

## BAB IV

### PROSES, HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Proses Pembuatan Sistem Rem

Proses pembuatan sistem rem mobil UG 18 ini meliputi beberapa tahapan diantaranya pembuatan dan pemasangan komponen meliputi dudukan kaliper, kaliper, T pembagi, selang rem, master silinder, *return spring*, dan *pedal box*. Proses pembuatan dan pemasangan komponen diatas diantaranya adalah:

1. Pembuatan *pedal box*

*Pedal box* pada mobil UG 18 ini menyatu langsung dalam *chassis* mobil, hal ini dilakukan untuk mengurangi jumlah bahan yang digunakan dan berat mobil. *Pedal box* ini terbuat dari aluminium hollow dengan dimensi 25mmx50mmx2mm, pada proses penggerjaannya dapat terbagi menjadi dua proses yaitu:

- a. Pembuatan dudukan master silinder

Pembuatan dudukan master *cylinder* ini diawali dengan mendesain dudukan master *cylinder* terlebih dahulu, kemudian dilakukan proses pemotongan gambar kerja sesuai desain untuk ditempelkan pada aluminium hollow. Setelah pola tertempel selanjutnya hanya perlu melakukan pengeboran sesuai pola yang sudah tertempel.

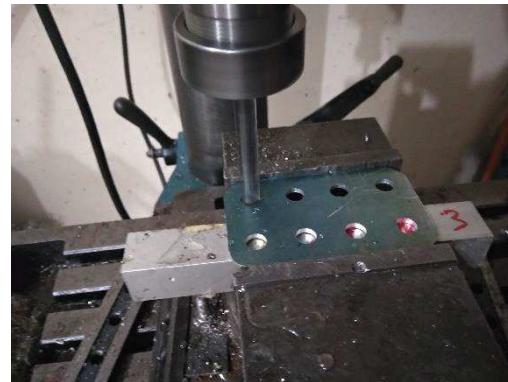
b. Pembuatan dudukan pedal rem

Pembuatan dudukan pedal rem ini diawali dengan mendesain dudukan pedal rem terlebih dahulu, kemudian dilakukan proses pemotongan gambar kerja sesuai desain untuk ditempelkan pada aluminium hollow. Selanjutnya lakukan pemotongan aluminium hollow dengan gerinda tangan sesuai dengan pola yang sudah tertempel. Setelah itu lakukan pengeboran pada aluminium hollow sesuai pola yang nantinya akan menjadi dudukan pedal rem. Setelah pemotongan dan pengeboran selesai lakukan pengelasan antara dudukan pedal rem dan dudukan master silinder.

c. Pembuatan pedal rem

Pedal rem ini dibuat dengan dua plat aluminium yang berbeda ketebalannya, untuk bagian penampang kaki digunakan plat aluminium dengan ketebalan 2mm dan untuk bagian tuasnya menggunakan plat aluminium dengan ketebalan 5mm. Setelah proses mendesain pedal rem selesai maka proses penggerjaan dapat dilakukan dengan memulai mencetak gambar kerja, memotongnya dan kemudian menempelkannya pada plat aluminium ketebalan 2mm dan 5 mm. Selanjutnya lakukan pemotongan dan pengeboran sesuai pola yang ditempelkan serta lakukan penumpulan pada bagian yang tajam akibat proses pemotongan dan pengeboran. Ketika kedua benda kerja telah siap langkah terakhir dalam penggerjaan pedal rem ini adalah penyatuan kedua benda kerja yakni

dengan proses pengelasan.



Gambar 45. Pengeboran pedal rem



Gambar 46. Pengelasan pedal rem

d. Pembuatan *Spacer* pedal rem

*Spacer* pedal rem ini terbuat dari kuningan silinder dengan diameter 12mm. *Spacer* pedal rem ini terbagi menjadi dua macam yakni spacer atas dan spacer bawah, dibawah ini akan dijelaskan proses pembuatan *spacer* pedal rem:

Proses pertama dalam pembuatan *spacer* pedal rem atas ini adalah memasang kuningan silinder pada mesin bubut dan pastikan sudah *center*. Setelah *center* lakukan pembubutan awal pada ujung

kuningsn silinder, selanjutnya lakukan pembubutan pada sisi luar dengan hasil akhir 11mm sepanjang 8,5mm. Selanjutnya lakukan pengeboran dengan mata bor M8 dengan panjang 8,5mm, setelah dilakukan pengeboran lakukan pemotongan sepanjang 8,5mm. Lakukan proses tersebut lagi untuk didapatkan 2 *spacer*.

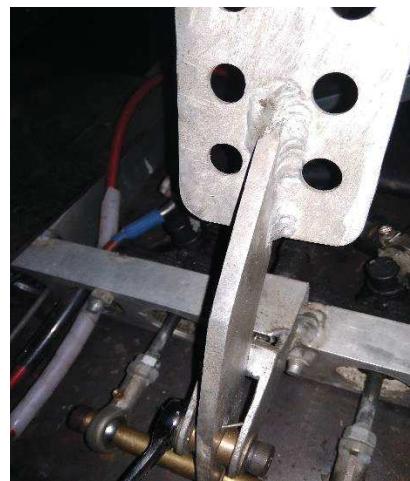
Untuk proses pembuatan *spacer* pedal rem pada bagian bawah prosesnya sama dengan pembuatan *spacer* pedal rem bagian atas perbedaannya hanya pada panjang *spacer* saja yakni 85mm.



Gambar 47. Pembuatan *spacer* pedal rem

e. *Assembly* pedal rem

*Assembly* pedal rem ini dilakukan dengan menempatkan pedal rem pada dudukannya dan diberi *spacer* pada bagian kiri dan kanan supaya pedal tidak goyang kekiri dan kekanan, setelah itu ikat dengan menggunakan baut M8. Selanjutnya hubungkan kedua *rod end* pada tuas *master cylinder* dengan tuas rem bagian bawah dengan menggunakan baut M8, pada saat memasang baut terlebih dahulu dipasang *spacer* pada kedua sisi pedal supaya pedal rem tidak bergoyang kekiri dan kekanan.



