

PERANCANGAN ELECTRONIC WEDGE BRAKE

Anthony Sugianto¹⁾, Ian Hardianto Siahaan, S.T., M.T.²⁾

Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra^{1,2)}

Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Indonesia^{1,2)}

Phone: 0062-31-8439040, Fax: 0062-31-8417658^{1,2)}

E-mail : m24412020@john.petra.ac.id¹⁾, ian@peter.petra.ac.id²⁾

ABSTRAK

Saat ini sebagian besar kendaraan menggunakan sistem hidrolik sebagai sistem pengeremannya. Bila di tinjau dari perawatan dan jumlah komponen, sistem hidrolik memiliki banyak komponen dan memiliki perawatan berkala yang banyak dan mahal selain itu sistem hidrolik adalah sistem yang kotor jika terjadi kerusakan. Oleh karenanya skripsi ini digagas untuk membuat sistem rem yang lebih praktis dan lebih mudah perawatannya. Sistem electronic wedge brake ini bekerja sesuai dengan prinsip kerja jarum keras. Rancangan sistem electronic wedge brake ini menggunakan motor power window sebagai penggerak utama. Dengan torsi sebesar 3 Nm motor ini dapat menghasilkan gaya sebesar 154,36 lbf dan dapat menghentikan putaran roda dari kecepatan 80 km/jam hingga berhenti total dalam waktu 2,74 detik

Kata kunci: E-brake, electronic, pengereman, hidrolik, ulir

1. Pendahuluan

Sebagian besar mobil yang diproduksi sekarang menggunakan sistem rem hidrolik. Sistem hidrolik pada rem merupakan perkembangan sistem pengereman mekanik yang mengandalkan kabel untuk menarik *brake pad* agar menekan objek yang akan diberhentikan. Sistem hidrolik mempunyai keuntungan yaitu dapat memberikan gaya pengereman yang ringan karena mengandalkan tekanan fluida untuk menekan *brake pad* ke objek yang akan diberhentikan.

Tetapi sistem pengereman hidrolik mempunyai banyak kelemahan yaitu banyaknya komponen yang digunakan sistem tersebut sehingga rumit untuk mendeteksi kerusakan jika terjadi kesalahan atau kegagalan sistem pengereman. Fluida rem mempunyai sifat higroskopis yang membuatnya bisa bereaksi dengan udara dan menyerap uap air, jika fluida rem mengandung terlalu banyak uap air, maka akan menyebabkan korosi pada sistem rem. Selain itu juga dapat menimbulkan gelembung yang bisa menyebabkan kerja rem tidak pakem. Bisa juga rem tiba-tiba macet saat dipakai berulang-ulang karena tekanan udara di dalam minyak rem naik. Sistem rem hidrolik banyak menggunakan seal yang berfungsi untuk mencegah kebocoran fluida pada rumah kaliper, master rem, dll. Seringkali seal-seal tersebut mengalami getas sehingga dapat terjadi kebocoran pada fluida.^[4]

Teknologi baru pengereman menggunakan *electronic wedge brake* dapat menggantikan sistem rem menggunakan fluida. Karena tidak menggunakan fluida, maka masalah fluida rem, kebocoran, korosi tidak akan terjadi. Selain itu sistem pengereman menggunakan *electronic wedge brake* lebih sederhana dan ringkas jika dibandingkan dengan rem hidrolik konvensional.

2. Metode Penelitian

Electronic Wedge Brake ini dirancang agar dapat bekerja dengan pemicu saklar *power window*. Mekanisme *electronic wedge brake* ini dapat menekan disc brake dan menggantikan sistem hidrolik yang terdiri dari banyak part.

