% dengan nilai rata-rata penyimpangan sebesar +0,03. Dari hasil percobaan, nilai yang

ditunjukkan oleh purwarupa *braking smooth tester* lebih besar dari nilai sebenarnya, sehingga proses *adjustment* dilakukan dengan menerapkan operasi pengurangan sebesar nilai penyimpangan sebesar -0,03 pada kode program untuk setiap komputasi. Selain itu, upaya lain untuk meningkatkan akurasi hasil pengukuran adalah dengan mengganti modul *GPS* menggunakan modul dengan spesifikasi lebih tinggi dan melakukan penyesuaian pemrograman pada alat.

PEMBAHASAN

Purwarupa hasil perakitan kemudian diuji secara menyeluruh bagian per bagiannya dimulai dari komponen input berupa data *GPS*, komponen proses yang mengolah data berupa mikrokontroler Arduino, serta komponen output berupa penampil informasi baik *mini display* maupun *buzzer*. Pengujian keseluruhan sistem dilakukan dengan cara melakukan percobaan akhir dengan menggunakan alat ukur kehalusan (*Braking Smoothnes Tester*) sebanyak 16 kali percobaan. Uji coba dilakukan berdasarkan prosedur berikut :

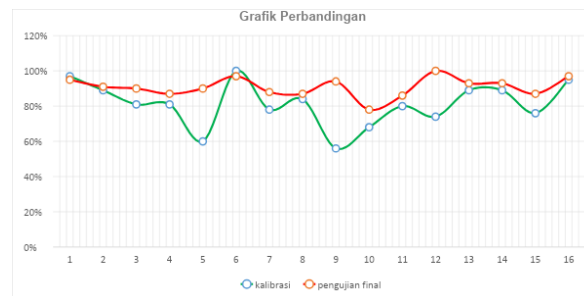
1. Memposisikan kendaraan pada jarak 100 m sebelum memasuki lintasan zona pengereman.
2. Pengemudi mulai menjalankan kendaraan hingga mencapai kecepatan stabil 30 km/jam sebelum memasuki lintasan zona pengereman.
3. Ketika pengemudi memasuki lintasan zona pengereman (dalam area 20 meter), maka pengemudi harus menginjak pedal rem.
4. Waktu pengereman tersebut dicatat dan dimasukkan kedalam tabel uji

Tabel 2. Hasil Pengambilan Data dan Perhitungan Data Percobaan Untuk Kalibrasi Alat

No	Vt (km/j)	Vt (m/s)	t (s)	s (m)	a (m/s ²)	G-Force Brassmooth	G-Force Perhitungan	System Audio (Buzzer)	Output Visual (Tampilan LCD)	% Deviasi Pengukuran	% Akurasi Pengukuran
1	30,21	8,39	4,8	20	-1,77	0,22	0,18	Tidak Berbunyi	Soft Braking	5%	95%
2	30,45	8,46	4,9	20	-1,71	0,21	0,17	Tidak Berbunyi	Soft Braking	9%	91%
3	29,59	8,22	5,1	20	-1,6	0,2	0,16	Tidak Berbunyi	Soft Braking	10%	90%
4	29,2	8,11	5,5	20	-1,47	0,17	0,15	Tidak Berbunyi	Soft Braking	13%	87%
5	29,97	8,33	4,7	20	-1,79	0,24	0,18	Tidak Berbunyi	Soft Braking	10%	90%
6	29,35	8,15	2,6	20	-3,15	0,37	0,32	Tidak Berbunyi	Hard Braking	3%	97%
7	30,26	8,41	5,3	20	-1,58	0,2	0,16	Tidak Berbunyi	Soft Braking	12%	88%
8	29,82	8,28	5	20	-1,64	0,19	0,17	Tidak Berbunyi	Soft Braking	13%	87%
9	29,82	8,28	5,6	20	-1,48	0,18	0,15	Tidak Berbunyi	Soft Braking	6%	94%
10	29,12	8,09	4,8	20	-1,69	0,21	0,17	Tidak Berbunyi	Soft Braking	22%	78%
11	29,68	8,24	5,6	20	-1,46	0,21	0,15	Tidak Berbunyi	Soft Braking	14%	86%
12	29,22	8,12	5,2	20	-1,56	0,16	0,16	Tidak Berbunyi	Soft Braking	0%	100%
13	29,38	8,16	4,9	20	-1,66	0,19	0,17	Tidak Berbunyi	Soft Braking	7%	93%
14	29,22	8,12	5,6	20	-1,46	0,2	0,15	Tidak Berbunyi	Soft Braking	7%	93%

