

## KESESUAIAN RANCANGAN SISTEM REM F15 TERHADAP BERAT DAN KECEPATAN KENDARAAN

### *THE SUITABILITY DESIGN OF THE BRAKE SYSTEM OF THE F15 TO THE WEIGHT AND SPEED OF THE VEHICLE*

Oleh:

Ninda Kurniadidan Zainal Arifin  
Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif FT UNY  
[ninda.kurniadi@gmail.com](mailto:ninda.kurniadi@gmail.com)

#### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kesesuaian rancang sistem rem F15 terhadap berat dan kecepatan kendaraan sesuai dengan regulasi 2015 Formula SAE dan lokal regulasi yang berlaku di Jepang. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang menggunakan metode pengujian untuk memecahkan permasalahan. Penelitian ini menggunakan subyek konfigurasi sistem rem pada mobil F15 dan melakukan pengujian pada sistem rem F15. Data-data didapatkan melalui spesifikasi komponen rem yang digunakan F15, mengamati dan mencatat langsung hasil pengujian. Hasil dari penelitian ini adalah rancangan desain dan hasil pengujian sistem rem yang layak digunakan pada mobil F15 yang akan berkompetisi pada Formula SAE. Ditinjau dari hasil perancangan konfigurasi sistem rem F15 layak karena telah memenuhi semua regulasi Formula SAE 2015. Dari hasil pengujian kesesuaian rancangan sistem rem terhadap berat kendaraan telah sesuai dengan rancangan besarnya gaya pengereman yang dibutuhkan sebesar 2764.5 N. Kesesuaian rancangan sistem rem F15 terhadap kecepatan kendaraan telah mampu menghentikan kendaraan dengan posisi semua roda terkunci sesuai dengan regulasi Formula SAE 2015.

Kata kunci: Rancangan Sistem Rem F15, Sistem Rem, Formula SAE 2015.

#### **Abstract**

*The objective of this research is to understand the suitability of the Formula 15 brake system to weight and vehicle speed in obey to 2015 Formula SAE regulation. This research considered as experiment research with testing method to solve the problem. The subject of this research is brake system configuration of F15 vehicle and testing of F15 brake system. The data obtained through the specification of brake components used by F15 also form directly observe and record test results. The result of this research is a design plan and test result of brake system designed that can maximize F15 performance on Formula SAE Competition. The result of this research show that brake system configuration of F15 can obey the 2015 Formula SAE Regulation. The testing result of brake system to vehicle weight can produce braking force 2764.5 N and capable to used for Formula 15. The conformity of F15 brake system design plan to vehicle speed can stop the vehicle with all wheel locked to obey the safety regulation of Formula SAE rule.*

*Keywords: Design of Brake System F15, Brake System, Formula SAE 2015*

#### **PENDAHULUAN**

Garuda UNY Racing Team merupakan tim mobil dari Universitas Negeri Yogyakarta yang berada dibawah naungan UKM Rekayasa Teknologi. Keterlibatan *team* dalam lomba internasional meliputi *International Student Green Car Competition* (ISGCC) di Seoul, South Korea dan *Student Formula Japan* (SFJ)

di ECOPA (Ogasayama Sport Park) Shizouka-Ken, Japan. Sebelum berkompetisi dalam ajang *Student Formula Japan*, Garuda UNY Racing Team (GURT) mengikuti *event* ISGCC yang diadakan di South Korea. Pertama kali GURT berkompetisi dalam ajang internasional adalah pada tahun 2013 yaitu pada *event* 2013 ISGCC, di tahun pertama GURT berkompetisi

dalam ajang 2013 ISGCC ini GURT mengikuti dalam kategori *Electric Vehicle*.

Selain mengikuti event ISGCC, GURT memulai kiprahnya di dunia internasional dengan mengikuti 2015 *Student Formula Japan* (2015 SFJ) pada tahun 2015 yang diadakan di ECOPA (Ogayasama Sport Park), Shizouka-ken, Japan. Dalam *event* yang diselenggarakan *Society of Automotive Engineering* (SAE), GURT mengikuti kategori *Internal Combustion Engine*. Mobil formula ini berbeda spesifikasi dengan mobil yang dilombakan dalam *event* ISGCC. Dalam Formula SAE ada banyak regulasi dari SAE Internasional yang harus dipenuhi supaya mobil layak jalan dan layak lomba. Selain regulasi dari SAE Internasional, peserta juga harus mematuhi regulasi lokal yang berlaku pada masing-masing negara penyelenggara *event* Formula SAE, sehingga tiap negara yang menyelenggarakan *event* ini pasti mempunyai regulasi lokal yang harus ditaati peserta.

