

BAB III

PREDIKSI KEGAGALAN KOMPONEN REM TROMOL (DRUM BRAKE) MELALUI PENGUJIAN

3.1. Benda Uji Penelitian

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah kanvas rem dari (AHM) Astra Honda Motor yang di jual di pasaran.

3.1.1. Karakteristik Bahan Kanvas Rem

a. Material Kanvas Rem

Bahan baku yang digunakan pada kanvas rem standar umumnya terdiri dari serbuk aluminum, grafit, barium, alumina, asbestos, *cashew dust*, *NBR powder*, dan lainnya sebagai bahan penguat atau serat sedangkan bahan untuk matriknya atau pengikat adalah *resin phenolic*. Serat dalam komposit berperan sebagai bagian utama yang menahan beban serta memberikan sifat kekakuan, kekuatan, stabilitas panas dalam komposit.

Matrik dalam komposit berperan sebagai pengikat serat dan mendistribusikan tegangan pada saat pembebanan. Bahan matrik yang sering digunakan dalam pembuatan komposit adalah matrik polimer, adapun jenisnya antara lain *thermoset* dan *thermoplastic*. Yang termasuk *thermoset* antara lain *epoxy*, *polyester*, dan *phenolic*. Yang termasuk *thermoplastic* antara lain *polyethylene*, dan *polypropylene* ^[23].

b. Proses Produksi Kanvas Rem

Berdasarkan proses pembuatannya, kanvas rem (*brakeshoes*) sepeda motor bahan penguatnya (*reinforced*) terdiri atas partikel yang tersebar merata dalam matriks yang berfungsi sebagai pengikat, sehingga menghasilkan bentuk solid yang baik. Melalui proses penekanan sekaligus pemanasan pada saat pencetakan (*sintering*) akan dihasilkan

kekuatan, kekerasan serta gaya gesek yang semakin meningkat. Pemanasan dilakukan pada temperatur berkisar antara 130°C - 150°C , yang menyebabkan bahan tersebut akan mengalami perubahan struktur dimana antara partikel satu dengan yang lain saling melekat serta akan diperoleh bentuk solid yang baik dan matriks pengikat yang kuat ^[24].

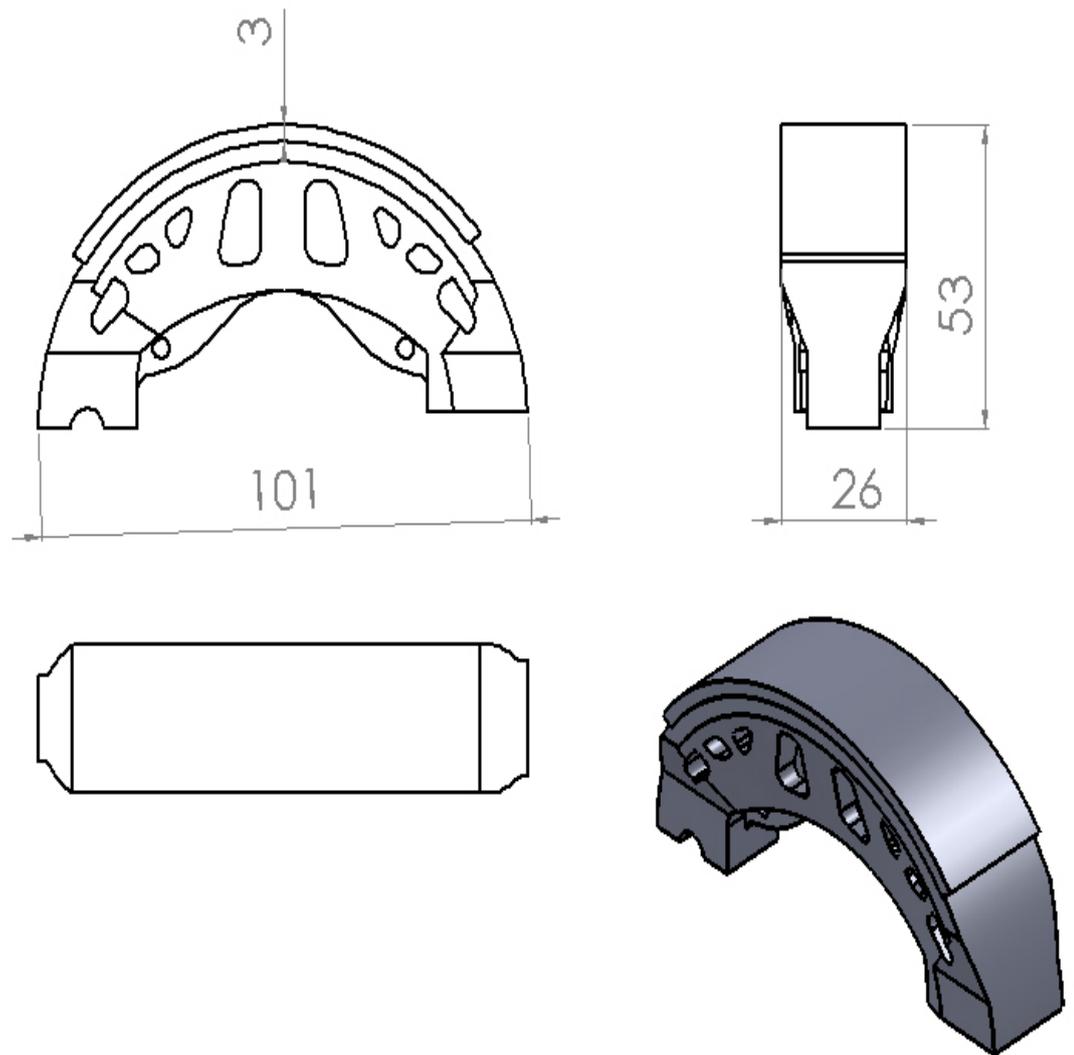
c. Sifat Mekanik Kanvas Rem

Masing-masing tipe sepeda motor memiliki bentuk serta kualitas bahan kampas rem khusus. Secara umum bagian-bagian kampas rem terdiri dari daging kampas (bahan friksi),udukan kampas (*body brake shoe*) dan 2 buah spiral. Pada aplikasi sistem pengereman otomotif yang aman dan efektif, bahan friksi harus memenuhi persyaratan minimum mengenai unjuk kerja, *noise* dan daya tahan.

Bahan rem harus memenuhi persyaratan keamanan, ketahanan dan dapat mengerem dengan halus. Selain itu juga harus mempunyai koefisien gesek yang tinggi, keausan kecil, kuat, tidak melukai permukaan roda dan dapat menyerap getaran. Sifat mekanik menyatakan kemampuan suatu bahan (seperti komponen yang terbuat dari bahan tersebut) untuk menerima beban/gaya/energi tanpa menimbulkan kerusakan pada bahan/komponen tersebut.

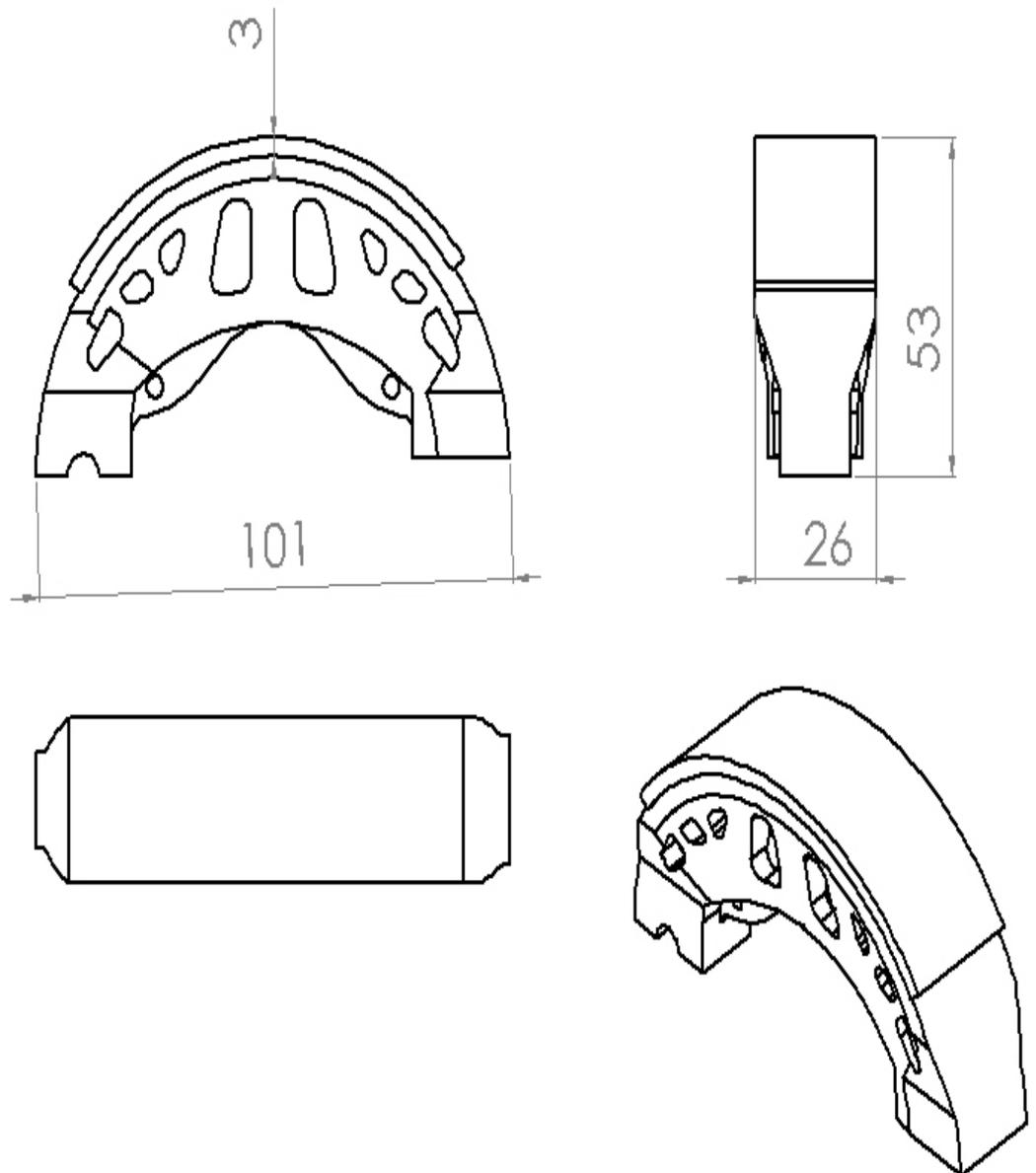
Untuk mendapatkan standar acuan tentang spesifikasi teknik kampas rem, maka nilai kekerasan, keausan, bending dan sifat mekanik lainnya harus mendekati nilai standar keamanannya.

3.1.2. Dimensi Kanvas Rem



Gambar 3.1 Kanvas rem tromol

Dari Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 dapat diketahui ketebalan dari kanvas rem dan ukuran dari kanvas rem seperti terlihat dari gambar tersebut bahwa ketebalan dari kanvas rem adalah 3 mm. Dari ketebalan 3 mm inilah yang akan dihitung untuk memprediksi umur dari kanvas rem



Gambar 3.2 Kanvas rem tromol

Dimensi Kanvas Rem

Tebal	:	3 mm
Luas permukaan	:	2504,7 mm ²
Berat kampas	:	0,110 kg
Material	:	Non asbestos

3.2. Pengujian Keausan

Pengujian keausan dilakukan dengan metode uji jalan. Uji jalan sepeda motor dimaksudkan untuk mengetahui kondisi pembebanan riil kendaraan saat dikendarai melintasi rute yang sudah ditentukan sejauh ± 30 km pulang-pergi. Pada pengujian ini diasumsikan seseorang yang bertempat tinggal di Jl. Sumur Boto (Tembalang) bekerja di kawasan industri Terboyo. Untuk menuju tempat kerjanya setiap hari orang tersebut menggunakan sepeda motor *Honda Supra X 125* berboncengan. Perusahaan menetapkan jam masuk dan pulang kerja adalah sebagai berikut : masuk kerja paling lambat pukul 08.00 dan pulang kerja pukul 16.00. Agar tidak terlambat setiap pagi dia harus berangkat dari rumah pukul 07.00.

Uji jalan ini dilakukan selama 3 bulan (10 September s/d 8 Desember 2012 dikurangi hari libur). Agar pengujian dapat dianalisa secara statistik dan mendekati riil, kondisi jalan diklasifikasikan ke dalam beberapa segmen yaitu : macet, padat merayap, sedang, lancar, jalan naik, dan jalan turun.

Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui :

- a) Ekuivalensi waktu tempuh dan rata-rata kilometer jarak yang bisa dicapai.
- b) Frekuensi pengereman sepanjang lintasan yang dilalui baik saat berangkat dan pulang kerja.