No	Vt (km/j)	Vt (m/s)	t (s)	s (m)	a (m/s ²)	G-Force BrasMOOTH	G-Force Perhitungan	System Audio (Buzzer)	Output Visual (Tampilan LCD)	% Deviasi Pengukuran	% Akurasi Pengukuran
15	29,78	8,27	5	20	-1,65	0,19	0,17	Tidak Berbunyi	Soft Braking	13%	87%
16	31,48	8,74	2	20	-4,37	0,46	0,45	Berbunyi	Hard Braking	3%	97%
Rata-rata										9,20%	91%

Berdasarkan data pada tabel 3, didapatkan hasil pembacaan alat dengan kategori *Soft Braking* sebanyak 14 kali dan *Hard Braking* sebanyak 2 kali dan setelah dilakukan perhitungan untuk mencari hasil *g-force*, pada percobaan ke-12, diperoleh nilai akurasi tertinggi sebesar 100%, dan nilai akurasi terendah sebesar 78% didapatkan pada percobaan ke-10. Hasil pengukuran tersebut menunjukkan angka akurasi yang lebih baik dari hasil awal kalibrasi yang telah dilakukan. Secara rinci hasil tersebut dapat dilihat pada grafik perbandingan pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Saat Akan Kalibrasi dan Setelah Dilakukan *Adjustment*

Grafik perbandingan antara data yang diambil saat akan melakukan kalibrasi dan data setelah alat dilakukan *adjustment* atau perbaikan diatas, akurasi penunjukan alat setelah dilakukan *adjustment* meningkat jika dibandingkan saat dilakukan kalibrasi dari yang awalnya memiliki rata-rata persentase akurasi pengukuran sebesar 81% menjadi 91% sehingga, dengan melakukan kalibrasi, akurasi alat tersebut dapat ditingkatkan.

SIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil menciptakan sebuah alat ukur kehalusan pengereman yang inovatif, memanfaatkan teknologi *GPS* dan mikrokontroler Arduino Mega 2560. Melalui pendekatan sistematis yang mencakup pengkajian teori, penyusunan konsep, desain, dan *troubleshooting*, alat ini menunjukkan kinerja yang optimal. Hasil pengukuran menunjukkan tingkat akurasi mencapai 91% dengan deviasi yang terukur sebesar 9%. Deviasi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti ketepatan *GPS* dengan rentang penyimpangan sekitar 2 meter dan proses pencatatan waktu saat berlangsung. Sehingga penelitian ini berhasil mengembangkan alat ukur kehalusan pengereman yang inovatif pada mobil bus. Selain itu, penelitian ini juga berhasil menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi deviasi pengukuran, seperti ketepatan *GPS* dan proses pencatatan waktu, untuk memperbaiki

akurasi alat. Dengan demikian, alat ini tidak hanya memberikan solusi teknis yang efektif untuk mengukur kehalusan pengereman, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan keselamatan dan kenyamanan penumpang mobil bus, serta kualitas layanan transportasi secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Carter, C. (1997). *Principles of GPS. A Brief Primer on the Operation of the Global Positioning System*, ALLEN OSBORNE ASSOCIATES.
- Enge, P. K. (1994). The global positioning system: Signals, measurements, and performance. *International Journal of Wireless Information Networks*, 1, 83-105.
- Enggarsasi, U., & Sa'diyah, N. K. (2017). Kajian terhadap faktor-faktor penyebab kecelakaan lalu lintas dalam upaya perbaikan pencegahan kecelakaan lalu lintas. *Perspektif: Kajian Masalah Hukum dan Pembangunan*, 22(3), 238-247.
- Kaplan, E. D., & Hegarty, C. J. (2006). *Understanding GPS Principles and Applications. Second Edition*. London: Artech House.inc.
- Tempo.co. (2022, November 9). *Tempo Eksklusif*. Retrieved from <https://metro.tempo.co/:https://metro.tempo.co/read/1654959/transjakarta-sudah-jalankan-rekomendasi-knkt-angka-kecelakaan-masih-tinggi>