Dari beberapa regulasi teknis diantaranya adalah regulasi sistem rem. Regulasi sistem rem harus menggunakan rem piringan dengan 2 master silinder. Disamping itu pada regulasi SAE harus menggunakan 2 master silinder rem karena menanggulangi rem blong jika saluran/selang rem bocor. Masing-masing roda harus mempunyai rem dan harus menggunakan rem piringan. Salah satu masalah yang sering muncul dalam perkembangan selama proses produksi dan saat latihan, adalah sistem rem, diantaranya master silinder bocor karena sealnya rusak diakibatkan oleh kualitas minyak rem yang kurang mendukung,

*balancer bar* bengkok karena kualitas material yang jelek, *disc brake* bengkok karena *overheating*, dan rem tidak seimbang pada keempat roda.

Sementara metode pengetesan pengereman yang dilakukan oleh panitia lomba di Jepang adalah mobil harus dipacu dalam jarak 25 m dan mobil harus berhenti dalam jarak 20 m pada *braking area* dengan keempat roda harus mengunci semua. Pada saat pengujian rem di Indonesia terdapat beberapa kendala yaitu roda depan tidak dapat mengunci dengan baik, sehingga penyettingan terus dilakukan. Pada saat *scrutineering* tes pengereman di Jepang, F15 mencoba tes rem sampai 4 kali setelah itu berhasil karena keempat roda tidak mengunci semua, pada saat tes pertama dan kedua roda depan tidak mengunci, tes ketiga roda belakang tidak mengunci dan tes keempat berhasil dengan keempat roda mengunci semua, sehingga F15 dinyatakan layak untuk balapan dan melanjutkan untuk *race*. Tes rem merupakan tes terakhir setelah kendaraan melewati beberapa pengetesan diantaranya adalah *technical inspection*, *tilt table*, *noise test* dan terakhir *brake test*.

## **METODE PENELITIAN**

### **Jenis Penelitian**

Penelitian ini menguji kesesuaian sistem rem F15 terhadap berat dan kecepatan kendaraan dengan melakukan uji akselerasi sepanjang lintasan 25 meter dan area pengereman 20 meter dengan menggunakan acuan regulasi Formula SAE 2015. Metode

penelitian yang digunakan adalah eksperimen, peneliti melakukan modifikasi pada konfigurasi sistem rem dan menggunakan regulasi Formula SAE dan lokal regulasi sebagai acuannya.

### **Waktu dan Tempat Penelitian**

Pembuatan dan perancangan sistem rem F15 dilakukan di *workshop* Garuda UNY Racing Team yang berada di belakang gedung LPPMP UNY dan pengujian pengereman dilakukan di Stadion Maguwoharjo Jalan Kepuh Sari, Maguwoharjo, Depok, Sleman, D.I.Yogyakarta, 55584. Penelitian dilakukan mulai tanggal 1 Februari 2015 hingga 1 Juli 2015.

### **Target/Subjek Penelitian**

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah konfigurasi sistem rem F15 menggunakan 2 master silinder, 4 *fixed caliper* dengan dua piston, 4 piringan rem. Dengan konfigurasi satu master silinder untuk rem depan dan satu lagi untuk rem belakang.

### **Prosedur**

Prosedur yang dilakukan adalah pertama melakukan kalkulasi terhadap sistem rem F15, kemudian merancang desain sistem rem F15, selanjutnya pembuatan komponen sistem rem. Setelah semua komponen selesai kemudian merakit semua komponen sistem rem dan dilakukan uji coba sistem rem pada lintasan sepanjang 25 meter. Setelah pengujian selesai dilakukan evaluasi dan perbaikan

## **Data, Instrumen, dan Teknik Pengumpulan**

### **Data**

Pengambilan data dengan dibantu beberapa tim teknis yaitu dengan cara mobil dipacu sekencang-kencangnya pada lintasan sepanjang 25 meter setelah masuk *braking area* mobil direm, apakah keempat roda mengunci semua atau tidak pada *braking area* sepanjang 20 meter. Data yang diambil adalah apakah semua roda mengunci atau tidak, saat pengereman melebihi *braking area* atau tidak, besarnya daya/gaya pengereman yang dibutuhkan didasarkan pada kemampuan sistem pengereman untuk menghentikan semua roda secara bersamaan. Data yang dibutuhkan adalah kecepatan kendaraan, berat kendaraan, gaya pengereman pada pedal, diameter master silinder dan diameter kaliper.