Pada pengujian ini, pengamatan/ pembongkaran dilakukan setiap 300 km. Pengamatan/ pembongkaran dimaksudkan untuk mengukur ketebalan kanvas, yaitu berkurangnya ketebalan kanvas selama dipakai pengujian. Dari pengukuran ketebalan kanvas tersebut nantinya akan dianalisa laju keausan dari kanvas remnya. Dalam analisa laju keausan dapat didasarkan pada waktu pengereman, jarak yang ditempuh dan frekuensi injakan rem. Keadaan *engine* tidak diperiksa secara detail, hanya dilakukan service rutin dan ganti oli mesin sesaat sebelum dilakukan pengujian. Pemakaian BBM juga tidak diperiksa secara detail di sini karena di luar pembahasan Tugas Akhir. Hasil dari pengujian ini untuk mengetahui laju keausan dari kanvas rem berdasarkan waktu pengereman, jarak yang ditempuh serta jumlah frekuensi injakan rem yang nanti pada akhirnya dapat memprediksi umur kanvas

rem. Data-data yang diperoleh pada pengujian ini juga berguna untuk melengkapi penyusunan *schedule* perawatan sepeda motor.

3.2.1 Rute Perjalanan Sepeda Motor

Adapun jalan-jalan yang dilalui saat berangkat dan pulang kerja adalah sebagai berikut :

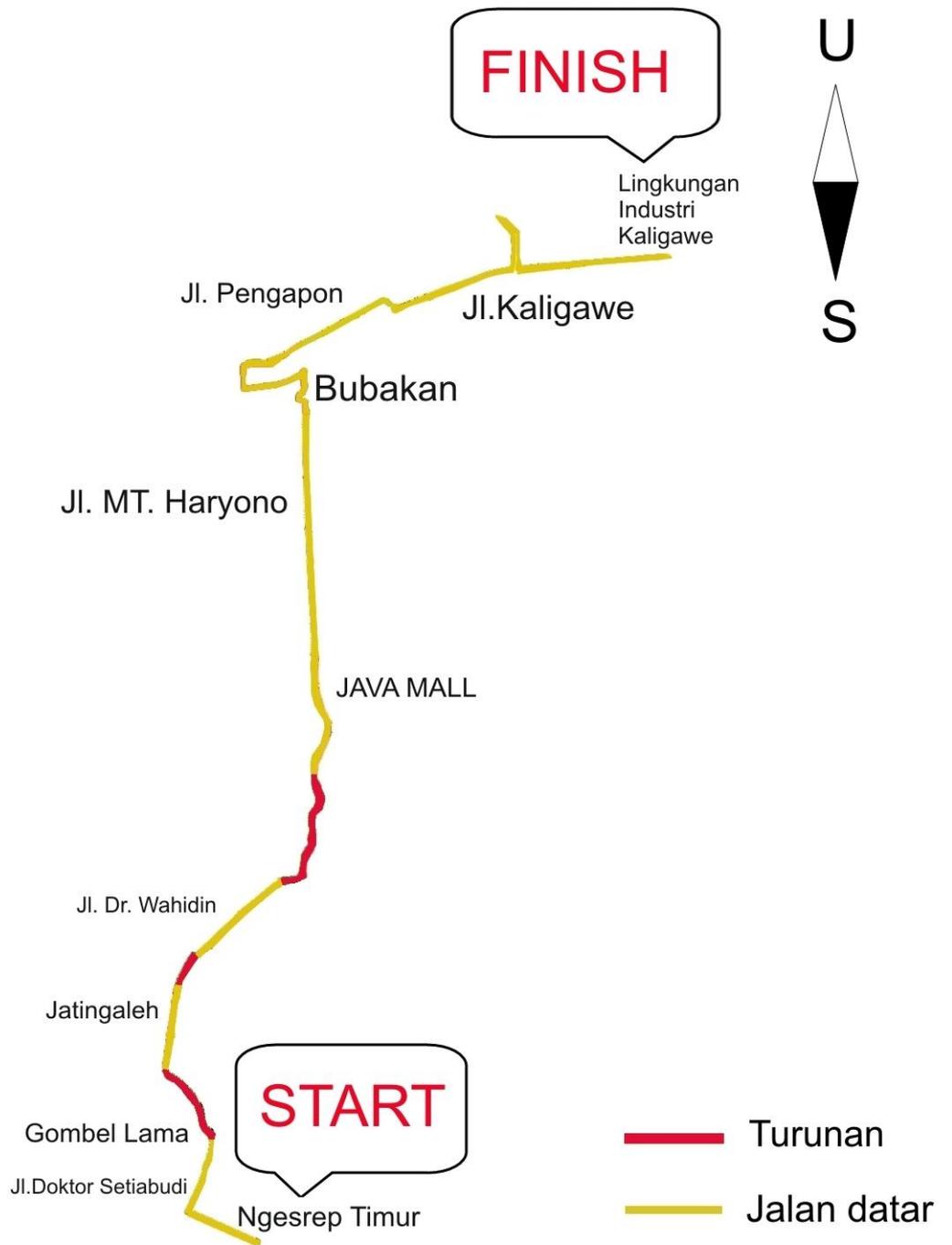
1. Saat berangkat kerja pk. 07.00 : Jl. Ngesrep Timur V – Jl. Setiabudi – Gombel Jatingaleh – Jl. Jalan Teuku Umar – Jl. Dr. Wahidin Sudirohusodo(Tanah Putih) – Jl. MT. Haryono – sampai Jl. Kaligawe.

2. Saat pulang kerja pk. 16.00 : Jl. Kaligawe-Jl. Raden Patah-Jl. Dr. Cipto-Jl Dr. Wahidin Sudirohusodo-Jl. Teuku Umar-Jl.Dr Setiabudi-Jl. Ngesrep

Pada rute perjalanan sepeda motor ini akan dibagi menjadi 2 yaitu : berdasarkan kontur jalan dan berdasarkan situasi lalu lintasnya.

a. Berdasarkan kontur jalan

Kontur jalan ini dibedakan menjadi 2 yaitu jalan yang datar dan jalan yang naik/ turun. Pada Gambar 3.3 dan 3.4 berikut akan diperlihatkan kontur dan rute perjalanan sepeda motor saat berangkat dan saat pulang.



Gambar 3.3 Kontur rute perjalanan sepeda motor saat berangkat kerja



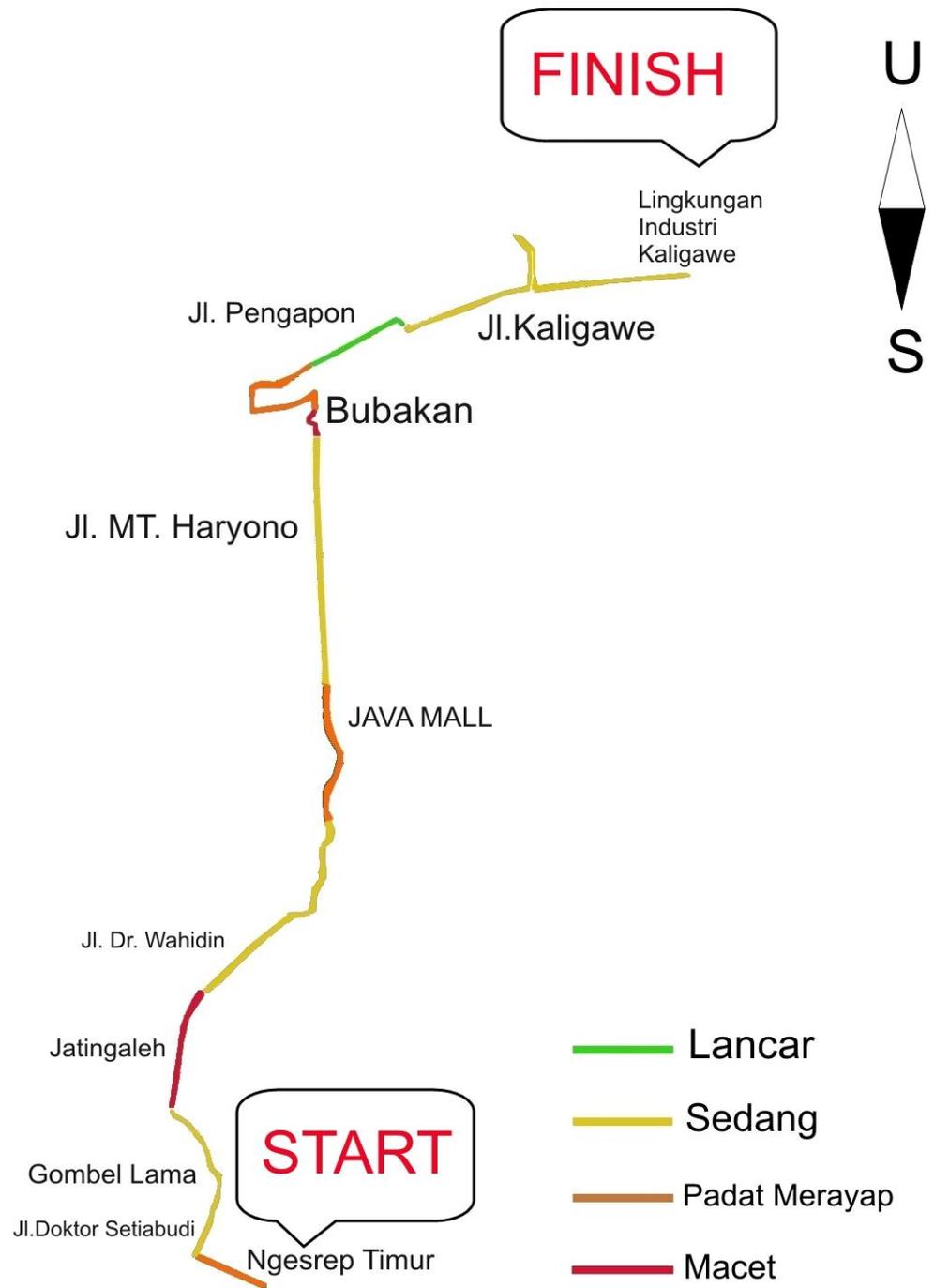
Gambar 3.4 Kontur rute perjalanan sepeda motor saat pulang kerja

b. Berdasarkan situasi lalu lintasnya.

Pada situasi lalu lintas jalannya dikelompokkan menjadi 4 yaitu yaitu macet, padat merayap, sedang, dan lancar. Di sini pengamatan kecepatan sepeda motor tidak dilakukan secara teliti, hanya berdasarkan pembacaan data speedometer.

- a) Macet. Kecepatan kendaraan berkisar 0 – 10 km/jam, posisi gigi *versneling* 1. Dimana pengendara dalam kondisi hampir tidak dapat bergerak.
- b) Padat merayap. Kecepatan kendaraan berkisar 11 – 30 km/jam, posisi gigi *versneling* 1 – 2. Dimana pengendara masih dapat berjalan dengan kecepatan konstan rendah.
- c) Sedang. Kecepatan kendaraan berkisar 31–60 km/jam, posisi gigi *versneling* 2–3.
- d) Lancar. Kecepatan kendaraan di atas 60 km/jam, posisi gigi *versneling* 3– 4.

Gambar 3.5 dan gambar 3.6 berikut ini memperlihatkan situasi lalu lintas kendaraan di sepanjang rute perjalanan sepeda motor saat berangkat maupun pulang kerja.



Gambar 3.5 Rute perjalanan berdasarkan situasi lalu lintas saat berangkat kerja



Gambar 3.6 Rute perjalanan berdasarkan situasi lalu lintas saat pulang kerja

3.2.2. Peralatan pengujian

1. Sepeda Motor Supra X 125

Sepeda motor yang digunakan dalam penelitian ini adalah Hondra supra X 125

Tabel 3.1 Spesifikasi lengkap Sepeda Motor Honda Supra X 125^[21]

▪ Panjang X lebar X tinggi	:	1.889 mm x 702 mm x 1.094 mm
▪ Jarak sumbu roda	:	1.242 mm
▪ Jarak terendah ke tanah	:	136 mm
▪ Berat kosong	:	105kg (CW), 103 (Tipe Spoke)
▪ Tipe rangka	:	Tulang punggung
▪ Tipe suspensi depan	:	Teleskopik
▪ Tipe suspensi belakang	:	Lengan ayun dan peredam kejut ganda
▪ Ukuran ban depan	:	70/90 - 17M / C 38P
▪ Ukuran ban belakang	:	80/90 - 17M / C 44P
▪ Rem depan	:	Cakram double piston
▪ Rem belakang	:	Cakram single piston (CW), Tromol (Spoke)
▪ Kapasitas tangki bahan bakar	:	3,7 liter
▪ Tipe mesin	:	4 langkah, SOHC, pendinginan udara
▪ Diameter x langkah	:	52,4 x 57,9 mm
▪ Volume langkah	:	124,8 cc
▪ Perbandingan kompresi	:	9,0 : 1
▪ Daya maksimum	:	9,18 PS/7.500 rpm
▪ Torsi maksimum	:	0,99 kgf.m/5.000 rpm
▪ Kapasitas minyak pelumas mesin	:	0,7 liter pada penggantian periodik
▪ Kopling Otomatis	:	Otomatis sentrifugal
▪ Gigi transmisi	:	Kecepatan bertautan tetap
▪ Pola pengoperan gigi	:	N-1-2-3-4-N (rotari)

▪ Starter	:	Pedal dan elektrik
▪ Aki	:	12 V - 3,5 Ah
▪ Busi	:	ND U20EPR9 / NGK CPR6EA-9
▪ Sistem pengapian	:	Full transistorized