Prinsip kerja alat ini mirip seperti prinsip kerja jarum keras ketika mur di putar maka kedua baut akan saling mendekat atau saling menjauh secara bersamaan. Bedanya adalah pada sistem *electronic wedge brake* ini yang berputar adalah poros ulir dan kedua mur bergerak saling berlawanan. Ketika rem bekerja maka poros ulir akan berputar ke kanan dan menyebabkan mur pendorong bergerak maju, Sedangkan mur penarik akan bergerak mundur. Lalu ketika rem tidak bekerja maka poros ulir akan berputar ke kiri dan menyebabkan mur pendorong bergerak mundur, dan mur penarik bergerak maju. Motor DC berfungsi sebagai penggerak poros ulir dari *electronic wedge brake* ini agar dapat berputar sesuai kegunaannya.

Untuk menjaga agar mur pendorong dan mur penarik tidak ikut berputar maka di beri 2 batang yang berguna sebagai rel untuk mur penarik dan stopper bagi mur pendorong. Batang rel ini juga berfungsi meneruskan gaya tarik dari mur penarik. Pada ujung batang rel ini di sambung kan dengan *brake pad*. Lalu agar mur penarik dapat menarik barang rel ini maka di beri snpring yang membuat batang penarik ini ikut tertarik pada saat mur penarik bergerak ke belakang.

Motor DC yang mungkin digunakan untuk sistem *electronic wedge brake* ini adalah motor *power window* dan motor wiper. Ditentukan untuk menggunakan motor *power window* karena mekanismenya lebih cocok untuk sistem *electronic wedge brake* ini. Mekanisme yang di maksud adalah motor *power window* ini dapat berhenti pada posisi mana pun tidak seperti motor wiper yang akan kembali pada posisi semula secara otomatis sehingga lebih susah untuk mengontrolnya. Spesifikasi

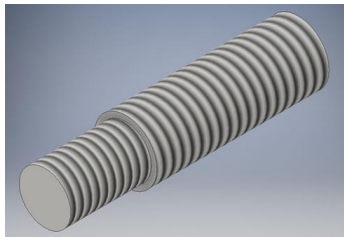
motor *power window* MT0200301 :

Rated Voltage	: 12V
Rated Torque	: 3 N.m
No Load Current	: 2,8 A
No Load Speed	: 90 rpm
Rated Current	: 9 A
Rated Speed	: 65 rpm
Stall Current	: 28 A
Stall Torque	: 25 kg
Noise	: 55 DB



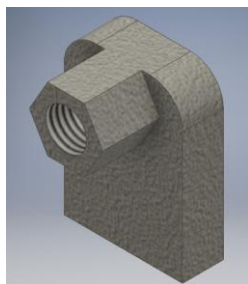
Gambar 1. Motor *Power Window*

Poros ulir ini berfungsi untuk menggerakkan mur pendorong dan mur penarik. Pada saat rem bekerja maka poros ulir akan berputar ke kanan. Pada saat rem tidak bekerja maka poros ulir ini akan berputar ke kiri. Poros ulir ini memiliki dua arah ulir yang berbeda sehingga ketika di putar, mur akan bergerak secara berlawanan arah. Untuk ulir pada bagian mur penarik menggunakan ulir M 12 x 1,75. Pada bagian ulir untuk mur pendorong menggunakan ulir M 10 x 1,50.^[1]



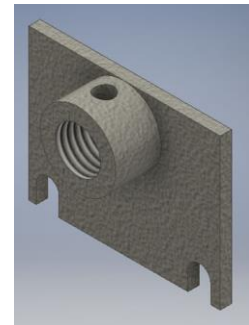
Gambar 2. Poros Ulir

Mur ini berfungsi untuk mendorong *brake pad* ketika rem bekerja. Pada saat rem bekerja maka poros ulir akan berputar ke kanan dan menyebabkan mur pendorong ini bergerak maju sehingga mendorong *brake pad*. Pada saat rem tidak bekerja maka poros ulir akan berputar ke kiri dan menyebabkan mur pendorong ini kehilangan gaya dorong sehingga *brake pad* kehilangan gaya gorong juga.