Gambar 48. Pemasangan pedal rem.



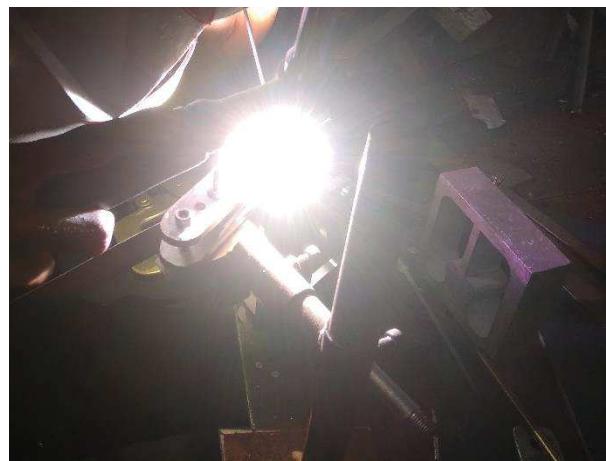
Gambar 49. Pemasangan *spacer* pedal rem.

## 2. Pembuatan sistem rem depan

### a. Pembuatan dan pemasangan dudukan kaliper

Dudukan kaliper roda depan ini terbuat dari plat aluminium serie 7075 yang tebalnya 5 mm. Proses awal penggeraannya adalah perancangan (*design*) terlebih dahulu untuk meminimalisir kegagalan pembuatan dudukan caliper. Langkah selanjutnya adalah pemotongan dan penempelan pola pada plat aluminium, setelah pola tertempel dilanjutkan dengan pemotongan dan pengeboran sesuai gambar yang telah ditempelkan. Selanjutnya lakukan proses

pengelasan antara *upright* dengan dudukan kaliper, setelah pengelasan selesai lakukan proses assembly pada *chasis* mobil UG 18.



Gambar 50. Pengelasan dudukan kaliper dengan *upright*

b. Memodifikasi kaliper dan pembuatan *return spring*

Modifikasi kaliper roda depan pada mobil UG 18 menggunakan kaliper brembo REAR CNC P2 34. Pada modifikasi ini langkah awal dalam melakukan modifikasi adalah melepas kampas rem dari kaliper, selanjutnya tempatkan kampas pada mesin milling dan pastikan kampas tidak miring. Sebelum proses *milling* dilakukan alangkah baiknya menggunakan APD seperti masker, sarung tangan dan kaca mata. APD tersebut harus digunakan karena serbuk kampas yang terbuat dari bahan asbes sangat berbahaya apabila terhirup kedalam paru-paru dan dapat mengakibatkan gatal pada kulit serta iritasi mata jika masuk kedalam mata. Selanjutnya nyalakan mesin dan lakukan pengikisan kedua ujung kampas dengan lebar 2mm, celah ini digunakan sebagai tempat *return spring*.



Gambar 51. Pengikisan kampas rem



Gambar 52. *Return spring.*

Langkah pembuatan *return spring* dilakukan dengan mempersiapkan kawat *stainless stell* dengan ketebalan 2mm. Potong kawat *stainless* tersebut dengan panjang 150mm, selanjutnya siapkan besi pejal dengan diameter 25mm untuk digunakan sebagai bantuan membengkokkan kawat. Selain besi pejal dapat digunakan juga tang dan palu untuk memudahkan pembentukan lingkaran kawat *stainless* dengan diameter 25mm dan menyisakan dua ujung kawat yang berfungsi sebagai pendorong kampas rem ke posisi semula.

c. Pembuatan *spacer disk brake*

*Spacer disk brake* terbuat dari plat aluminium dengan ketebalan 5mm, proses awal dari pembuatan *spacer* ini adalah dengan memotong plat aluminium dengan dimensi 95mmx95mm. Setelah dilakukan pemotongan tentukan titik tengah plat aluminium tersebut untuk dilakukan pengeboran dengan mata bor M8. Selanjutnya pasangkan baut M8 pada lubang tersebut untuk dicekam pada mesin bubut, lalu pasang pada mesin bubut dan pastikan sudah *center*. Lakukan pembubutan pada ujung plat hingga menjadi lingkaran dengan diameter 94mm, selanjutnya ganti cekam bubut menjadi cekam bubut luar untuk membubut bagian dalam *spacer* supaya dapat masuk ke dalam tromol dengan diameter 58mm. Setelah pembubutan selesai lakukan pengeboran *spacer* dengan mata bor M12 dengan jarak *center to center* 78mm sesuai dengan lubang cakram variasi Honda Beat.



Gambar 53. Pembubutan *spacer* cakram

d. *Assembly* sistem rem depan

Proses *assembly* merupakan pemasangan komponen sistem rem yang telah dibuat pada mobil UG 18. Langkah-langkah *assembly* tersebut akan dijelaskan dibawah ini:

1) Pemasangan dudukan kaliper

Dudukan kaliper roda depan menjadi satu kesatuan sehingga pemasangan dudukan kaliper bersamaan dengan pemasangan *upright*. Sebelum *upright* dipasang pada rangka mobil UG 18 pasang terlebih dahulu dua *male rod end* M10 pada rangka mobil dan ikat dengan baut M10. Setelah itu pasang *upright* pada *male rod end* dan ikat dengan menggunakan baut M10 pada masing-masing lubang *male rod end*.



Gambar 54. Pemasangan *upright*.