Gambar 3.7 Sepeda Motor Honda Supra X 125

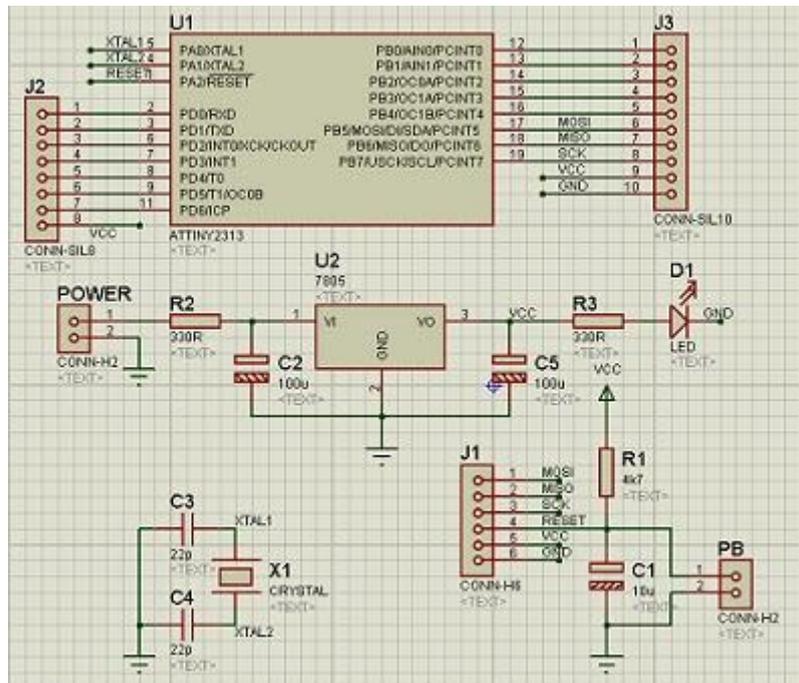
2. Counter Digital

Counter juga disebut pencacah atau penghitung yaitu rangkaian logika sekuensial yang digunakan untuk menghitung jumlah pulsa yang diberikan pada bagian masukan. *Counter* digunakan untuk berbagai operasi aritmatika, pembagi frekuensi, penghitung jarak (*odometer*), penghitung kecepatan (*speedometer*), yang pengembangannya digunakan luas dalam aplikasi perhitungan pada instrumen ilmiah, kontrol industri, komputer, perlengkapan komunikasi, dan sebagainya.

Dilihat dari arah cacahan, rangkaian pencacah dibedakan atas pencacah naik (*Up Counter*) dan pencacah turun (*Down Counter*). Pencacah naik melakukan cacahan dari kecil ke arah besar, kemudian kembali ke cacahan awal secara otomatis. Pada pencacah menurun, pencacahan dari besar ke arah kecil hingga cacahan terakhir kemudian kembali ke cacahan awal.

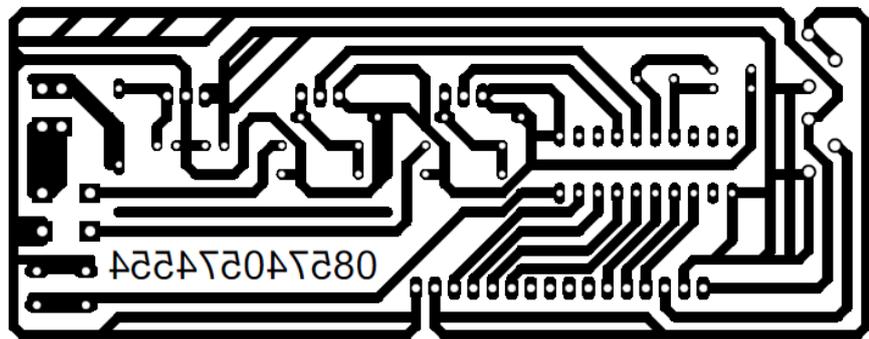
Pada penelitian ini *counter* yang digunakan yaitu up counter dimana *counter* ini berfungsi untuk menghitung jumlah injakan pada pedal rem. *Counter* ini bekerja berdasarkan sinyal arus listrik yang mengalir pada lampu rem, sepeda motor yang melakukan pengereman otomatis lampu remnya akan meyalta begitu juga *counter* ini akan menghitung jumlah berapa kali nyala lampu rem.

Penggunaan *counter digital* pada penelitian ini dimaksudkan agar dalam perhitungan frekuensi injakan rem bisa dilakukan tanpa mengganggu proses pengereman, serta data yang didapatkan dari *counter* ini lebih akurat dibanding dengan perhitungan yang manual. Berikut ini gambar diagram rangkaian *counter digital*.



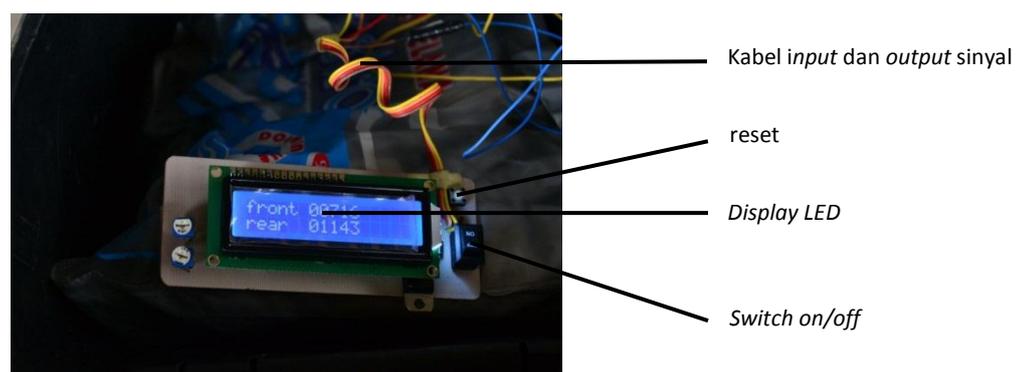
Gambar 3.8 Diagram rangkaian *Counter digital*

Pemasangan *counter digital* pada sepeda motor dihubungkan dengan *switch brake* dan aki sebagai sumber arusnya. Pada *counter digital* terdapat 6 kabel yang mana 2 kabel yang dihubungkan ke sumber listrik, 2 kabel sebagai *input* dan *output* yang dihubungkan ke *switch brake handle* rem depan, dan 2 kabel sisanya pada *switch brake* pedal rem belakang.



Gambar 3.9 Adapter Counter digital

Adapter adalah suatu komponen yang fungsinya untuk menghubungkan dua buah hardware yang tidak cocok menjadi dapat terhubung.



Gambar 3.10 Bagian-bagian Counter Digital

Keterangan :

- a. Kabel input dan output sinyal, kabel ini disambungkan ke *switch brake* pada rem cakram dan rem tromol yang nantiya akan mendeteksi adanya arus listrik yang mengalir jika pedal rem diinjak.
- b. Reset, tombol reset ini berguna untuk menghapus data dan mengulaginya dari awal.
- c. *Display LED* berfungsi untuk menampilkan data yang sudah terhitung pada *counter*.
- d. *Switch on/off* berfungsi untuk menghidupkan dan mematikan *counter digital*.

Counter digital digunakan untuk menghitung jumlah injakan rem pada saat uji jalan.

3. Vernier kaliper

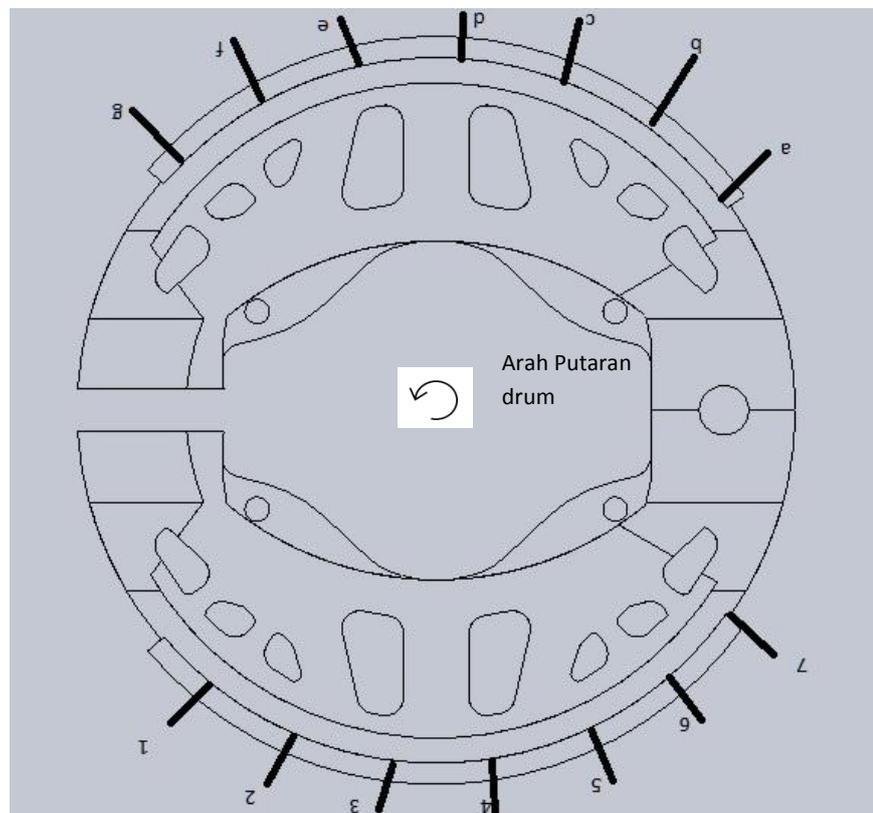
Dalam pengujian ini alat ukur yang digunakan adalah *vernier caliper*. *Vernier caliper* ini berfungsi untuk mengukur ketebalan kanvas rem.



Gambar 3.11 *Vernier Caliper*

3.2.3. Metoda Pengukuran Ketebalan

Pengukuran ketebalan kanvas rem ini menggunakan *vernier caliper*. Cara pengukurannya dengan membagi kanvas rem menjadi 7 bagian pada masing-masing kanvas, dari tiap bagian itu diukur ketebalan kanvasnya. Pengukuran ketebalan kanvas dilakukan sebelum pengujian (kanvas masih baru), saat pengujian (setiap 300 km) dan setelah pengujian selesai.



Gambar 3.12 Metoda pengukuran ketebalan kanvas rem

3.2.4. Data Data Pengujian

Data-data pengujian berkendara sepeda motor adalah sebagai berikut :

a. Data fisik lintasan rute pengujian.

1. Lokasi berangkat : Jl. Ngesrep Timur, Tembalang, Semarang
2. Lokasi tujuan : Kawasan Industri Terboyo Semarang

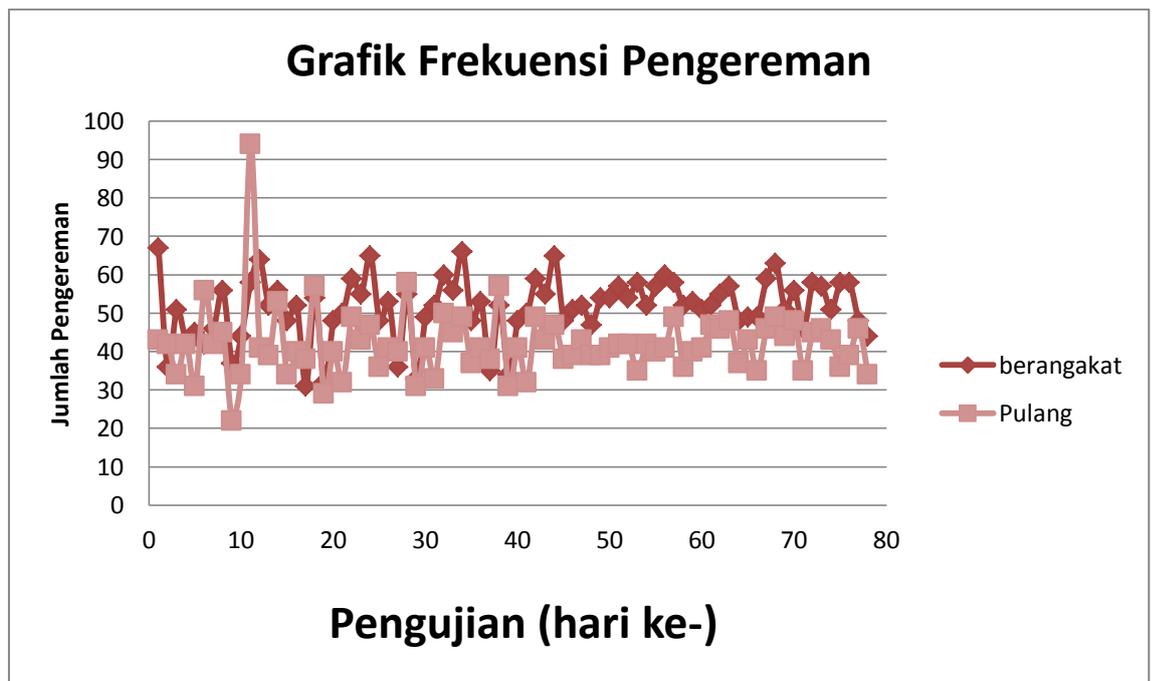
3. Jarak antar lokasi : berangkat kerja 15 km, pulang kerja 14 km, rata-rata jarak 14,5 km
 4. Rute perjalanan :
 - i. Berangkat kerja : Jl. Ngesrep Timur V – Jl. Setiabudi – sampai jalan Kaligawe
 - ii. Pulang kerja : Jl. Kaligawe – Jl. Dr. Cipto – sampai jalan ngesrep timur
- b. Data fisik pengendara
1. Berkendara berboncengan baik saat berangkat kerja maupun pulang kerja.
 2. Jenis kelamin pengendara laki-laki.
 3. Berat badan masing-masing pengendara 60 kg, karena berboncengan jadi 120 kg.
 4. Berkendara secara biasa, mengikuti aturan lalu lintas, tidak ngebut apalagi ugal-ugalan.
- c. Pembacaan / pengambilan data pengujian
1. Pengambilan data pengujian tidak dilakukan secara detil dan teliti
 2. Jam berangkat kerja dan sampai di lokasi tujuan dicatat dari penunjukan jam tangan. Demikian pula saat pulang kerja.
 3. Kecepatan kendaraan dilihat dari penunjukkan *speedometer*
 4. Frekuensi pengereman dilihat dari data pada *counter digital* yang sudah terpasang pada sepeda motor.
 5. Pengukuran ketebalan kanvas dilakukan dengan pembongkaran pada sub assembly rem setiap 300 km. Ketebalan kanvas diukur menggunakan *vernier caliper*.
- d. Situasi lalu lintas rute pengujian
1. Situasi jalan macet terjadi pada sepanjang jalan Teuku Umar tepatnya kawasan jatingaleh, Jalan Dr. Wahidin Sudiro Husodo depan Java Mall.
 2. Situasi jalan padat merayap terjadi pada sepanjang Jalan Mataram, Jl. Cendrawasih, Jl. Raden patah, dan sebagian Jl. Dr. Setiabudi.