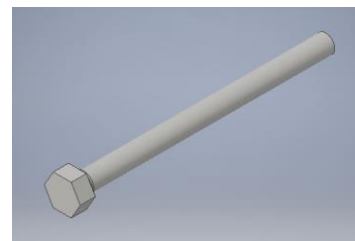
Gambar 3. Mur Pendorong

Mur ini berfungsi untuk menarik *brake pad* ketika rem bekerja. Pada saat rem bekerja maka poros ulir akan berputar ke kanan dan menyebabkan mur penarik ini bergerak mundur sehingga menarik *brake pad*. Pada saat rem tidak bekerja maka poros ulir akan berputar ke kiri dan menyebabkan mur pendorong ini kehilangan gaya tarik sehingga *brake pad* kehilangan gaya tarik juga. Untuk menghubungkan mur penarik ini dengan *brake pad* digunakan dua buah batang penghubung yang dihubungkan dengan celah pada bagian bawah mur penarik ini sesuai dengan diameter batang penahan dan dipasang *snapring* tipe H agar dapat menarik *brake pad*.



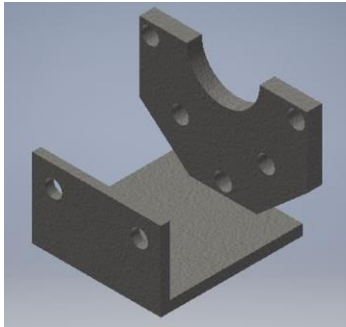
Gambar 4. Mur Penarik

Batang penahan berfungsi sebagai penahan agar mur pendorong dan mur penarik tidak ikut berputar saat rem bekerja, selain itu juga berguna untuk menahan mur pendorong agar tidak ikut berputar pada saat rem bekerja. Batang penahan ini juga berfungsi sebagai rel untuk gerak maju mundur *brake pad* penarik. Pada ujung batang penahan ini berfungsi untuk menarik *brake pad* penarik dengan ulir M 6 x 1,00 sebagai pengikat batang penahan dengan *brake pad*.



Gambar 5. Batang Penahan

Dudukan ini berfungsi untuk menyambungkan semua komponen *electronic wedge brake* pada motor listrik. Bahan pembuat dudukan ini adalah baja karbon. Dudukan ini terbuat dari plat setebal 7 mm pada bagian belakang untuk menyesuaikan dengan panjang mur pengikat pada motor. Pada sisi luar dudukan ini juga berguna untuk menjadi pemegang batang penahan agar batang penahan tidak lepas dari *brake pad* dan batang penahan dapat bergerak secara translasi ketika rem bekerja.



Gambar 6. Dudukan

Pada perancangan *electronic wedge brake* digunakan *brake pad* milik sepeda motor Honda Fif X dengan luas permukaan sebesar 14,14 cm². Pemilihan *brake pad* ini berdasarkan letak lubang pengikat pada rumah kaliper rem. Pada *brake pad* Honda Fit X letak lubang sejajar di bawah *brake pad* sehingga memudahkan melakukan perancangan pemegang *brake pad* pada sistem *electronic wedge brake*. Pada bagian yang tidak digunakan sengaja dipotong untuk menambah nilai estetika dari sistem *electronic wedge brake*.



Gambar 7. Brake Pad

Pada perancangan *electronic wedge brake* ini menggunakan *accu* sebagai sumber daya untuk menggerakkan motor *power window*. *Accu* yang digunakan adalah *accu* basah Massiv NS40 12V-32Ah.



Gambar 8. Accu

3. Hasil dan Pembahasan

Ketika baut atau sekrup yang digunakan untuk menjepit dua bagian, gaya yang bekerja antara kepala baut dan mur adalah *clamping load*. *Clamping load* merupakan akibat dari adanya torsi pada kepala baut dan ulir. Hubungan antara torsi dan gaya tarik aksial di baut dan ulir (*clamping load*) adalah sebagai berikut :^[4]

$$T = K . D . F$$

Dimana :

T = Torsi (lb.in)

K = Konstanta lubrikasi

D = Diameter luar ulir (in)

F = *Clamping Load* (lb)