2) Pemasangan roda depan

Untuk pemasangan roda depan kiri dan kanan tidak ada perbedaan dalam pemasangannya, yakni dengan memasang ban dalam dan ban lur pada *velg* yang sudah dirangkai dengan tromol. Selanjutnya pasangkan *bearing* roda pada salah satu sisi

tromol dengan menggunakan bantuan palu dan pipa besi yang ukurannya hampir sama dengan diameter luar *bearing*. Lalu masukkan *spacer* yang sudah dibuat sebelumnya kedalam tromol untuk menjaga agar bearing tidak bergeser saat mobil dikendarai. Selanjutnya pasangkan bearing roda pada sisi tromol yang lain, pastikan *spacer* tidak terhimpit bearing terlalu kencang maupun terlalu longgar. Langkah berikutnya pasang *spacer* cakram dan cakram rem pada tromol serta ikat dengan 4 buah baut M8. Pasangkan roda yang sudah dirakit pada poros roda depan dengan cakram berada disisi dalam kendaraan. Kemudian pasangkan *spacer* dan ikat dengan menggunakan mur M12.



Gambar 55. Perakitan roda.

### 3) Pemasangan master silinder

Master silinder yang digunakan pada mobil UG 18 adalah master silinder kopling atas mobil inova. Sebelum dipasang pada dudukan master silinder terlebih dahulu pada ujung tuas penggerak dipasang *male rod end* M8, *male rod end*

ini berfungsi untuk mengatur panjang pendek tuas master silinder dan menerima gerakan dari pedal rem. Langkah selanjutnya adalah memasang master silinder untuk sistem rem roda depan pada dudukannya dan ikat dengan menggunakan mur M8.



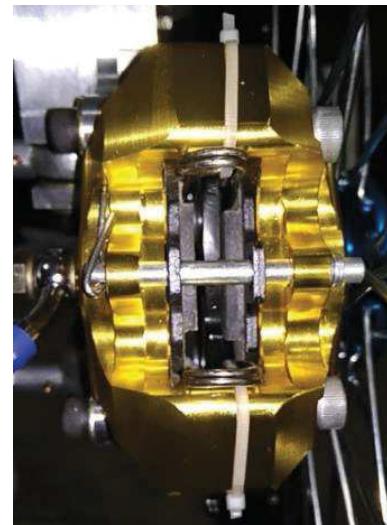
Gambar 56. Pemasangan *mater cylinder*.

#### 4) Pemasangan kaliper rem

Untuk pemasangan kaliper rem roda depan mobil UG 18 ini menggunakan kaliper brembo REAR CNC P2 34, untuk pemasangannya kaliper ini dipasang pada dudukan kaliper dan diikat dengan menggunakan baut M8. Untuk pemasangan *return spring* ditempatkan pada kedua ujung kampas kaliper yang sudah dibuatkan alur, saat pemasangan *return spring* ini harus berhati-hati supaya tangan tidak terluka akibat pemasangan yang tidak tepat.



Gambar 57. Pemasangan kaliper rem.



Gambar 58. Pemasangan *return spring*.

##### 5) Pemasangan sistem hidrolik

Untuk pemasangan pada bagian ini diawali dengan memasang selang master silinder dan *reservoir tank*, pada ujung-ujung selang dipasangkan *clamp* untuk mengantisipasi adanya kebocoran. Selanjutnya adalah merangkai sistem hidrolik untuk kedua roda depan, pertama-tama pasangkan selang rem TDR yang panjangnya 65 cm pada lubang output master cylinder dan ikat dengan baut banjo (baut khusus sistem

hidrolik) serta dilengkapi dengan ring solar. Untuk ujung yang satunya sambungkan dengan T selang rem dan ikat dengan menggunakan baut banjo serta ring solar. Selanjutnya hubungkan kedua ujung t selang rem pada kedua kaliper roda depan dengan menggunakan selang TDR dengan panjang 130cm, setelah itu ikat semua persambungan dengan baut banjo.



Gambar 59. Pemasangan *reservoir tank*.



Gambar 60. Pemasangan T rem.



Gambar 61. Pemasangan selang rem.

### 3. Pembuatan sistem rem belakang

#### a. Pembuatan dudukan kaliper roda belakang

Dudukan poros dan kaliper roda belakang ini terbuat dari aluminium pejal serie 7075. Dudukan kaliper ini menyatu dengan dudukan poros roda belakang yang bagian luar. Dudukan poros bagian lur ini terbuat dari aluminium balok pejal dengan dimensi 135mmx25mmx120mm, proses awal penggerjaan dari dudukan poros ini adalah mendesain dan simulasi untuk melihat kekuatan dari dudukan kaliper. Selanjutnya membuat program CNC dari desain awal, setelah program sudah selesai maka langkah selanjutnya adalah proses CNC. Setelah proses CNC selesai pasangkan bearing pada rumah bearing dan kunci bearing dengan snap ring.



Gambar 62. Proses CNC dudukan kaliper

b. Memodifikasi kaliper dan pembuatan *return spring*

Modifikasi kaliper roda belakang pada mobil UG 18 menggunakan kaliper Brembo REAR CNC P4 24. Pada modifikasi ini langkah awal dalam melakukan modifikasi adalah melepas kampas rem dari kaliper, selanjutnya tempatkan kampas pada mesin milling dan pastikan kampas tidak miring. Sebelum proses *milling* dilakukan alangkah baiknya menggunakan APD seperti masker, sarung tangan dan kaca mata. APD tersebut harus digunakan karena serbuk kampas yang terbuat dari bahan asbes sangat berbahaya apabila terhirup kedalam paru-paru dan dapat mengakibatkan gatal pada kulit serta iritasi mata jika masuk kedalam mata. Selanjutnya nyalakan mesin dan lakukan pengikisan kedua ujung kampas dengan lebar 2mm, celah ini digunakan sebagai tempat *return spring*.



Gambar 63. Pengikisan kampas rem



Gambar 64. *Return spring*.