3. Situasi jalan sedang pada jalan Jl Letjen MT. Haryono dan jalan menuju ke stasiun Tawang dan jalan Pengapon.
4. Situasi jalan lancar terjadi pada jalan Kaligawe dan Jalan Dr Cipto.
5. Situasi jalan naik – turun terjadi pada jalan Dr Setiabudi, Teuku Umar, Dr. Wahidin Sudirohusodo.

3.2.5. Hasil Pengujian Keausan

Berikut ini adalah data dari pengujian keausan yang dilakukan selama 78 hari dengan rute seperti yang sudah ditentukan pada bab sebelumnya. Data akan ditampilkan dalam bentuk grafik, agar mudah dipahami.

a. Frekuensi pengereman



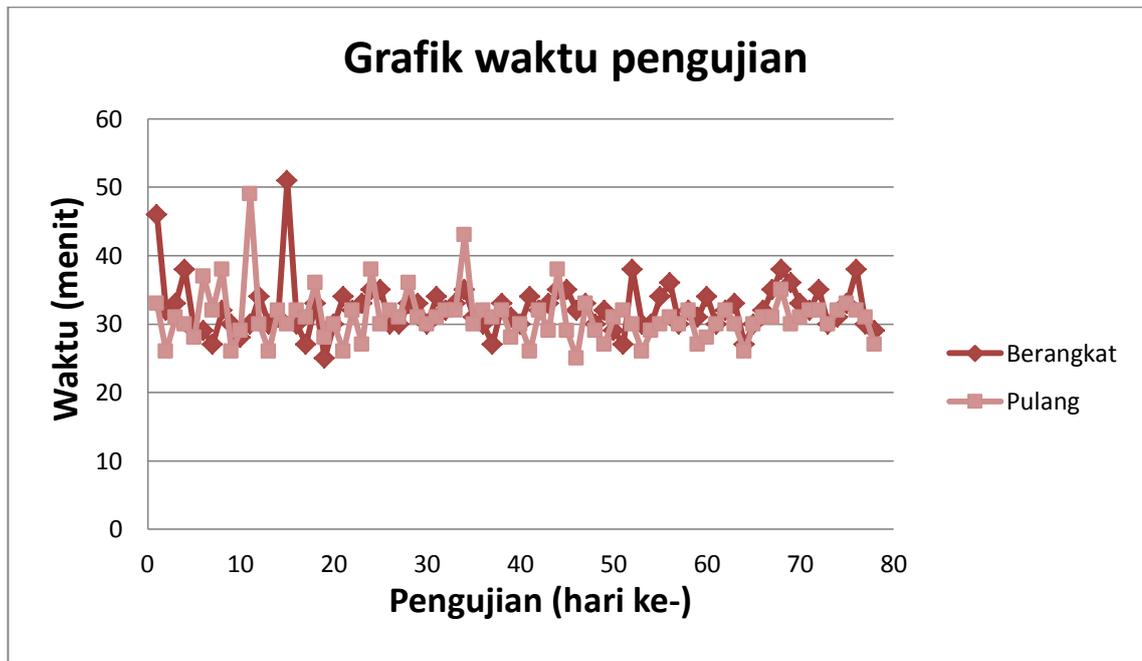
Gambar 3.13 Grafik frekuensi pengereman

Dari Gambar 3.13 menunjukkan bahwa frekuensi pengereman rata-rata pada saat berangkat lebih banyak dilakukan dari pada saat pulang. Fenomena ini mungkin dikarenakan karena kondisi jalan pada saat berangkat lebih banyak menurun dari pada saat kondisi pulang, pada kondisi pulang justru lebih banyak kondisi jalan yang naik. Kondisi jalan

yang seperti ini menyebabkan jumlah pengereman yang berbeda walaupun rute jalan yang di pakai sama.

Jumlah total pengereman selama pengujian 7296 kali pengereman.

b. Waktu setiap pengujian



Gambar 3.14 Grafik waktu pengujian

Dari Gambar 3.14 menunjukkan bahwa rata-rata waktu pada saat pengujian hanya terdapat sedikit perbedaan/hampir sama. Pada saat pengujian ada beberapa yang waktu yang melonjak drastis dibanding pengujian-pengujian yang lain. Hal ini disebabkan karena faktor di luar pengujian yang tak terduga sebelumnya yang menjadikan waktu pengujian bertambah

Jumlah total waktu pengujian 82 jam 14 menit

c. Jarak pengujian

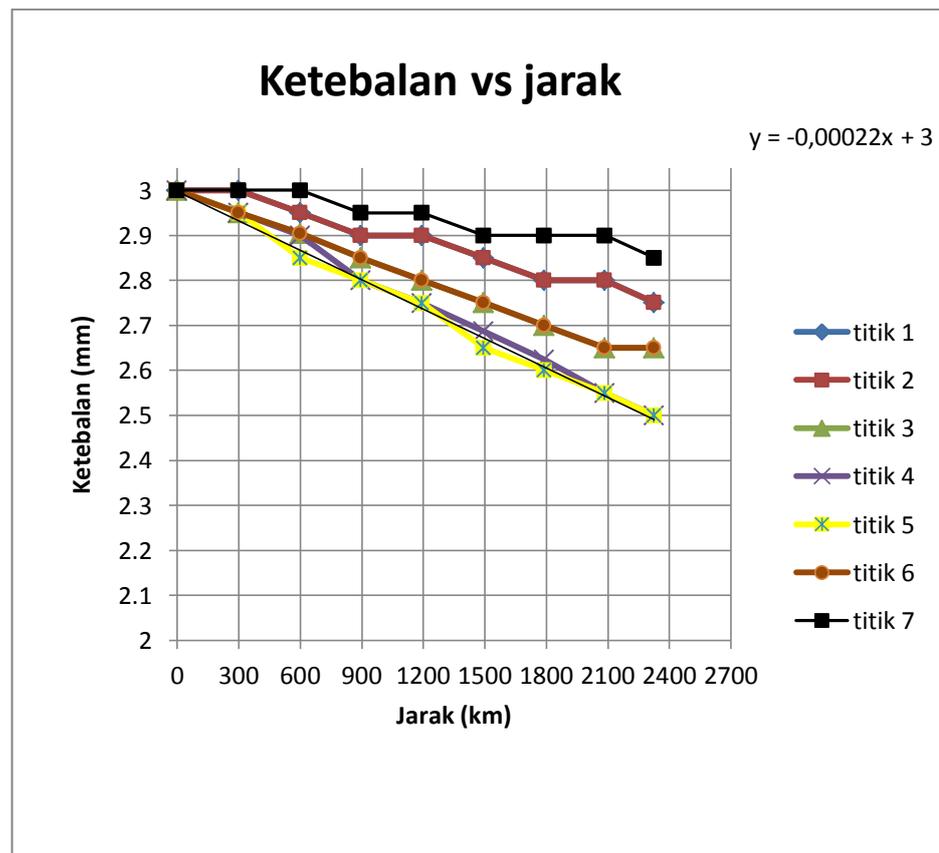
Jarak yang ditempuh pada satu rute jalan ± 15 km, jadi untuk setiap pengujian jarak yang ditempuh ± 30 km meliputi satu rute berangkat dan satu rute pulang.

Jumlah total jarak yang ditempuh selama pengujian adalah 2325,4 km.

3.2.6. Prediksi Umur Kanvas Rem

Dari data hasil pengujian keausan yang sudah dilaksanakan dapat dianalisa umur kanvas rem berdasarkan waktu, jarak total yang ditempuh dan jumlah injakan pengereman. Analisa umur kanvas rem dilakukan dengan menggunakan grafik, dimana grafik tersebut menyajikan hubungan antara ketebalan kanvas dengan parameter yang digunakan dalam menentukan umur kanvas. Parameter yang digunakan meliputi waktu, jarak total yang ditempuh, dan jumlah injakan pengereman. Berikut ini prediksi umur kanvas rem berdasarkan pengujian keausan yang dianalisa dan disajikan dalam bentuk grafik.

- a. Prediksi umur kanvas rem berdasarkan jarak yang ditempuh



Gambar 3.15 Grafik ketebalan vs jarak yang ditempuh *trailing shoes*

Dari Gambar 3.15 menunjukkan bahwa ketebalan mula-mula kanvas rem tromol 3 mm. Kemudian seiringnya pemakaian ketebalan kanvas berkurang. Berkurangnya ketebalan antara daerah 1 sampai 7 juga berbeda pada daerah 1,2, dan 7 relatif kecil pada daerah 3 dan 6 hampir sama dan yang ketebalannya berkurangnya paling besar adalah pada daerah 4 dan 5. Fenomena ini terjadi karena pada saat proses pengereman yang pertama kali mengenai drum adalah bagian 4 dan 5 sehingga ketebalan dari kanvas rem berkurang lebih banyak di banding daerah lain

Untuk menentukan umur dari kanvas rem tromol, disini diambil data dari bagian dari kanvas yang pengurangan ketebalannya paling besar karena untuk faktor keamanan yang paling baik. Maka yang dipakai adalah titik 5

Persamaan dititik 5 $y = -0,00022x + 3$

$$x = \frac{3 - y}{0,00022}$$

Dimana, x : jarak yang ditempuh (km)

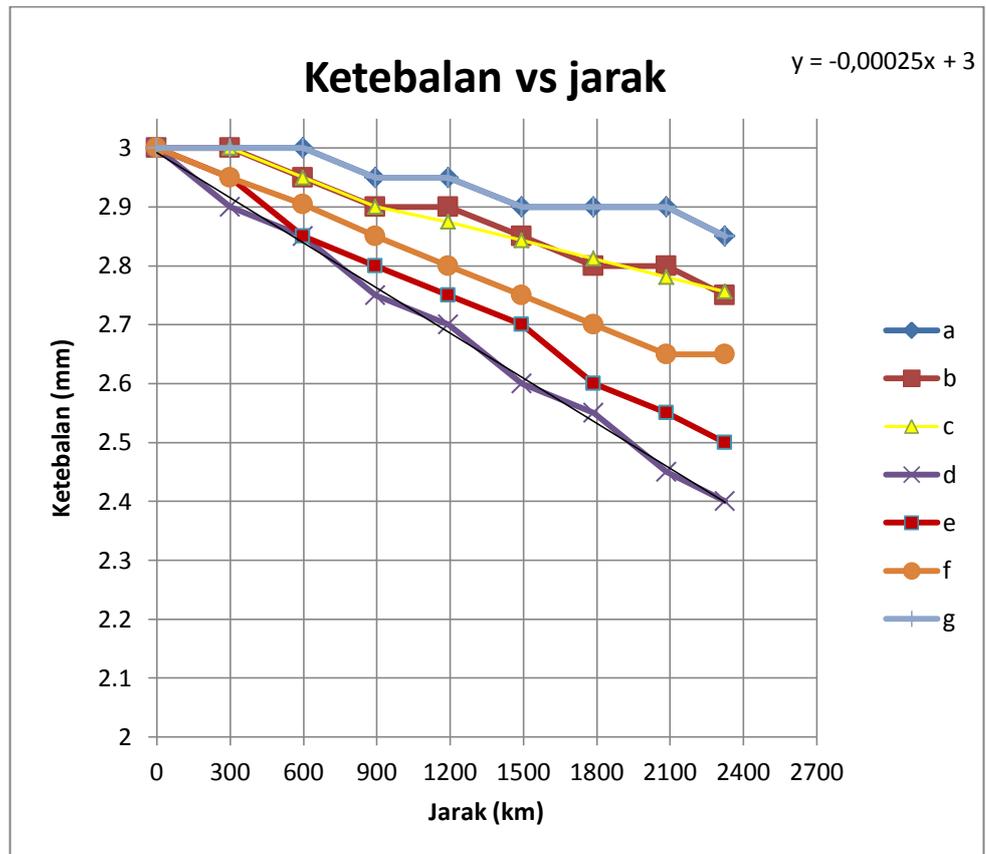
y : ketebalan kanvas (mm)