Dalam hal ini diketahui bahwa nilai torsi yang digunakan adalah torsi dari motor *power window* yaitu 3 N.m (26,55 lb.in). Konstanta digunakan 0,20 karena kondisi ulir yang bersih dan kering, sedangkan untuk kondisi ulir yang diberi lubrikasi maka lebih baik menggunakan konstanta 0,15. Untuk diameter luar ulir menggunakan dua ulir yang berbeda sehingga diameter luar ulir penarik yaitu 12 mm (0,47 in) ditambah dengan diameter luar ulir pendorong yaitu 10 mm (0,39 in), sehingga diameter total menjadi 22 mm (0,86 in).

$$\begin{aligned} T &= K . D . F \\ 26,55 \text{ lb.in} &= 0,20 . 0,86 \text{ in} . F \\ 26,55 \text{ lb.in} &= 0,172 . F \\ F &= \frac{26,55 \text{ lb.in}}{0,172} \\ F &= 154,36 \text{ lbf} \end{aligned}$$



Gambar 9. Pengukuran Gaya Pengereman

Metode pengukuran gaya pengereman dilakukan dengan menggunakan neraca pegas. Salah satu ujung neraca pegas disambung pada struktur yang kokoh dan statis. Kemudian ujung lainnya di sambungkan pada *brake pad* pada *electronic wedge brake* yang dalam keadaan *off* sepenuhnya. Dalam hal ini *off* sepenuhnya berarti *brake pad* pada jarak terjauh dari *disc brake*. Untuk mengikat kedua ujung neraca pegas digunakan benang kasar karena tidak memiliki sifat elastis. Karena jarak pergerakan yang sangat pendek, maka tarikan tali dikondisikan pada beban 10 kg. Modul *electronic wedge brake* di tahan agar tidak bergerak sewaktu dilakukan pengukuran. Kemudian *electronic wedge brake* diaktifkan sehingga *brake pad* akan bergerak dan menarik neraca pegas hingga motor tidak mampu menarik *brake pad* lagi. Pada pengukuran, *brake pad* harus berhenti sebelum menyentuh *disc brake* sehingga *brake pad* berhenti karena motor sudah tidak mampu mendorong *brake pad* lagi, bukan karena *brake pad* menyentuh *disc brake*. Dalam hal ini diperoleh hasil pengukuran sebesar 13 kg (28,66 lb).¹

$$F = m \cdot g$$

$$F = 28,66 \text{ lbm} \cdot 32,17 \text{ ft/s}^2$$

$$F = 28,66 \text{ lbm} \cdot 32,17 \text{ ft/s}^2 \cdot \frac{1 \text{ lbf}}{32,17 \text{ lbm ft/s}^2}$$

$$F = 28,66 \text{ lbf}$$

$$F = N \cdot \mu$$

$$F = 127,48 \cdot 0,4$$

$$F = 50,9 \text{ N}$$



Gambar 10. Percobaan

Dalam mengetes kemampuan *electronic wedge brake* ini maka dilakukan percobaan untuk menghitung waktu yang diperlukan *electronic wedge brake* ini untuk memberhentikan putaran roda tanpa beban dari kecepatan tertentu. Untuk membantu mengukur kecepatan putaran roda maka digunakan *speedometer*, *speedometer* yang di gunakan adalah CATEYE C-Comp CC-VL520 Velo7.

Langkah percobaan dilakukan sebagai berikut :

1. Menyiapkan alat dan bahan, diantaranya : sepeda motor, *paving blok*, modul *electronic wedge brake* yang telah di rancang, dan *speedometer*.
2. Memasang *speedometer*. Dimulai memasang sensor pembaca pada rangka roda. Lalu memasang sensor magnet pada ruji roda, sensor ini dapat diletakkan pada radius berapa saja karena sensor ini membaca ω . Sensor magnet ini di pasang pada bagian ruji yang mendekati ujung sensor. Jarak antara sensor pembaca dan sensor magnet sekitar 5 mm. kemudian menyetel *speedometer* sesuai keliling tapak ban yaitu 150 cm. langkah terakhir adalah memasukkan *speedometer* pada *bracket*.
3. Menyiapkan sepeda motor sebagai alat pembantu untuk memutar roda. Sepeda motor diletakkan dengan standar tengah di atas dua batu *paving blok* agar bagian belakang sepeda