Langkah pembuatan *return spring* dilakukan dengan mempersiapkan kawat *stainless stell* dengan ketebalan 2mm. Potong kawat *stainless* tersebut dengan panjang 150mm, selanjutnya siapkan besi pejal dengan diameter 25mm untuk digunakan sebagai bantuan membengkokkan kawat. Selain besi pejal dapat digunakan juga tang dan palu untuk memudahkan pembentukan lingkaran kawat *stainless* dengan diameter 25mm dan menyisakan dua ujung kawat yang berfungsi sebagai pendorong kampas rem ke posisi semula.

c. Pembuatan *Spacer disk brake*

*Spacer disk brake* terbuat dari plat aluminium dengan ketebalan 5mm, proses awal dari pembuatan kaliper ini adalah dengan memotong plat aluminium dengan dimensi 95mmx95mm .Setelah dilakukan pemotongan tentukan titik tengah plat aluminium tersebut untuk dilakukan pengeboran dengan mata bor M8. Selanjutnya pasangkan baut M8 pada lubang tersebut untuk dicekam pada mesin bubut, lalu pasang pada mesin bubut dan pastikan sudah *center*. Lakukan pembubutan pada ujung plat hingga menjadi lingkaran dengan diameter 94mm, selanjutnya ganti cekam bubut menjadi cekam bubut luar untuk membubut bagian dalam spacer supaya dapat masuk ke dalam tromol dengan diameter 58mm. Setelah pembubutan selesai lakukan pengeboran spacer dengan mata bor M12 dengan jarak *center to center* 78mm sesuai dengan lubang cakram variasi Honda Beat.



Gambar 65. Pembubutan *spacer* cakram

d. *Assembly* sistem rem belakang

Proses *assembly* merupakan pemasangan komponen sistem rem yang telah dibuat pada mobil UG 18. Langkah-langkah *assembly* tersebut akan dijelaskan dibawah ini:

1) Pemasangan roda belakang

Untuk perakitan roda belakang bagian kanan sama dengan perakitan roda depan bedanya harus diperhatikan rotasi ban karena untuk roda belakang cakram berada disisi luar mobil. Pemasangan roda belakang sebelah kanan diawali dengan memasangkan poros pada tromol roda dan dikedua sisi tromol dipasang *spacer* roda. Selanjutnya masukkan dudukan poros pada kedua sisi poros lalu pasang bersamaan kedua dudukan poros pada *chasis* dan ikat dengan menggunakan baut M8. Langkah terakhir pasang sapacer pada kedua sisi luar dudukan poros dan ikat dengan menggunakan mur M12.

Untuk langkah pemasangan roda belakang sebelah kiri memiliki perbedaan dengan pemasangan roda belakang sebelah kanan. Perbedaannya terletak pada penambahan komponen *dog clutch* yang berfungsi sebagai pemutus dan penghubung tenaga yang dihasilkan dari mesin.



Gambar 66. Pemasangan dudukan kaliper.

2) Pemasangan master silinder

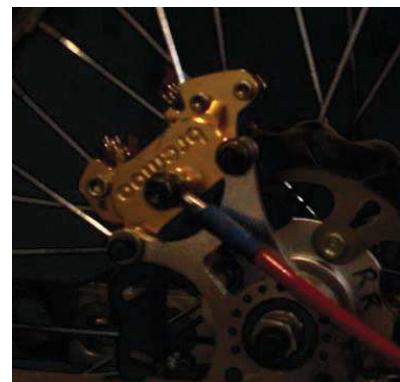
Master silinder yang digunakan pada mobil UG 18 adalah master silinder kopling atas mobil inova. Sebelum dipasang pada dudukan master silinder terlebih dahulu pada ujung tuas penggerak dipasang *male rod end* M8, *male rod end* ini berfungsi untuk mengatur panjang pendek tuas master silinder dan menerima gerakan dari pedal rem. Langkah selanjutnya adalah memasang master silinder untuk sistem rem roda belakang pada dudukannya dan ikat dengan menggunakan mur M8.



Gambar 67. Pemasangan mater silinder.

### 3) Pemasangan kaliper rem

Untuk kaliper roda belakang menggunakan kaliper brembo REAR CNC P4 24, untuk pemasangannya kaliper ini dipasang pada dudukan kaliper dan diikat dengan menggunakan baut M6.. Untuk pemasangan *return spring* ditempatkan pada kedua ujung kampas kaliper yang sudah dibuatkan alur, saat pemasangan *return spring* ini harus berhati-hati supaya tangan tidak terluka akibat pemasangan yang tidak tepat.



Gambar 68. Pemasangan kaliper

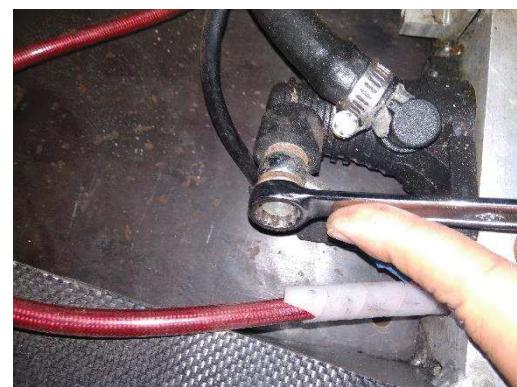
### 4) Pemasangan sistem hidrolik

Untuk pemasangan pada bagian ini diawali dengan memasang selang master silinder dan *reservoir tank*, pada ujung-ujung selang dipasangkan *clamp* untuk mengantisipasi adanya kebocoran. Selanjutnya adalah merangkai sistem hidrolik untuk kedua roda belakang, pertama-tama pasangkan selang rem TDR yang panjangnya 65 cm pada lubang output master silinder dan ikat dengan baut banjo (baut khusus sistem hidrolik) serta dilengkapi dengan ring solar. Untuk ujung yang

satunya sambungkan dengan T selang rem dan ikat dengan menggunakan baut banjo serta ring solar. Selanjutnya hubungkan kedua ujung t selang rem pada kedua kaliper roda depan dengan menggunakan selang TDR dengan panjang 200cm, setelah itu ikat semua persambungan dengan baut banjo.