Disini diambil nilai Y (ketebalan kanvas) minimum yaitu 0,5 mm

$$x = \frac{3 - 0,5}{0,00022}$$

$$x = 11363,64 \text{ km}$$

Jadi dari perhitungan diatas dapat dihasilkan umur dari kanvas rem tromol yaitu 11363,64 km



Gambar 3.16 Grafik ketebalan vs jarak yang ditempuh *leading shoes*

Dari Gambar 3.16 menunjukkan bahwa ketebalan mula-mula kanvas rem tromol 3 mm. Kemudian seiringnya pemakaian ketebalan kanvas berkurang. Berkurangnya ketebalan antara daerah a sampai g juga berbeda pada daerah a,b,c dan g relatif kecil, pada titik f ketebalan berkurang lebih banyak dibanding dari titik a,b,c dan g dan yang ketebalannya berkurangnya paling besar adalah pada daerah d dan e. Fenomena ini terjadi karena pada saat proses pengereman yang pertama kali mengenai drum adalah bagian d dan e sehingga ketebalan dari kanvas rem berkurang lebih banyak di banding daerah lain

Untuk menentukan umur dari kanvas rem tromol, disini diambil data dari bagian dari kanvas yang pengurangan ketebalannya paling besar karena untuk faktor keamanan yang paling baik. Maka yang dipakai adalah titik d

Persamaan di titik d $y = -0,00025x + 3$

$$x = \frac{3 - y}{0,00025}$$

Dimana, x : jarak yang ditempuh (km)

y : ketebalan kampas (mm)

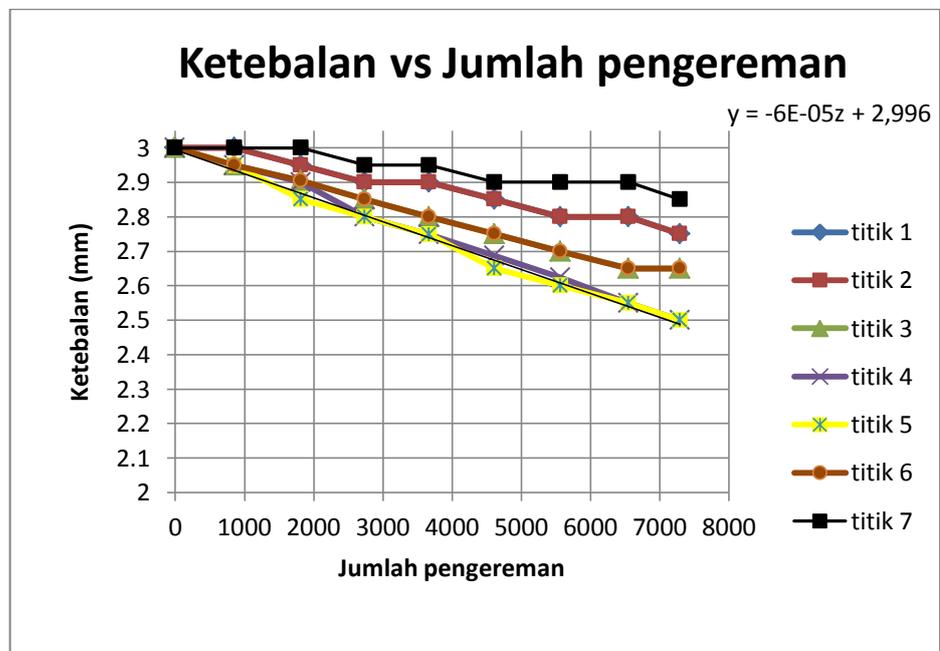
Disini diambil nilai Y (ketebalan kampas) minimum yaitu 0,5 mm

$$x = \frac{3 - 0,5}{0,00025}$$

$$x = 10000 \text{ km}$$

Jadi dari perhitungan diatas dapat dihasilkan umur dari kanvas rem tromol yaitu 10000 km

b. Perhitungan berdasarkan jumlah pengereman



Gambar 3.17 Grafik ketebalan vs jumlah pengereman *trailing shoes*

Dari Gambar 3.17 menunjukkan bahwa ketebalan mula-mula kanvas rem tromol 3 mm. Kemudian seiringnya pemakaian ketebalan kanvas berkurang. Berkurangnya ketebalan antara daerah 1 sampai 7 juga berbeda pada daerah 1,2, dan 7 relatif kecil pada daerah 3 dan 6 hampir sama dan yang ketebalannya berkurangnya paling besar adalah pada daerah 4 dan 5. Fenomena ini terjadi karena pada saat proses pengereman yang pertama kali mengenai drum adalah bagian 4 dan 5 sehingga ketebalan dari kanvas rem berkurang lebih banyak di banding daerah lain

Untuk menentukan umur dari kanvas rem tromol, disini diambil data dari bagian dari kanvas yang pengurangan ketebalannya paling besar karena untuk faktor keamanan yang paling baik. Maka yang dipakai adalah titik 5

$$\text{Persamaan titik 5} \quad y = -0,00006z + 2,996$$

$$z = \frac{2,996 - y}{0,00006}$$

Dimana, z : Jumlah injakan pengereman (injakan)

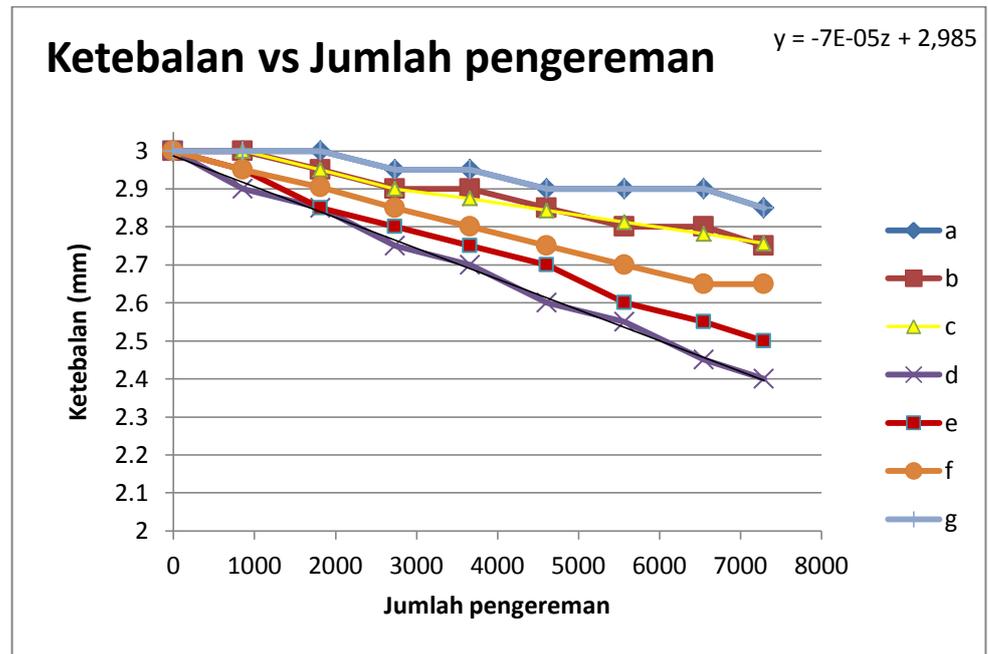
y : ketebalan kanvas (mm)

Disini diambil nilai y (ketebalan kanvas) minimum yaitu 0,5 mm

$$z = \frac{2,996 - y}{0,00006}$$

$$z = 41600 \text{ injakan}$$

Jadi dari perhitungan diatas dapat dihasilkan umur dari kanvas rem tromol yaitu 41600 injakan



Gambar 3.18 Grafik ketebalan vs jumlah pengereman *leading shoes*

Dari Gambar 3.18 menunjukkan bahwa ketebalan mula-mula kanvas rem tromol 3 mm. Kemudian seiringnya pemakaian ketebalan kanvas berkurang. Berkurangnya ketebalan antara daerah a sampai g juga berbeda pada daerah a,b,c dan g relatif kecil, pada titik f ketebalan berkurang lebih banyak dibanding dari titik a,b,c dan g dan yang ketebalannya berkurangnya paling besar adalah pada daerah d dan e. Fenomena ini terjadi karena pada saat proses pengereman yang pertama kali mengenai drum adalah bagian d dan e sehingga ketebalan dari kanvas rem berkurang lebih banyak di banding daerah lain

Untuk menentukan umur dari kanvas rem tromol, disini diambil data dari bagian dari kanvas yang pengurangan ketebalannya paling besar karena untuk faktor keamanan yang paling baik. Maka yang dipakai adalah titik d

Persamaan titik d $y = -0,00007z + 2,985$

$$z = \frac{2,985 - y}{0,00007}$$

Dimana, z : Jumlah injakan pengereman (injakan)

y : ketebalan kanvas (mm)

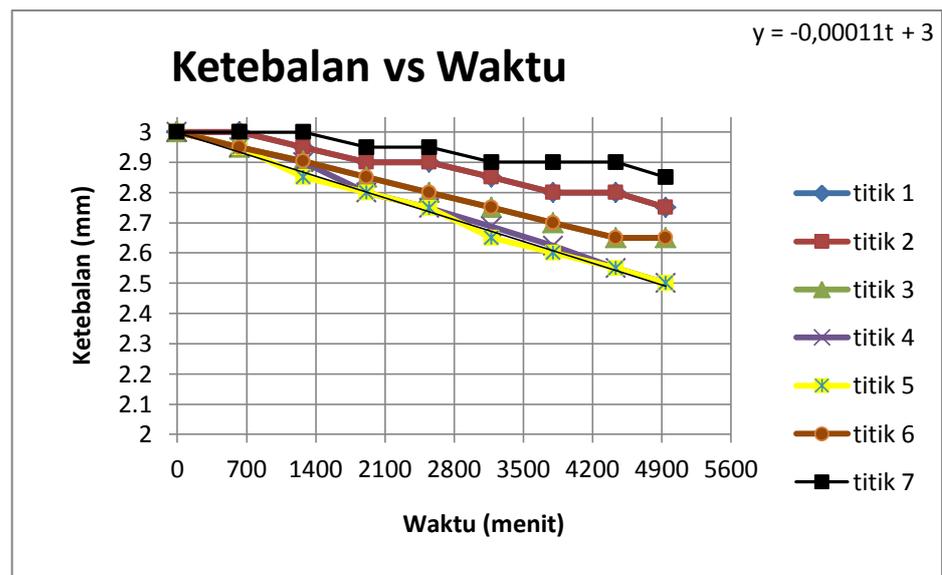
Disini diambil nilai y (ketebalan kanvas) minimum yaitu 0,5 mm

$$z = \frac{2,985 - 0,5}{0,00007}$$

$$z = 35500 \text{ injakan}$$

Jadi dari perhitungan diatas dapat dihasilkan umur dari kanvas rem tromol yaitu 35500 injakan

c. Perhitungan berdasarkan Waktu



Gambar 3.19 Grafik ketebalan vs waktu *trailing shoes*

Dari Gambar 3.19 menunjukkan bahwa ketebalan mula-mula kanvas rem tromol 3 mm. Kemudian seiringnya pemakaian ketebalan kanvas berkurang. Berkurangnya ketebalan antara daerah 1 sampai 7 juga berbeda pada daerah 1,2, dan 7 relatif kecil pada daerah 3 dan 6 hampir sama dan yang ketebalannya berkurangnya paling besar adalah pada daerah 4 dan 5. Fenomena ini terjadi karena pada saat proses pengereman yang pertama

kali mengenai drum adalah bagian 4 dan 5 sehingga ketebalan dari kanvas rem berkurang lebih banyak di banding daerah lain

Untuk menentukan umur dari kanvas rem tromol, disini diambil data dari bagian dari kanvas yang pengurangan ketebalannya paling besar karena untuk faktor keamanan yang paling baik. Maka yang dipakai adalah titik 5

$$\text{Persamaan titik 5} \quad y = -0,00011t + 3$$

$$t = \frac{3 - y}{0,00011}$$

Dimana, t : Waktu (menit)

y : ketebalan kanvas (mm)

Disini diambil nilai t (ketebalan kanvas) minimum yaitu 0,5 mm

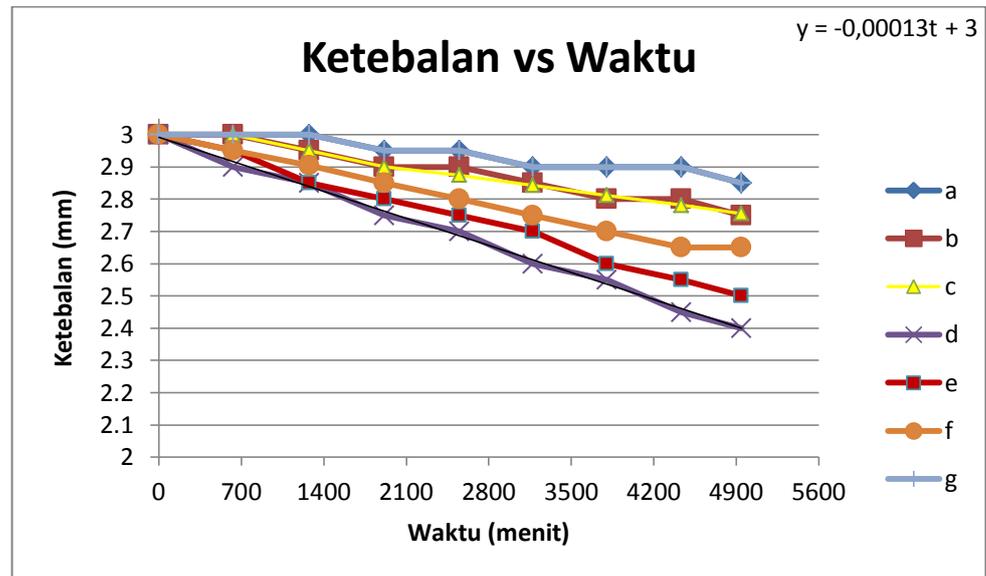
$$t = \frac{3 - 0,5}{0,00011}$$

$$t = 22727,27 \text{ menit}$$

$$t = 378,79 \text{ jam}$$

Diasumsikan sepeda motor digunakan selama 2 jam perhari, maka umur kanvas menjadi 189 hari atau setara dengan 6-7 bulan.