### **Teknik Analisis Data**

Data perhitungan untuk sistem rem yaitu sesuai dengan spesifikasi *part* sistem rem yang diaplikasikan pada F15. Setelah perhitungan selesai kemudian dilakukan pengujian sistem rem. Hasil dari pengujian adalah apakah semua roda sudah dapat mengunci pada *braking area*. Jika semua roda sudah dapat mengunci pada *braking area* berarti pengujian dianggap berhasil karena tidak ada acuan pasti untuk menentukan pengujian rem ini. Pada regulasi Formula SAE 2015 saat pengujian rem adalah semua roda harus bisa mengunci. Ini berarti kalau semua roda sudah dapat mengunci pada *braking area* maka pengujian rem dinyatakan berhasil.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 1. Perhitungan Sistem Rem F15

Untuk mengetahui besarnya gaya pengereman yang dibutuhkan untuk menghentikan semua roda secara bersamaan, maka dilakukan beberapa perhitungan. Proses perhitungan menggunakan persamaan untuk mengetahui besarnya gaya pengereman F15 apakah sudah mampu untuk menghentikan semua roda atau belum. Beberapa data yang dibutuhkan antara lain adalah berat kendaraan, kecepatan kendaraan, waktu berhenti, gaya pada pedal, diameter master silinder, diameter kaliper rem, diameter disc brake, panjang lintasan, hambatan kendaraan dan grafitasi.

Berikut adalah perhitungan sistem rem F15 :

$$\text{Torsi pengereman} = 2 \times 0.12 \times 0.6 \times 1500000 \times (6.35/1000) = 137.16 \text{ Nm}$$

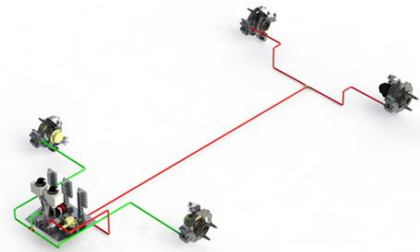
$$\text{Efisiensi pengereman} = (9.5/9.81) \times 100\% = 96\%$$

$$F = 291 \text{ kg} \times 9.5 \text{ m/s} = 2764.5 \text{ N}$$

### 2. Rancangan Sistem Rem

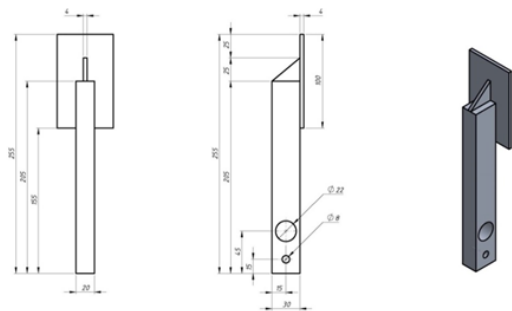
Pada awal tahun GURT mengikuti 2015 *Student Formula Japan*, memilih menggunakan master silinder dengan diameter piston 0.625 inchi, *fixed caliper* dengan 2 piston berdiameter 1.12 inchi, dengan kampas bermaterial *sintered metallic* dan *steel disc brake* diameter 24 cm. Menggunakan sambungan T pembagi antara rem kiri dan kanan dan menggunakan selang rem *stainless steel braided*. Pemilihan komponen sistem rem tersebut dengan beberapa pertimbangan

diantaranya adalah komponen yang kecil dan ringan dan yang jelas tentunya sesuai dengan mobil yang didesain. Menyesuaikan dengan *part* lain seperti velg, karena kaliper dan piringan terletak didalam velg. Untuk perancangan desain mobil F15 secara keseluruhan menggunakan *software SolidWorks*, untuk merancang desain sistem rem F15 yang sesungguhnya.