Gambar 69. Pemasangan *reservoir tank*.



Gambar 70. Pemasangan selang rem.



Gambar 71. Pemasangan T rem.

#### 4. Pembuatan dan pemasangan *hand rem*

##### a. Pembuatan *hand rem*

Pembuatan *hand rem* ini dilakukan dengan membuat dudukan *hand rem* dengan menggunakan pipa aluminium dengan diameter luar 25mm dan panjang 80mm. Lakukan pemotongan dan pengeboran sesuai dengan desain serta rapikan bagian yang tajam. Langkah terakhir adalah melakukan pengelasan dudukan *hand rem* dengan rangka bagian samping kiri yang berdekatan dengan *support front hub*.

Proses *hand rem* diawali dengan proses desain dan dilanjutkan dengan pembuatan program untuk proses CNC. Setelah program selesai lakukan proses CNC untuk menghasilkan *hand rem* dengan presisi. Setelah itu dilanjutkan dengan menambahkan tempat dudukan kabel *hand rem* dan tuasnya dengan proses pengelasan. Untuk proses selanjutnya buat pegas pengembali dengan kawat stainless dan lakukan pengelasan pada pipa besi dengan diameter dalam 26mm. Setelah semua *part* selesai lakukan proses *assembly*

pada dudukan *hand rem*.



Gambar 72. Pengelasan dudukan *hand rem*

b. Pemasangan *hand rem*

Pemasangan *hand rem* pada dudukanya dilakukan dengan bertahap dan berurutan, untuk yang pertama komponen *hand rem* yang diam dan disatukan dengan dudukannya dengan tiga baut M8 sebagai pengikat. Selanjutnya bagian hand rem yang dapat berputar dan terkunci sesuai keinginan *driver*. Yang terakhir adalah memasang pegas sebagai pengaman untuk hand rem agar tidak terlepas ketika *hand rem* diaktifkan, pegas ini ditahan juga dengan baut M6 untuk mempertahankan pegas tetap pada posisinya. Selanjutnya dilakukan pemasangan kabel hand rem pada tuas hand rem dengan ujung bawah pedal rem, pastikan ketegangan kabel hand rem sesuai dengan yang dibutuhkan untuk mengunci semua roda.



Gambar 73. Pemasangan *hand rem*.

## 5. Penyetelan sistem rem

### a. Mem-*bleeding* sistem rem

*Bleeding* merupakan salah satu proses untuk menghilangkan gelembung yang ada dalam sistem hidrolik pada sistem rem. Proses bleeding ini paling tidak harus dilakukan oleh dua orang yang masing-masing melakukan pengocokan pedal rem dan satu orang lagi bertugas mengendorkan serta mengencangkan baut nepel untuk mengeluarkan udara yang ada didalam sistem rem. Proses bleeding harus dilakukan dengan hati-hati karena minyak rem bersifat korosif yang dapat mengakibatkan iritasi.

Proses *bleeding* lebih baik dilakukan pada kaliper rem roda belakang terlebih dahulu, hal ini dilakukan karena sistem rem ini memiliki jalur yang lebih panjang dari pada sistem rem roda depan. Langkah pertama masukkan minyak rem pada *reservoir tank* dan buka kedua baut nepel kaliper, lakukan pengocokan (menekan dan melepas tuas rem) untuk menurunkan minyak rem ke kaliper. Tanda minyak sudah sampai kaliper rem dapat dilihat pada ujung baut nepel

meneteskan minyak rem, kemudian kencangkan kedua baut nepel tersebut.

Selanjutnya lakukan proses *bleeding* pada kaliper bagian kanan diawali dengan memasang selang bening pada baut nepel dan masukkan ujung selang yang laik kedalam botol penampung minyak rem. Selang bening ini berfungsi sebagai indikator masih ada tidaknya gelembung dalam sistem rem. lakukan pengocokan beberapa saat lalu tahan pada langkah menekan pedal rem, disaat yang bersamaan kendorkan baut nepel unuk mengeluarkan gelembung udara. Langkah tersebut dilakukan sampai tidak terdapat gelembung yang keluar dari kaliper. Hal yang perlu diingat dalam proses *bleeding* adalah *reservoir tank* tidak boleh sampai kosong karena akan mengakibatkan udara masuk kedalam sistem lagi. Untuk proses *bleeding* pada semua kaliper prosesnya sama dengan langkah yang telah dijelaskan diatas.

b. *Balancing* cakram

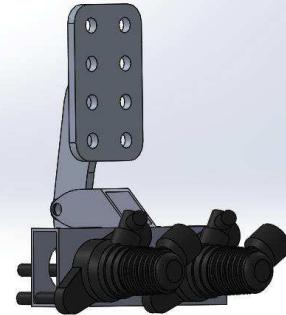
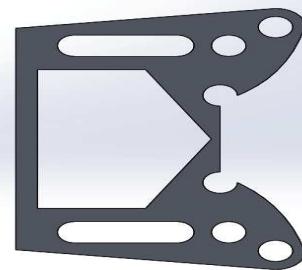
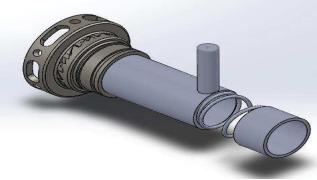
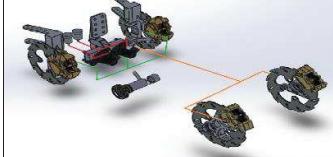
Dalam pemasangan cakram pada tromol terkadang tidak langsung didapatkan pemasangan yang *balance*, oleh karena itu perlu dilakukan balancing pada cakram. Balancing berguna untuk meminimalisi terjadinya gesekan antara cakram dan kampas yang tidak diperlukan. Untuk langkah awal balancing dilakukan dengan mengukur keolengan dengan menggunakan alat *dial gauge*. Setelah dilakukan pengukuran dapat dilakukan tindakan dengan menambah

atau mengurangi ketebalan *spacer* untuk mendapatkan cakram yang *balance*.