Jadi dari perhitungan diatas dapat dihasilkan umur dari kanvas rem tromol yaitu 6-7 bulan.



Gambar 3.20 Grafik ketebalan vs waktu *leading shoes*

Dari Gambar 3.20 menunjukkan bahwa ketebalan mula-mula kanvas rem tromol 3 mm. Kemudian seiringnya pemakaian ketebalan kanvas berkurang. Berkurangnya ketebalan antara daerah a sampai g juga berbeda pada daerah a,b,c dan g relatif kecil, pada titik f ketebalan berkurang lebih banyak dibanding dari titik a,b,c dan g dan yang ketebalannya berkurangnya paling besar adalah pada daerah d dan e. Fenomena ini terjadi karena pada saat proses pengereman yang pertama kali mengenai drum adalah bagian d dan e sehingga ketebalan dari kanvas rem berkurang lebih banyak di banding daerah lain

Untuk menentukan umur dari kanvas rem tromol, disini diambil data dari bagian dari kanvas yang pengurangan ketebalannya paling besar karena untuk faktor keamanan yang paling baik. Maka yang dipakai adalah titik d

Persamaan titik d $y = -0,00013t + 3$

$$t = \frac{3 - y}{0,00013}$$

Dimana, t : Waktu (menit)

y : ketebalan kanvas (mm)

Disini diambil nilai y (ketebalan kanvas) minimum yaitu 0,5 mm

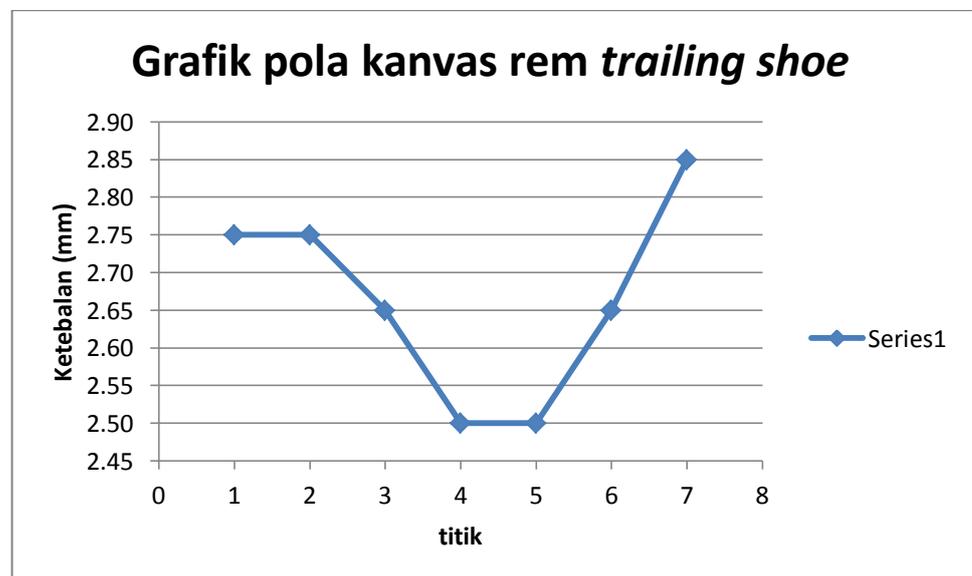
$$t = \frac{3 - 0,5}{0,00013}$$

$$t = 19230,76 \text{ menit}$$

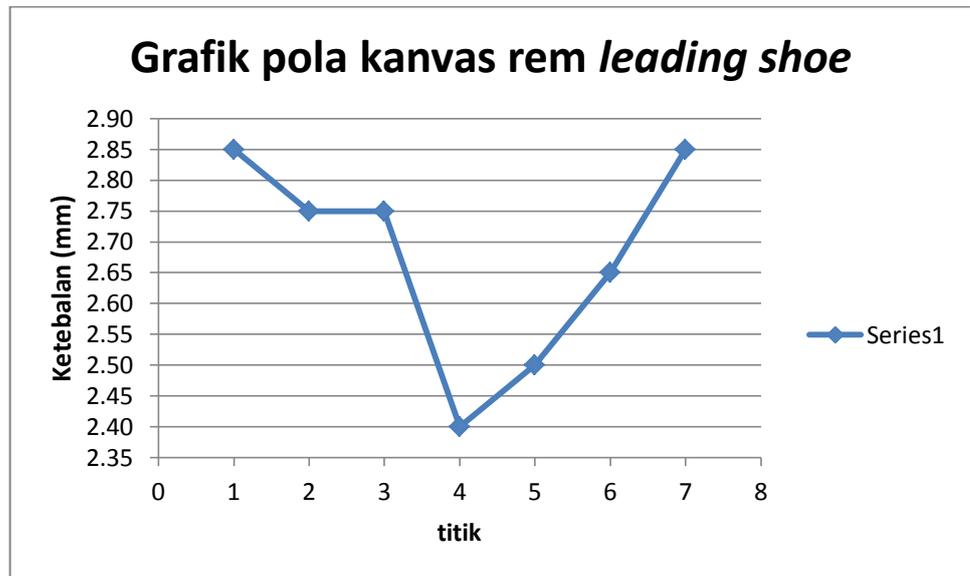
$$t = 320,51 \text{ jam}$$

Diasumsikan sepeda motor digunakan selama 2 jam perhari, maka umur kanvas menjadi 160 hari atau setara dengan 5-6 bulan.

Jadi dari perhitungan diatas dapat dihasilkan umur dari kanvas rem tromol yaitu 5-6 bulan.



Gambar 3.21 Grafik pola kanvas rem *trailing shoes*



Gambar 3.22 Grafik pola kanvas rem *leading shoes*

3.3. Pengujian Koefisien Gesek Kanvas Rem

Koefisien gesekan merupakan besaran yang menunjukkan tingkat kekasaran permukaan suatu benda ketika kedua benda sedang bergesekan. Secara matematis koefisien gesekan dirumuskan sebagai bilangan hasil perbandingan antara besarnya gaya gesekan dengan besarnya gaya normal suatu benda. Jadi nilai koefisien gesekan ditentukan oleh dua faktor yaitu tingkat kekasaran kedua bidang sentuhnya dan gaya normal yang bekerja pada benda tersebut. Besarnya gaya normal yang bekerja pada suatu benda sebanding dengan berat bendanya, sebab pada benda hanya bekerja gaya berat yang terdapat di permukaannya. Sehingga secara matematis besarnya gaya normal sama dengan gaya beratnya,

$$N = w = m.g.$$

Koefisien gesek (μ) dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya gesek (F) dengan gaya normal (N), dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\mu = \frac{F}{N}$$

Tujuan dari pengujian koefisien gesek ini untuk mencari nilai koefisien gesek dari kanvas rem dengan *drum*

Metode yang dilakukan dalam pengujian Koefisien gesek ini berdasarkan pada ASTM C1028. Standar ASTM C1028 ini mengatur tentang metode dalam pengujian koefisien gesek.

3.3.1. Alat Pengujian

1. Sepeda Motor

Sepeda motor yang digunakan adalah Honda Supra X 125 dengan menggunakan rem AHM.

2. Beban / Pemberat

Beban yang digunakan dalam pengujian ini adalah silinder baja dengan massa yang telah ditentukan.



Gambar 3.23 Beban/pemberat

3. Timbangan

Timbangan ini merupakan alat yang digunakan untuk mengukur massa dari beban dan bandul yang digunakan untuk pengujian koefisien gesek.



Gambar 3.24 Timbangan

4. Bandul (ember yang diisi pemberat dan air)

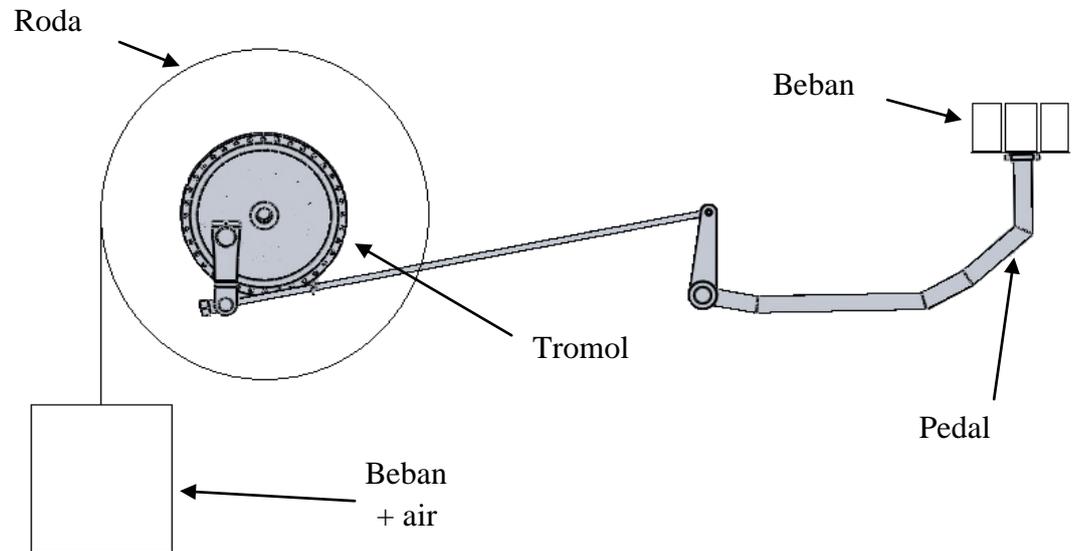
Bandul yang digunakan ini sama dengan beban yang ada di pedal yaitu menggunakan silinder baja yang di tambah dengan air.

5. Tali

Tali dalam pengujian koefisien gesek ini digunakan untuk mengikat/penghubung roda dengan bandul yang berisi beban dari silinder baja dan air.

3.3.2. Skema Pengujian

Pada pengujian koefisien gesek ini seperti di perlihatkan pada Gambar 3.25 di bawah ini. Pada pedal dan roda di beri pemberat sampai terjadi proses pengereman. Pada saat proses pengereman terjadi akan terjadi gesekan antaran kanvas rem dan drum yang akan dicari nilai koefisien gesek dari kanvas rem tersebut.