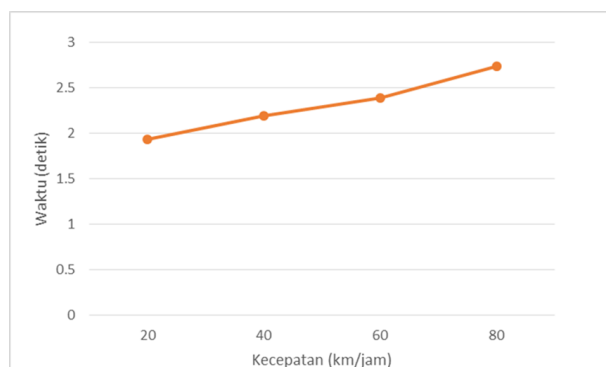
motor terangkat. Roda belakang sepeda motor diletakkan sedekat mungkin dengan roda modul *electronic wedge brake* dan tidak boleh bersentuhan.

4. Menyalakan *speedometer* dan sepeda motor. Lalu memasukkan gigi sepeda motor ke gigi dua atau lebih sesuai kebutuhan. Kemudian pada saat roda belakang sepeda motor berputar maka bagian belakang sepeda motor di tekan ke bawah agar roda sepeda motor yang berputar menyentuh roda pada modul *electronic wedge brake*.
5. Membuka *throttle* sepeda motor untuk menambah kecepatan putaran roda sesuai kecepatan yang diinginkan. Karena sulitnya mendapatkan kecepatan yang akurat hanya dengan mengatur bukaan *throttle* sepeda motor maka untuk memperoleh nilai kecepatan percobaan dilakukan dengan menambah kecepatan sedikit melebihi kecepatan yang di inginkan dan menunggu kecepatan turun pada kecepatan yang di inginkan.
6. Ketika sudah mencapai kecepatan yang diinginkan maka melepas tekanan di belakang sepeda motor sehingga ban belakang sepeda motor dan ban pada modul *electronic wedge brake* tidak bersentuhan.
7. Mulai mengaktifkan *electronic wedge brake* dan meyalakan *stopwatch* untuk menghitung waktu yang di perlukan *electronic wedge brake* untuk memberhentikan putaran roda.
8. Percobaan dilakukan lima kali untuk masing – masing kecepatan agar hasil lebih akurat.

Setelah dilakukan percobaan maka didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Waktu Pengereman

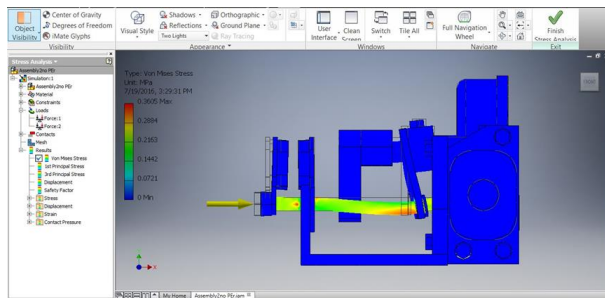
Kecepatan (km/jam)	Waktu Pengereman (detik)					Rata - rata
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	
20	2.1	2.03	1.84	1.78	1.92	1.934
40	2.24	2.29	2.23	2.08	2.15	2.198
60	2.48	2.24	2.37	2.35	2.51	2.39
80	2.62	2.69	2.72	2.88	2.79	2.74



Gambar 11. Grafik Hasil Percobaan

Dilihat dari Gambar bahwa semakin tinggi kecepatan maka semakin tinggi juga waktu yang dibutuhkan *electronic wedge brake* untuk melakukan pengereman

hingga roda berhenti. Hal tersebut disebabkan karena semakin tinggi kecepatan putaran roda maka gaya yang dibutuhkan untuk menghentikan putaran roda semakin besar, tetapi diketahui bahwa daya motor tetap, maka untuk menghasilkan energi yang lebih besar dengan daya yang sama dibutuhkan waktu yang lebih lama. Dapat dilihat bahwa waktu pengereman terlama terjadi pada kecepatan 80 km/jam sebesar 2.74 detik. Sedangkan waktu pengereman tercepat terjadi pada kecepatan 20 km/jam sebesar 1.93 detik.