Gambar 74. *Balancing* cakram.

Tabel 5. Check list pengerjaan sistem rem

No	Nama Komponen	Desain	Hasil	Kesimpulan
1	Pedal Box			Sesuai
2	Dudukan Kaliper Depan			Sesuai
3	Dudukan Kaliper Belakang			Sesuai
4	Hand Rem			Sesuai
5	Hidrolik System			Sesuai

## B. Proses Pengujian

Pengujian sistem rem pada kendaraan terbagi lagi menjadi pengujian statis dan pengujian dinamis.

### 1. Pengujian statis

Untuk pengujian statis dibutuhkan papan kayu atau bidang datar lainnya yang dimiringkan 20% dari jalan datar atau sekitar  $36^\circ$ , lalu mobil beserta driver dinaikkan setelah rem dioperasikan mobil dilepaskan dan jika mobil bertahan tanpa bergerak setelah 10 detik berarti sistem rem bekerja dengan baik.

Untuk uji statis yang kedua yakni mengukur celah antara kampas dan piringan setelah pedal rem dilepas sehingga dapat diketahui peforma dari kerja pengembalian piston. Hasil pengukuran tersebut dibandingkan saat *return spring* tidak dipasang dan saat *return spring* terpasang.

Dan untuk pengujian yang ketiga adalah pengujian hand rem yang dilakukan dengan memberikan gaya sebesar 50N pada mobil saat hand rem beroperasi, mobil harus dapat mempertahankan posisi dan tidak bergerak.

### 2. Pengujian Dinamis

Pengujian sistem rem dinamis ini 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 penggereman 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*. Setelah mobil berhenti dengan sempurna lalu dicoba mobil dipacu kembali untuk memastikan return spring bekerja dengan baik yang ditandai dengan tidak terjadi gesekan antara cakram dan kampas setelah sistem rem tidak dioperasikan.

Sedangkan untuk mengetahui daya gelinding mobil UG 18 dilakukan dengan menempatkan mobil beserta *driver* didalamnya pada jalan turunan yang berada di bagian utara Stadion Maguwoharjo lalu dilepaskan, setelah mobil berhenti bergerak ukur jarak gelinding yang dapat ditempuh.



Gambar 75. Pengujian sistem rem.

## C. Hasil Pengujian

### 1. Pengujian Statis Sistem Rem

Pengujian statis sistem rem terdiri menjadi tiga bagian pengujian pada bidang miring, pengukuran jarak bebas antara cakram dan kampas, dan pengujian hand rem.

#### a. Hasil pengujian pada bidang miring

Untuk pengujian statis dibutuhkan papan kayu atau bidang datar lainnya yang dimiringkan 20% dari jalan datar atau sekitar  $36^\circ$ , lalu mobil beserta driver dinaikkan setelah rem dioperasikan mobil dilepaskan dan jika mobil bertahan tanpa bergerak setelah 10 detik berarti sistem rem bekerja dengan baik.

Pada pengujian ini diperlukan 4 orang untuk membantu mengamankan mobil untuk mengantisipasi jika rem tidak dapat beroperasi dengan baik. Pada pengujian ini driver yang melakukan uji coba adalah Fauzi dengan berat badan 50 kg. Hasil pengujian ini didapatkan hasil yang memuaskan karena dalam sekali uji coba mobil dapat mempertahankan posisi pada bidang miring 20% dari bidang datar atau sekitar  $36^\circ$  selama 10 detik. Hal ini menunjukkan bahwa sistem rem dapat bekerja dengan baik dan sistem rem dapat dikatakan lolos TI.

b. Hasil pengukuran jarak bebas kampas rem

Modifikasi sistem rem yang dilakukan salah satu goals nya adalah memperlebar jarak antara kampas dan cakram untuk meminimalisir berkurangnya daya gelinding roda yang terbuang karena gesekan yang tidak diperlukan. Dibawah ini merupakan hasil pengukuran dan pengujian:

Tabel 6. Pengukuran roda depan kiri

No	Tanpa <i>Return Spring</i>	Dengan <i>Return Spring</i>
1.	4,71 mm	8,34 mm
2.	4,73 mm	8,27 mm
3.	4,77 mm	8,29 mm
4.	4,76 mm	8,30 mm
5.	4,80 mm	8,32 mm



Gambar 76. Pengukuran celah kampas rem roda depan kiri.

Tabel 7. Pengukuran roda depan kanan

No	Tanpa <i>Return Spring</i>	Dengan <i>Return Spring</i>
1.	4,40 mm	8,30 mm
2.	4,39 mm	8,16 mm
3.	4,37 mm	8,22 mm
4.	4,40 mm	8,24 mm
5.	4,39 mm	8,20 mm



Gambar 77. Pengukuran celah kampas rem roda depan kanan.

Tabel 8. Pengukuran roda belakang kiri

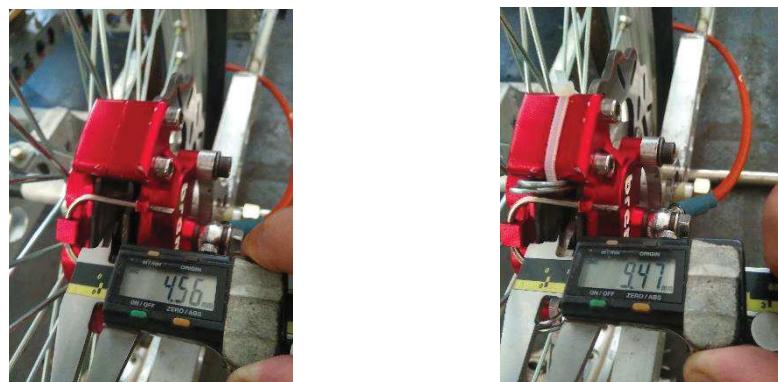
No	Tanpa <i>Return Spring</i>	Dengan <i>Return Spring</i>
1.	4,22 mm	8,14mm
2.	4,10 mm	8,11 mm
3.	4,21 mm	8,09 mm
4.	4,24 mm	8,10 mm
5.	4,16 mm	8,09 mm



Gambar 78. Pengukuran celah kampas rem roda belakang kiri.