Gambar 3.25 Skema pengujian koefisien gesek

3.3.3. Prosedur Pengujian

Langkah-langkah untuk pengujian koefisien gesek ini adalah sebagai berikut:

1. Persiapkan alat dan bahan untuk pengujian koefisien gesek.
2. Meletakkan beban pada pedal sepeda motor sampai terjadi pengereman.
3. Meletakkan beban pada ember yang telah diikat pada roda sepeda motor, setelah itu tambahkan air sedikit demi sedikit sampai roda berputar sedikit.
4. Menimbang massa beban yang ada pada pedal.
5. Menimbang massa beban + air yang ada pada ember.
6. Mengulangi percobaan sampai 5 kali

3.3.4. Data dan Hasil Pengujian

Data pengujian

Tabel 3.2 Data pengujian koefisien gesek

No	Beban pedal	Bandul
1	4	5
2	4,5	6
3	5,1	7
4	5,5	7,5
5	6	8

$$L_1 = 297,7 \text{ mm}$$

$$L_2 = 442,5 \text{ mm}$$

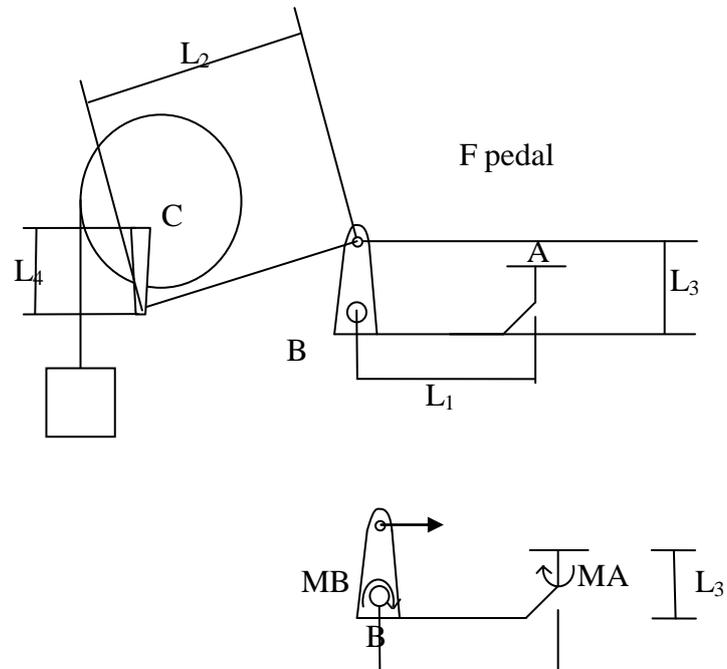
$$L_3 = 76,631 \text{ mm}$$

$$L_4 = 62,434 \text{ mm}$$

$$L_5 = 16,9 \text{ mm}$$

$$D_{drum} = 104,9 \text{ mm}$$

Diagram benda bebas



$$MA = FA \times L_1$$

$$MA = 4 \times 9,81 \times 0,2977$$

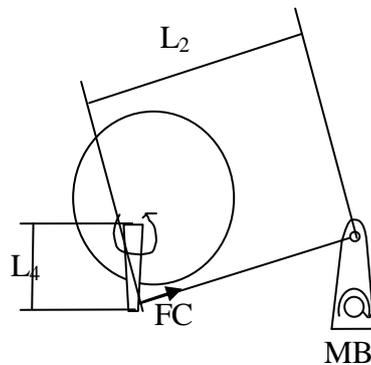
$$MA = 11,68175 \text{ Nm}$$

$$MA = MB$$

$$11,68175 \text{ Nm} = FB \times L_3$$

$$11,68175 \text{ Nm} = FB \times 0,076631$$

$$FB = 152,4415$$

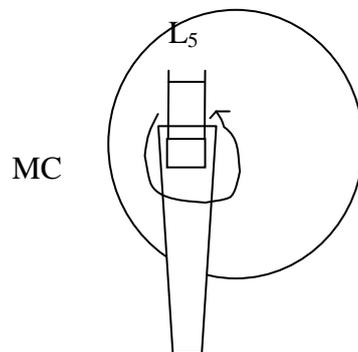


$$FB = FC$$

$$MC = FC \times L_4$$

$$MC = 152,4415 \times 0,062434$$

$$MC = 9,517535 \text{ Nm}$$



$$MC = M_{cam}$$

$$M_{cam} = F_{cam} \times L_5$$

$$F_{cam} = \frac{9,517535}{0,0169}$$

$$F_{cam} = 563,1678 \text{ N}$$

$$T = 563,1678 \times 0,1049/2$$

$$T = 29,53815 \text{ Nm}$$

Untuk Torsi roda

$$T = m \times g \times r_{roda}$$

$$T = 5 \times 9,81 \times 0,2961$$

$$T = 14,52763 \text{ Nm}$$

Karena ada gesekan di drum maka

$$T \times \mu_s = T_{roda}$$

$$\mu_s = \frac{T_{roda}}{T}$$

$$\mu_s = \frac{14,52763}{29,53815}$$

$$\mu_s = 0,49$$

Tabel 3.3 Hasil perhitungan koefisien gesek

No	Beban pedal	Bandul	Gaya cam	Torsi pengujian	Torsi roda	Koefisien gesek
1	4	5	563,17	29,54	14,53	0,49
2	4,5	6	633,56	33,23	17,43	0,52
3	5,1	7	718,04	37,66	20,34	0,54
4	5,5	7,5	774,36	40,61	21,79	0,54
5	6	8	844,75	44,31	23,24	0,52

$$\mu_{rata-rata} = \frac{0,49 + 0,52 + 0,54 + 0,54 + 0,52}{5}$$

$$\mu_{rata-rata} = 0,52$$

Jadi nilai koefisien gesek untuk kanvas rem adalah 0.52

Berikut ini nilai koefisien gesek dari beberapa material berdasarkan buku elemen mesin “*Mechanical Engineering Design*”.

Tabel 3.4 Nilai koefisien gesek beberapa material [25]

Material	Friction Coefficient f	Maximum Pressure P_{max} , psi	Maximum Temperature		Maximum Velocity V_{max} , ft/min	Applications
			Instantaneous, °F	Continuous, °F		
Cermet	0.32	150	1500	750		Brakes and clutches
Sintered metal (dry)	0.29–0.33	300–400	930–1020	570–660	3600	Clutches and caliper disk brakes
Sintered metal (wet)	0.06–0.08	500	930	570	3600	Clutches
Rigid molded asbestos (dry)	0.35–0.41	100	660–750	350	3600	Drum brakes and clutches
Rigid molded asbestos (wet)	0.06	300	660	350	3600	Industrial clutches
Rigid molded asbestos pads	0.31–0.49	750	930–1380	440–660	4800	Disk brakes
Rigid molded nonasbestos	0.33–0.63	100–150		500–750	4800–7500	Clutches and brakes
Semirigid molded asbestos	0.37–0.41	100	660	300	3600	Clutches and brakes
Flexible molded asbestos	0.39–0.45	100	660–750	300–350	3600	Clutches and brakes
Wound asbestos yarn and wire	0.38	100	660	300	3600	Vehicle clutches
Woven asbestos yarn and wire	0.38	100	500	260	3600	Industrial clutches and brakes
Woven cotton	0.47	100	230	170	3600	Industrial clutches and brakes
Resilient paper (wet)	0.09–0.15	400	300		$PV < 500\,000$ psi · ft/min	Clutches and transmission bands

Dari tabel 3.4 diatas, nilai koefisien gesek untuk kanvas rem dengan material *non asbestos* adalah 0,33 – 0,63 dan dari pengujian didapatkan nilai koefisien gesek adalah 0,52.

Beberapa material yang mempunyai koefisien gesek tinggi tidak selalu cocok untuk beberapa aplikasi pengereman. Sebagai contoh sepeda menggunakan material blok karet yang bekerja pada pelek rodanya. Ini cocok untuk sepeda, tidak pada mobil, dalam kaitanya dengan gaya pengereman yang besar dan panas yang dihasilkan di sistem rem mobil. Gesekan material yang digunakan pada rem cakram dan rem tromol mungkin lebih kecil koefisien geseknya daripada rem sepeda, jadi gaya besar yang diterapkan harus dapat dicapai kebutuhan gaya geseknya [26].

3.4. Pengujian Kekuatan Lem

Longworth (1977) menggunakan *simple-span*, Douglass Fir pengeleman berlapis pada balok kayu secara simetris bagian yang terkonsentrasi

beban ditunjukkan secara eksperimen bahwa ASTM *shear-block strength* tidak dapat disajikan seperti *beam-shear strength*, dan kekuatan geser bervariasi tergantung dengan ukuran balok, area geser dan volume.

Keuntungan utama dari pengeleman yang berlapis pada balok adalah keandalan untuk menahan inersia (*full-composite action*). Ketahanan momen penuh juga dapat diulung jika gaya geser yang ditransfer dengan penuh sampai pada bagian persilangan, dari satu elemen titik ke titik berikutnya. Ketidakmampuan untuk menggeser di satu lapisan pada hakekatnya akan mudah untuk menurunkan nilai inersia, dan jumlah nilai inersia pada masing-masing lapisan ^[27].

Proses Pengujian kekuatan lem dilakukan di Laboratorium Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang. Pengujian kekuatan lem ini menggunakan standar seperti ASTM D3737. Metode ASTM D3737 ini untuk menentukan nilai dari kekuatan geser vertikal yang dilakukan pada lapisan material yang dilekatkan pada lem. Dimana benda yang di uji adalah kanvas rem tromol Honda Supra X 125. Saat pengujian kekuatan lem benda uji (kanvas rem tromol) di letakkan di *die*/cetakan yang sudah di desain sesuai standar ASTM D905. ASTM D905 ini sebagai acuan untuk mengunci kanvas rem pada saat pengujian kekuatan geser.

3.4.1. Alat Pengujian

1. Mesin uji tekan

Alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah Mesin uji tekan *universal (universal testing machine)*, dengan spesifikasi sebagai berikut :

Nama alat	:	<i>Universal Testing Machine</i>
Merk	:	<i>Tarno Grocki – Prüfsysteme Hottinger Balwin Messtechnik (HBM) Grossan Zeiger GA 03v/483</i>
Type	:	<i>UPH 100 KN</i>
Kom. Nr.	:	<i>2/80514-5-17314 / 440 Alb. Von Tarnogrocki GmbH-4240 Emerich am hein / material Prüfmachine N</i>



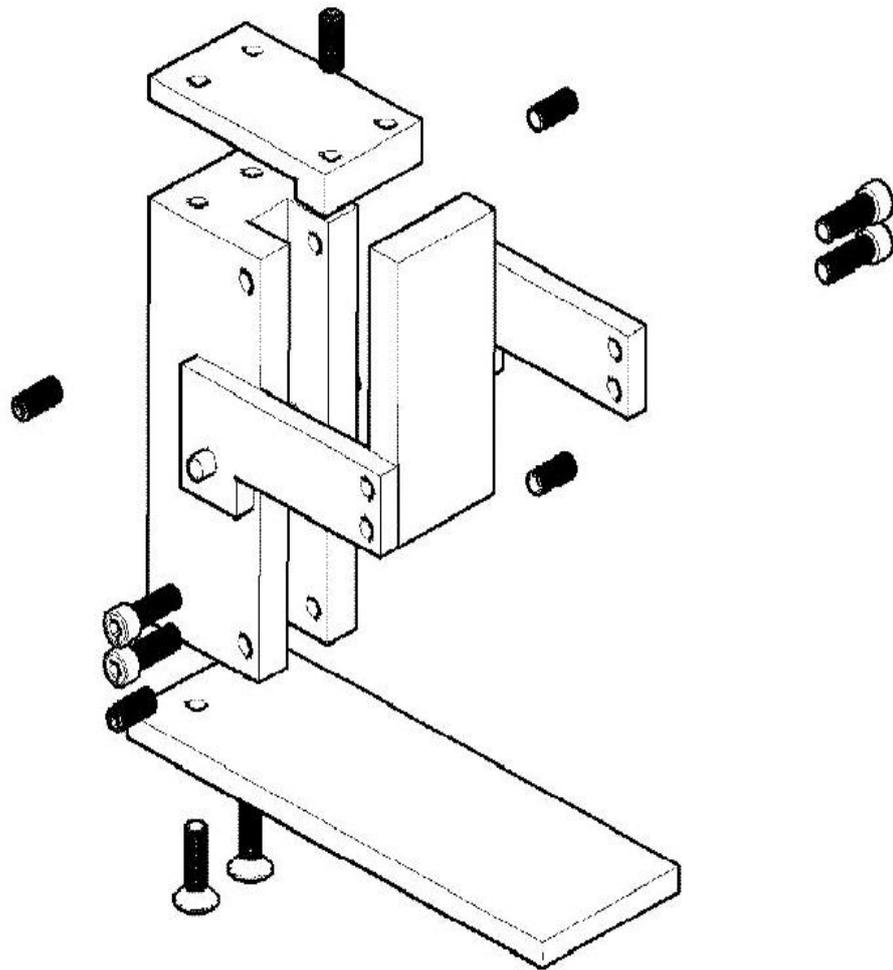
Gambar 3.26 Mesin uji tekan TARNO GROCKI