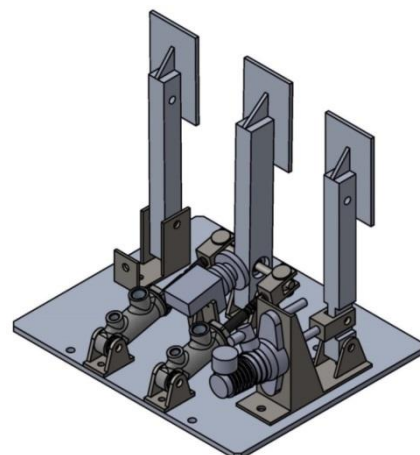
Gambar 1. Konfigurasi Sistem Rem F15

### 3. Pembuatan Part Sistem Rem



Gambar 2. Pedal Rem

Pedal terbuat dari material plat aluminium 2024 dengan tebal 4 mm dan aluminium pejal kotak. Proses pengerjaan pedal rem dan pedal box menggunakan mesin CNC supaya lebih presisi dan efisiensi waktu

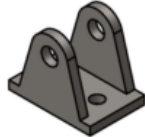


Gambar 3. Pedal Box



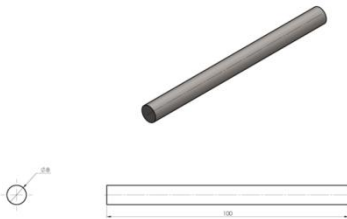
Gambar 4. Bracket Pedal Rem

Bracket pedal rem menggunakan material aluminium 2024 dengan proses pengerjaan menggunakan mesin CNC supaya hasil lebih presisi.



Gambar 5. Bracket Master Silinder

Bracket master silinder terbuat dari material aluminium 2024 dengan proses mesin CNC.



Gambar 6. Batang Balancer Bar

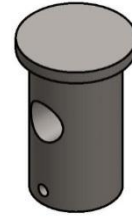
Batang balancer bar terbuat dari material ST60 pejal berdiameter 8 mm dan panjang 100 mm. Kedua ujung batang balancer bar diulir untuk mur pengunci.



Gambar 7. Holder Push Rod Master Silinder

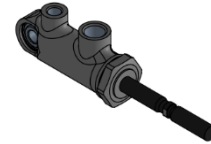
Holder Push Rod Master Silinder terbuat dari material aluminium, proses pengerjaan holder dengan menggunakan mesin milling. Setelah profil U terbentuk dilakukan pengeboran untuk part pengunci antara

*Kesesuaian Rancangan Sistem Rem F15 (Ninda K) 61* holder dan batang balacer bar, kemudian diulir untuk koneksi dengan push rod master silinder.



Gambar 8. Kunci Batang Balancer Bar dan Holder Push Rod

Pengunci terbuat dari material aluminium pejal silinder dengan diameter 18 mm. Proses pengerjaan melalui mesin bubut karena bentuk pengunci yang simpel.



Gambar 9. Master Silinder Rem

Pada unit master silinder, F15 menggunakan master silinder jenis tumpuan depan. F15 menggunakan 2 master silinder tumpuan depan, penggunaan 2 master silinder ini karena regulasi mengharuskan setiap mobil memiliki 2 master silinder rem. Piston master silinder berdiameter 0.625 inci (15.95 mm).



Gambar 10. *Stainless Steel Braided*

Selang rem terbuat dari material stainless steel, jenis dari selang rem ini adalah stainless steel braided. Selang rem ini didesain khusus untuk kepentingan racing

yang tahan dengan suhu tinggi dan tahan bakar.

diameter disc brake yang relatif kecil yang dapat masuk dalam velg.



Gambar 11. Pembagi T

Katup pembagi terbuat dari material alumunium, katup pembagi berfungsi untuk membagi aliran fluida ke rem kiri ke kanan. Dari master silinder ke selang rem kemudian melewati katup T dan fluida di distribusikan ke rem kiri dan kanan.



Gambar 12. Kaliper Rem

F15 menggunakan *fixed caliper* untuk semua rem di masing-masing roda. Bodi kaliper terbuat dari material alumunium dan piston kaliper terbuat dari stainless steel. Kaliper memiliki 2 piston berlawanan yang berdiameter 1.12 inchi (28.45 mm). Proses pembuatan kaliper yaitu dengan proses casting.