Tabel 9. Pengukuran roda belakang kanan

No	Tanpa <i>Return Spring</i>	Dengan <i>Return Spring</i>
1.	4,56 mm	9,47 mm
2.	4,50 mm	9,44 mm
3.	4,43 mm	9,46 mm
4.	4,46 mm	9,41 mm
5.	4,44 mm	9,40 mm



Gambar 79. Pengukuran celah kampas rem roda belakang kanan.

c. Hasil pengujian *hand rem*

Pada pengujian *hand rem* ini hanya dilakukan dengan mengoperasikan hand rem lalu diberikan gaya berupa dorongan dengan besar 50N dari luar mobil. Pada pengujian ini didapatkan hasil yang memuaskan karena saat mobil diberikan gaya sekitar 50N mobil tetap diam dan tidak bergerak. Hal tersebut menandakan bahwa hand rem sudah sesuai dengan regulasi dan dapat lolos TI. *Hand rem* ini sangat berfungsi saat proses TI supaya mobil tetap diam dan tidak bergoyang-goyang sehingga tidak mengganggu proses TI.

2. Hasil pengujian dinamis sistem rem

a. Pengujian jarak penggereman

Setelah dilakukan identifikasi komponen sistem rem dan dilakukan kalkulasi terhadap besarnya gaya penggereman pada mobil UG 18. Berikut merupakan beberapa data uji coba jarak penggereman mobil UG 18 yang dilakukan di Stadion Maguwoharjo.

Tabel 10. Data uji coba 1

Waktu	Driver	Tire pressure	Driver comment
Sabtu, 10 Februari 2018	Fauzi ( 50 kg + baban 20kg)	Tire FDR	a. Brake lose
		Front tire 80 psi	
		Rear tire 80 psi	

Dari hasil uji coba pertama didapatkan beberapa permasalahan yakni rem tidak dapat mengunci secara bersamaan atau membanting ke salah satu arah. Pengujian ini dilakukan dengan cara mobil UG 18 dipacu pada jarak 25 meter dengan kecepatan 50 km/jam dan setelah masuk *braking area* mobil dilakukan penggereman ternyata mobil berhenti pada jarak 21 meter dari 20 meter *braking area* yang tersedia karena rem tidak dapat mengunci secara bersamaan atau membanting ke salah satu arah. Kemudian dilakukan penyetelan oleh tim KRS pada bagian *push rod* dengan memanjangkan *push rod* untuk menambah langkah pada piston.

Tabel 11. Data uji coba 2

Waktu	Driver	Tire pressure	Driver comment
Minggu, 11 Februari 2018	Fauzi ( 50 kg + baban 20kg)	Tire FDR	a. Baik
		Front tire 80 psi	
		Rear tire 80 psi	

Pada percobaan kedua yang dilakukan pada mobil UG 18 sudah tidak ada keluhan dari *driver* terkait sistem rem. Pada saat kendaraan diuji sistem remnya yaitu dengan cara dipacu pada jarak 25 meter dan kecepatan 50km/h kendaraan mampu berhenti pada jarak 18 meter dari 20 meter braking area yang tersedia dengan semua roda terkunci.

b. Pengujian daya gelinding

Pengujian daya gelinding ini dilakukan dengan cara menggelindingkan mobil beserta driver pada kemiringan tertentu, lalu diukur jarak yang dapat ditempuh mobil UG 18. Berikut ini merupakan data hasil pengujian daya gelinding mobil UG 18.

Tabel 12. Data pengujian daya gelinding

No	Waktu	Driver	Jarak Gelinding
1	Sabtu, 10 Februari 2018	Fauzi	290 m
2	Minggu, 11 Februari 2018	Fauzi	270 m
3	Rabu, 14 Februari 2018	Fauzi	310 m

## D. Pembahasan

Dalam kompetisi *Shell Eco Marathon* sistem rem hidrolik merupakan bagian dari regulasi yang harus ada dalam kendaraan. Dimana sistem rem hidrolik ini lebih efisien dan dapat menyalurkan tekanan yang sama pada masing-masing kaliper. Untuk inovasi yang dikembangkan pada sistem rem hidrolik ini adalah dengan menambahkan *return spring* pada kaliper, hal ini dimaksudkan agar piston kembali lebih cepat sehingga gesekan antara kampas dan cakram dapat diminimalisir saat pedal rem tidak ditekan.

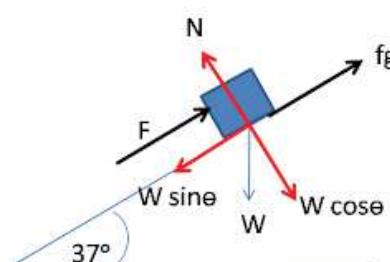
Pada pembuatan sistem rem ini dilakukan terlebih dahulu identifikasi kekurangan dan kelebihan sistem rem pada mobil UG 17. Selanjutnya dilakukan proses perancangan dan proses desain sistem rem. Setelah proses desain selesai dilanjutkan dengan proses penggeraan komponen-komponen sistem rem seperti *pedal box*, dudukan kaliper, , *spacer*, *return spring*, modifikasi kaliper dan pembuatan *hand rem*. Untuk modifikasi kaliper dilakukan dengan mengikis kedua ujung kampas rem selebar 2mm sebagai alur untuk dudukan *return spring*. Sedangkan untuk *return spring* dibuat dari kawat *stainless* dengan ketebalan 2mm yang dibentuk sedemikian rupa sesuai dengan desain yang telah dibuat.