Gambar 12. Hasil Simulasi

Untuk mengetahui kekuatan material batang penahan dilakukan *stress analysis* pada batang penahan. Batang penahan mengalami stress karena batang penahan ditarik oleh mur penarik sedangkan pada sisi luar batang penahan harus mampu menekan *brake pad*. Simulasi untuk mengetahui kekuatan material batang penahan dilakukan dengan program *Autodesk Inventor 2016*. Hasil simulasi ditunjukkan oleh Gambar 4.3. Berdasarkan hasil percobaan maka batang penahan diberi masing-masing gaya sebesar 77,17 lbf. Dapat dilihat jika batang penahan diberi gaya sebesar 77,17 lbf maka batang penahan akan mengalami deformasi. Tetapi berdasarkan hasil percobaan gaya yang dihasilkan adalah sebesar 14,33 lbf pada masing-masing batang penahan. Dengan gaya sebesar 14,33 lbf batang penahan masih mampu untuk menarik *brake pad*. Dengan gaya sebesar itu *brake pad* tidak mengalami deformasi dan *sistem electronic wedge brake* masih dapat bekerja secara normal.

4. Kesimpulan

Dengan rancangan yang sedemikian rupa sistem ini dapat bekerja dengan baik sesuai dengan batasan masalah yang ada. Dari hasil pengujian maka di dapatkan gaya tekan maksimal dari *electronic wedge brake* adalah 28,66 lbf. Dan waktu yang di perlukan *electronic wedge brake* untuk melakukan pengereman dari kecepatan 20 km/jam adalah 1,934 detik, dari kecepatan 40 km/jam adalah 2,198 detik, dari 60 km/jam adalah 2,39 detik, dan dari 80 km/jam adalah 2,74 detik.

Kekurangan dari sistem *electronic wedge brake* ini adalah tidak memiliki mekanisme yang bekerja secara otomatis untuk melepas *brake pad* dari *disc brake* ketika rem sudah selesai digunakan. Sehingga untuk melepaskan *brake pad* harus dilakukan dengan cara menekan tombol lagi. Hal ini tentu mengurangi nilai kepraktisan dari sistem *electronic wedge brake* yang telah dirancang. Selain itu pada perancangan sistem *electronic wedge brake* ini seharusnya menggunakan

square thread bukan *metric thread* supaya gaya yang dihasilkan lebih besar dan menggunakan motor yang khusus didesain untuk *electronic wedge brake* sehingga kerja motor menjadi lebih maksimal.

Kelebihan dari sistem *electronic wedge brake* ini adalah tidak menggunakan fluida rem sehingga lebih ramah lingkungan. Selain itu dengan tidak adanya fluida rem maka biaya perawatan berkala dari sistem rem dapat ditekan mengingat harga fluida rem yang mahal dan frekuensi penggantian fluida rem yang cukup sering yaitu setiap 20000 km sekali.

5. Daftar Pustaka

1. boltscience. (2016, July 10). *screw*. Retrieved from boltscience: <http://www.boltscience.com/pages/screw6.htm>
2. ELEKTRONIKA DASAR. (2016, march 24). *Jenis-Jenis Motor Listrik*. Retrieved from ELEKTRONIKA DASAR: <http://elektronika-dasar.web.id/jenis-jenis-motor-listrik/>
3. PPGT. (2008). *Sistem Rem*. Malang: Pusat Pengembangan Penataran Guru Teknologi VEDC.
4. Robert L. Mott, P. (2004). *Machine Elements in Mechanical Design (4th ed.)*. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education Ltd.
5. Shingley, J. E., & Charles R, M. (2003). *Mechanical Engineering Design (6th ed.)*. New York: McGraw-Hill.