Gambar 13. Piringan Rem

Disc brake terbuat dari material steel, dan berdiameter 240 mm. Pemilihan penggunaan disc brake ini dikarenakan

#### 4. Data Uji Coba Sistem Rem F15

Setelah dilakukan identifikasi komponen sistem rem dan dilakukan kalkulasi terhadap besarnya gaya pengereman pada F15. Berikut merupakan beberapa data uji coba (*running test*) yang dilakukan F15. Awal Mei 2015 adalah kali pertama F15 *running test* yaitu bertempat di rektorat UNY, untuk kali pertama *running test* adalah pada malam hari pada pukul 22:00 WIB. Dari hasil uji coba pertama didapatkan beberapa permasalahan, *feedback* dari keempat *driver* adalah getaran yang terlalu besar di *cockpit*, rem kurang pakem, mobil susah belok kiri dan *travel shifter* yang terlalu panjang. Setelah semua *driver* menguji rem yaitu dengan cara mobil dipacu pada jarak 25 meter dengan kecepatan 75 km/h dan setelah masuk *braking area* mobil dilakukan pengereman ternyata mobil berhenti pada jarak 13 meter dari 20 meter *braking area* yang tersedia tetapi roda depan tidak dapat mengunci. Kemudian penyettingan dilakukan oleh tim teknis, pada bagian *balancer bar* dilakukan penyettingan. Panjang push rod master silinder yang awalnya 10 cm dirubah menjadi 8 cm. Setelah penyettingan dilakukan, F15 mencoba untuk uji rem lagi. Percobaan kedua dilakukan di rektorat pada malam hari. Pada percobaan 2 yang dilakukan F15 sudah tidak ada keluhan dari *driver* terkait sistem rem. Hanya saja masih ada getaran yang terdapat pada area *cockpit*. Pada saat kendaraan diuji rem yaitu dengan cara dipacu pada jarak 25 meter kendaraan mampu berhenti pada jarak 8 meter dengan semua roda terkunci dengan kecepatan kendaraan 70km/h. Semua *driver*

sudah menguji rem F15 dan mobil sudah mampu berhenti pada *braking area* dengan semua roda terkunci.

## 5. Pengujian Sistem Rem F15

Setelah kalkulasi besarnya torsi rem, efisiensi, gaya pengereman dan *running test* pada F15, kemudian pengujian sistem rem dilakukan lagi di Maguwoharjo stadium, dengan dibantu beberapa tim teknis. Beberapa alat dipersiapkan untuk pengujian diantaranya adalah *cone*, meteran sepanjang 50 meter, buku dan pulpen. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah hasil kalkulasi gaya pengereman sebesar 2764.5 N ini sudah dapat menghentikan semua roda atau belum. Pengujian dengan panjang lintasan 25 meter dan *braking area* sepanjang 20 meter. 4 tim teknis masing-masing melihat satu roda dan satu lagi mengukur seberapa jauh mobil terlempar setelah memasuki *braking area*. F15 dipacu sekencang-kencangnya pada lintasan sepanjang 25 meter dan setelah memasuki *braking area* F15 melakukan pengereman, dengan hasil mobil terlempar sejauh 8 meter dari 20 meter *braking area* dan semua roda dapat mengunci pada kecepatan 70 km/h. Hasilnya sama seperti saat awal mobil *running test*.

## 6. Pembahasan

Setelah dilakukan kalkulasi dan pengujian terhadap sistem rem F15 maka didapat beberapa hasil yaitu adalah efisiensi pengereman sebesar 96%, torsi pengereman sebesar 137.16 Nm dan gaya total yang dibutuhkan untuk menghentikan semua roda adalah sebesar 2764.5 N. Dari hasil pengujian yang dilakukan tim teknis pada Maguwoharjo stadium 7 Mei 2015