2. *Jig*

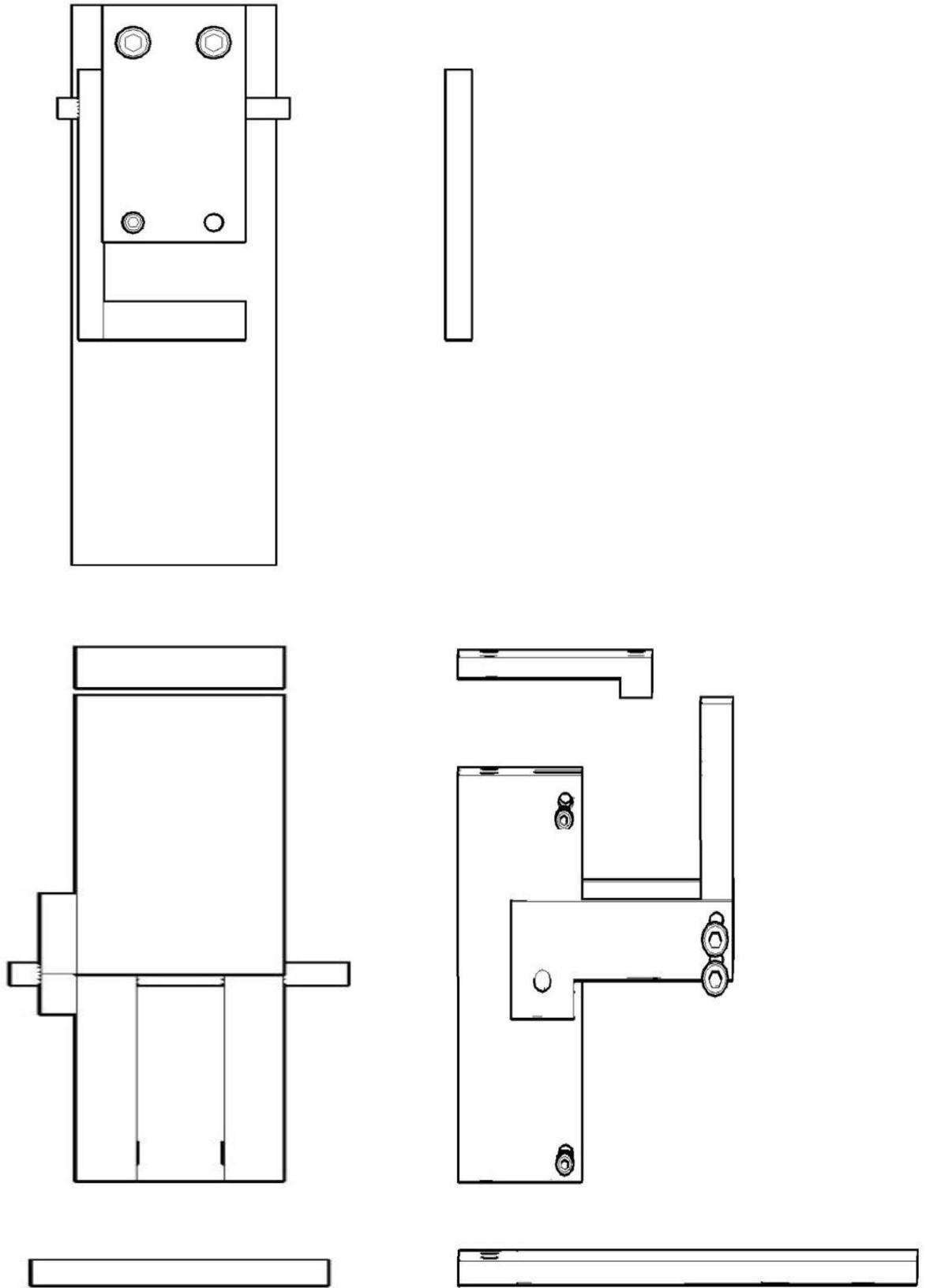
Jig yang digunakan dalam uji tekan ini berdasarkan dimensi dari kanvas rem tromol. Material yang digunakan dalam pembuatan *Jig* ini adalah baja. Pembuatan *Jig* ini sesuai dengan standar ASTM D905 yang mana sebagai acuan untuk mengunci kanvas rem pada saat pengujian kekuatan geser.



Gambar 3.27 *Jig* uji tekan kanvas rem tromol



Gambar 3.28 *Jig* uji tekan kampas rem tromol isometrik



Gambar 3.29 Jig uji tekan kampas rem tromol tampak *top, front and right*

3.4.2. Posedur Pengujian

Langkah-langkah pengujian kekuatan lem adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan kanvas rem tromol dan alat uji (mesin uji tekan dan *jig*).
2. Memasang kanvas rem tromol pada *jig*/ cetakan kemudian diletakkan pada mesin uji tekan.

Kanvas rem yang ditempatkan di *jig*/ cetakan dan ditempatkan di mesin uji tekan



Gambar 3.30 Benda uji yang sudah terpasang pada mesin uji tekan

3. Menghidupkan mesin uji tekan
4. Mendekatkan penekan mesin uji tekan sampai menyentuh *jig* benda uji.
5. Melakukan penekanan pada benda uji sampai terlihat ada pergeseran pada benda uji.
6. Mencatat hasil yang tertera di indikator mesin uji tekan

Penunjuk ukuran gaya tekan (N)



Gambar 3.31 Indikator mesin uji tekan

7. Menjauhkan penekan dari benda uji
8. Melepas benda uji setelah pengujian dari mesin uji tekan

3.4.3. Data Hasil Pengujian

Kekuatan geser kanvas rem dapat ditung dengan rumus dibawah ini :

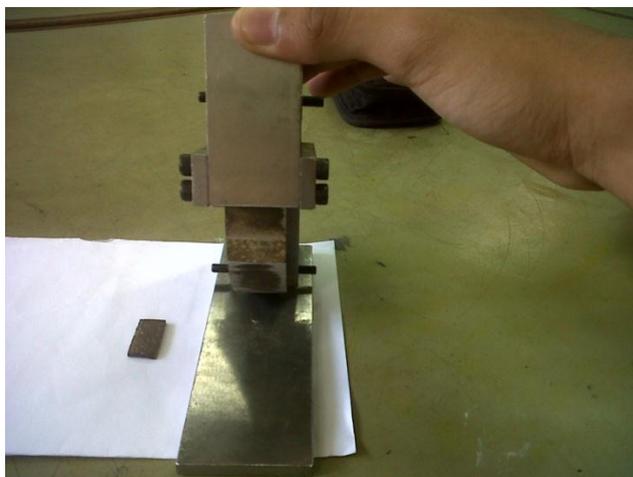
$$\sigma = F/A \quad (4.1)$$

Dimana σ = kekuatan geser maksimum dalam satuan (N/m^2), F = gaya tekan maksimum sampai kanvas rem sampai lepas (N), dan A = luas penampang kanvas rem (m^2).

Dari pengujian kekuatan tekan yang dilakukan di Laboratorium Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang didapatkan data kekuatan geser lem kanvas rem.

Tabel 3.5 Data hasil pengujian geser kanvas rem

Jenis rem	Gaya F (N)	Luas Penampang A (m^2)	Kekuatan geser σ (N/m^2)
Disk Brake	10650	$1689,13 \times 10^{-6}$	$6,305 \times 10^6$
Drum Brake	1150	$323,7 \times 10^{-6}$	$3,552 \times 10^6$



Gambar 3.32 kanvas rem setelah uji geser

Dari gambar 3.31 dapat dilihat bahwa kanvas rem terlepas dari sepatu rem yang sebelumnya menyatu karena dilem. Pada pengujian ini lem kanvas tidak terkelupas, namun material dari kanvas yang gagal. Hal ini terjadi karena pengeleman yang benar dan material lem yang baik. Jadi untuk pengeleman kanvas rem ini dinyatakan aman jika digunakan dalam kondisi pengereman yang berat maupun yang ringan. Untuk Pembuktian kualitas pengeleman kanvas rem maka dilakukan perhitungan kapasitas pengereman yang akan dijelaskan pada sub bab selanjutnya.

3.4.4. Perhitungan Kapasitas Pengereman

Pada perhitungan kapasitas pengereman diasumsikan Sebuah sepeda motor Honda Supra X 125 yang dikendarai berboncengan dengan beban penumpang 120 kg melaju dengan kecepatan 100 km/jam di jalan yang menurun dengan sudut kemiringan 30^0 , kemudian sepeda motor tersebut direm sampai sepeda motor tersebut berhenti dengan waktu pengereman 2 detik.

Koefisien gesek ban dengan aspal, $\mu = 0,85$ ^[27]

Perhitungan

$$\text{Diketahui : } V_0 = 100 \text{ km/jam} = 27,78 \text{ m/s}$$

$$t = 2 \text{ s}$$

$$\alpha = 30^0$$

$$\mu = 0,85$$

Perhitungan percepatan sepeda motor

$$V_t = V_0 + a t$$

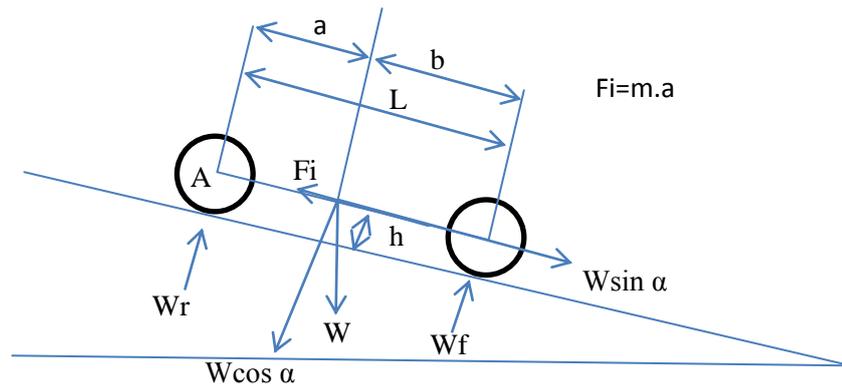
$$0 = 27,78 + a (2)$$

$$a = \frac{0 - 27,78}{2}$$

$$a = - 13,89 \text{ m/s}^2$$

Karena nilainya negative (-) maka arahnya berbalik atau disebut dengan perlambatan.

Diagram benda bebas



Gambar 3.33 Diagram benda bebas perhitungan beban pengereman

$$L = 1,258 \text{ m} , \quad a = 0,6894 \text{ m}$$

$$b = 0,5686 \text{ m}$$

$$h = 0,2898 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa benda} &= \text{massa sepeda motor} + \text{massa penumpang} \\ &= 104 + 120 \\ &= 224 \text{ kg} \end{aligned}$$

Berat benda :

$$W = 224 \cdot 9,81 = 2197,44 \text{ N}$$

Kesetimbangan momen

$$\sum M_A = 0$$

$$Wf(L) - W \cos \alpha (b) - W \sin \alpha (h) - m \cdot a (h) = 0$$

$$Wf = \frac{W \cos \alpha (b) + W \sin \alpha (h) - m \cdot a (h)}{L}$$

$$Wf = \frac{2197,44 \cos 30 (0,5686) + 2197,44 \sin 30 (0,2898) - (224) \cdot (-13,89) (0,2898)}{1,258}$$

$$Wf = \frac{1082,07 + 318,41 + 901,67}{1,258}$$

$$Wf = 1830 \text{ N}$$

$$\sum Fy = 0$$

$$Wr + Wf - W \cos \alpha = 0$$

$$Wr = W \cos \alpha - Wf$$

$$Wr = 2197,44 \cos 30 - 1830$$

$$Wr = 1903,04 - 1830$$

$$Wr = 73,04 \text{ N}$$

Dari hasil perhitungan diatas, didapatkan $Wf = 1830 \text{ N}$ dan $Wr = 73,04 \text{ N}$, dimana Wf adalah beban pengereman pada roda depan, sedangkan Wr adalah beban pengereman pada roda belakang. Sehingga untuk perhitungan kapasitas pengereman digunakan beban pada roda depan, dengan di asumsikan roda depan adalah rem tromol.

Gaya pengereman

$$Bf = \mu \cdot Wf$$

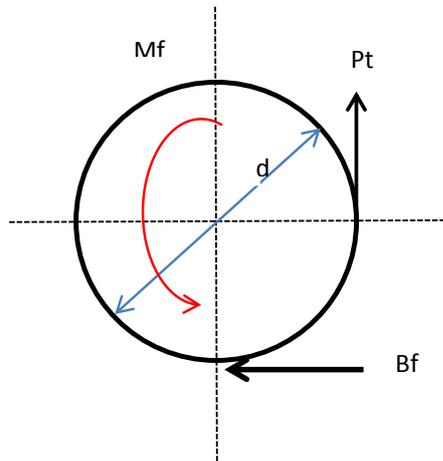
Dimana, μ : koefisien gesek (roda dengan jalan)

Wf : Beban pengereman

$$Bf = \mu \cdot Wf$$

$$Bf = (0,85) \cdot 1830$$

$$Bf = 1555,5 \text{ N}$$



Gambar 3.34 Diagram momen pada roda

Momen pada roda

$$Mf = Bf \cdot \left(\frac{d}{2}\right) \quad \text{Dimana, } d = \text{diameter roda}$$

$$Mf = 1555,5 \text{ (0,2961)}$$

$$Mf = 460,58 \text{ Nm}$$

Gaya Tangensial

$$Mf = Pt \cdot \left(\frac{d}{2}\right) \quad \text{Dimana, } d = \text{diameter drum}$$

$$Pt = \frac{Mf}{\left(\frac{d}{2}\right)}$$

$$Pt = \frac{460,58}{\left(\frac{d}{2}\right)}$$

$$Pt = \frac{460,58}{\left(\frac{0,1049}{2}\right)}$$

$$Pt = 8781,38 \text{ N}$$

Gaya Tangensial perluasan

A = Luas kanvas rem

$$\frac{Pt}{A} = \frac{8781,38}{2504,7 \cdot 10^{-6}}$$
$$= 3,506 \cdot 10^6 \text{ x } N/m^2$$

Dari hasil perhitungan kapasitas pengereman diatas kemudian dibandingkan dengan hasil pengujian kekuatan lem. Dari hasil pengujian kekuatan lem didapatkan tegangan sebesar $3,552 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ dan dari hasil perhitungan kapasitas pengereman didapatkan tegangan sebesar $3,506 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$. Karena $3,506 \cdot 10^6 < 3,552 \times 10^6$ maka kanvas rem dinyatakan aman digunakan dalam pengereman yang berat maupun yang ringan.