Setelah proses pembuatan selesai dilanjutkan dengan proses pemasangan semua komponen diawali dari pemasangan *pedal box* dan dudukan kaliper. Setelah pemasangan dudukan kaliper selesai dilanjutkan

pemasangan pada sistem hidrolik yang diawali dengan memasang, master silinder, kaliper, *return spring*, T rem, *reservoir tank* dan selang rem. Untuk pemasangan selang rem dilakukan dengan sistem sejajar yaitu roda depan kiri berpasangan dengan roda depan kanan dan roda belakang saling berpasangan kiri dan kanan.

Setelah semua komponen terpasang kemudian dilakukan proses *balancing* cakram dengan menggunakan *dial gauge* yang bertujuan menyetel keolengan dari cakram. Setelah semua cakram *balance* dilanjutkan dengan proses *bleeding* yang berfungsi untuk mengisi sistem rem dengan minyak rem dan membuang gelembung udara dalam sistem.

Setelah proses pembuatan dan pemasangan selesai maka sistem rem harus melalui proses pengujian. Untuk pengujian statis pada bidang miring didapatkan hasil yang memuaskan karena mobil yang dinaiki driver dapat mempertahankan posisi dan tidak tergelincir dari bidang miring selama 10 detik. Hal ini relevan dengan hasil perhitungan gerak benda pada bidang miring seperti dibawah ini.



Gambar 80. Diagram arah gaya

Rumus yang digunakan untuk mengetahui berapa besar gaya (F) yang menahan pergerakan kendaraan.

$$F + \mu k \cdot mg \cdot \cos\Theta = mg \cdot \sin\Theta$$

Diketahui :

$$\mu k = \text{koefisien gesekan kinetis} = 0,3$$

- $m = \text{massa benda} = 160 \text{ kg}$
- $\sin \Theta = \sin 37 = 0,6$
- $\cos \Theta = \cos 37 = 0,8$

$$F + \mu k \cdot mg \cdot \cos\Theta = mg \cdot \sin\Theta$$

$$F + (0,3 \times 160 \times 10 \times 0,8) = (160 \times 10 \times 0,6)$$

$$F + 384 = 960$$

$$F = 960 - 384$$

$$F = 576 \text{ N}$$

Jadi gaya yang diperlukan untuk menahan kendaraan tersebut agar tidak bergerak adalah 576 N.

Untuk pengujian celah kampas rem didapatkan hasil perbedaan celah kampas rem yang menggunakan *return spring* dan tidak menggunakan *return spring* sebesar 5-6 mm. Dan untuk pengujian pada *hand rem* didapatkan hasil yang memuaskan dengan diberikan gaya sebesar 50N pada bagian belakang mobil, mobil dapat mempertahankan posisi tanpa bergerak sedikitpun.

Sedangkan pengujian terhadap sistem rem Garuda Urban Gasoline didapat beberapa hasil yaitu adalah efisiensi pengereman sebesar 71%, torsi pengereman sebesar 195,91 Nm untuk roda depan dan 97,63Nm untuk roda belakang. Sedangkan gaya total yang dibutuhkan untuk menghentikan semua roda adalah sebesar 1120N. Dan untuk hasil pengujian secara dinamis yang dilakukan tim teknis di Stadion Maguwoharjo pada 10 Februari 2018 didapatkan hasil bahwa jarak pengereman yang didapatkan adalah 18 meter dari 20 meter *braking area* yang tersedia dan semua roda dapat mengunci.

Menurut kajian teori, gaya pengereman sebesar 1120 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 Garuda Urban Gasoline dengan berat total kendaraan bersama *driver* adalah 160kg dapat diasumsikan membutuhkan gaya pengereman sebesar 1120N untuk menghentikan semua roda.

Untuk pengujian daya gelinding yang dilakukan di stadion Maguwoharjo didapatkan hasil jarak gelinding terbaik yakni 310 m. Namun hasil ini tidak dapat dijadikan patokan utama pengukur efektivitas kerja *return spring* karena daya gelinding sangat dipengaruhi oleh *bearing* roda.

	PASSED	10 / 10	✓
Braking tests Testing the effectiveness of front and rear brakes			
<hr/>			
Commercial brake system (manuf's docs). Not bicycle		✓	
4 disc hydraulic brake		✓	
Brake rotors point in direction of wheel rotation		✓	
Disc thickness > 3 mm		✓	
X design or front / rear		✓	
Brake pedal 50 x 50 mm		✓	
Parking brake (50 N)		✓	
One dual master cylinder or 2 master cyls		✓	

Gambar 81. Bukti lolos TI sistem rem

Dibawah ini merupakan kelebihan dan kekurangan sistem rem pada mobil Garuda Urban Gasoline 18 :

1. Keunggulan
  - a. Pembuatan dan perawatan yang lebih mudah.
  - b. Biaya pembuatan dan perawatan lebih murah.
  - c. Pengembalian *brake pad* dan piston yang lebih cepat.
2. Kelemahan
  - a. Perlunya pemompaan untuk hasil penggereman yang lebih baik.
  - b. Daya cengkram relatif lebih lemah.

Dibawah ini merupakan perbedaan antara modifikasi sistem rem pada mobil UG 17 dengan sistem rem pada mobil UG 18:

Tabel 13. Perbedaan sistem rem pada mobil UG 17 dan mobil UG 18.

No	Sistem Rem UG 17	Sistem Rem UG 18
1.	Menggunakan kaliper TDR	Menggunakan kaliper Brembo
2.	Kontruksi relatif rumit	Kontruksi sederhana
3.	Biaya pembuatan mahal	Biaya pembuatan lebih murah
4.	Perawatan relatif sulit	Perawatan lebih mudah