*Kesesuaian Rancangan Sistem Rem F15 (Ninda K) 63* didapatkan hasil bahwa jarak pengereman 8 meter dari 20 meter *braking area* dan semua roda dapat mengunci pada kecepatan 70 km/h. Menurut kajian teori, gaya pengereman sebesar 2764.5 N sudah mampu untuk menghentikan semua roda. Pada kajian teori, sebuah kendaraan dengan berat 1,2 ton diuji menggunakan *brake tester* yaitu pengujian rem secara statis menghasilkan gaya pengereman sebesar 3600 N untuk menghentikan semua roda. Maka untuk F15 dengan berat total kendaraan bersama *driver* adalah 291 kg membutuhkan gaya pengereman sebesar 2764.5 N untuk menghentikan semua roda. Besarnya gaya pengereman tersebut didapatkan karena beberapa komponen sistem rem F15 mengadopsi mirip seperti pada mobil F1. Beberapa komponen tersebut diantaranya adalah master silinder jenis tumpuan depan, *fixed caliper* dengan piston yang berlawanan hanya saja pada F15 kaliper lebih kecil hanya menggunakan 2 piston berlawanan dan kalau mobil F1 bisa menggunakan sampai 8 piston berlawanan. Konstruksi konfigurasi sistem rem yang dirancang oleh tim teknis juga telah mengadopsi layaknya mobil F1 seperti pada kajian teori yaitu dengan satu master silinder dibagi untuk 2 kaliper dan satu master silinder lagi untuk 2 kaliper lainnya.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan uraian dan data hasil penelitian serta pembahasan, dapat disimpulkan bahwa :

Kesesuaian rancangan sistem rem F15 terhadap berat kendaraan telah sesuai dengan rancangan, dengan besar gaya pengereman untuk menghentikan kendaraan sebesar 2764.5 N.

Kesesuaian rancangan sistem rem F15 terhadap kecepatan kendaraan telah mampu menghentikan kendaraan pada jarak 8 meter dari 20 meter *braking area* dengan kecepatan 70 km/h dengan posisi semua roda terkunci sesuai dengan regulasi Formula SAE 2015 dan lokal regulasi yang berlaku di *Student Formula Japan*.

Sistem rem F15 dinyatakan layak memenuhi persyaratan regulasi Formula SAE 2015 karena memenuhi semua indikator dari faktor komponen, konfigurasi sirkuit, pengujian serta dapat melewati inspeksi teknis pada 2015 *Student Formula Japan* sehingga sistem rem F15 dinyatakan layak pada mobil F15 pada kompetisi 2015 *Student Formula Japan*.

## Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang sudah disampaikan diatas, maka dapat diajukan beberapa saran sebagai berikut :

1. Simulasi gaya pada pedal box lebih teliti lagi supaya tidak ada kerusakan pada pedal terutama pedal rem.
2. Lebih hati-hati dalam pemilihan komponen sistem rem seperti master silinder, kaliper rem, kampas rem dan piringan rem. Karena untuk pemakaian balap berbeda dengan komponen untuk mobil biasa. Piringan rem cepat aus dan

mudah deformasi, untuk kedepannya lebih teliti lagi untuk pemilihan material untuk piringan rem.

3. Penataan posisi selang-selang rem harus benar-benar diperhatikan di area belakang yaitu area dekat *engine* karena banyak komponen panas.
4. Pengecekan secara berkala pada part sistem rem seperti master silinder, selang rem, kaliper, kampas rem dan piringan rem.
5. Diusahakan kaliper rem bisa diberi termometer khusus kaliper supaya suhu kaliper selalu terdeteksi. secara fisik dan mental pada saat berkompetisi.



*Kesesuaian Rancangan Sistem Rem F15 (Ninda K) 65*  
Limpert, Rudolf. (1999). *Brake Design and Safety Second Edition*. USA: Society of Automotive Engineers, Inc.

Martin, A. L. (1970). *Science and Calculation for Motor Vehicle Technicians*. Great Britain: The English Universities Press Ltd.

SAE. (2015). *Formula SAE Rules 2015*, SAE. Diakses pada tanggal 1 Februari 2016 pukul 18:45.

Shimada, Yukio., Nakano, Makoto., Ishihama, Masao. et. al. (2007). *Motor Car Development/Fabrication Guide*. Japan: Society of Automotive Engineers of Japan, Inc.

## DAFTAR PUSTAKA

Ali, H. Mohammad. (1993). *Strategi Penelitian Pendidikan*. Bandung: Angkasa

Bonnick, Allan. (2008). *Automotive Science and Mathematics*. USA: Elsevier Ltd. Joanie. (2013).

Breuer, Bert & Bill, H. (2008). *Brake Technology Handbook*. USA: Society of Automotive Engineers, Inc.