

Rancangan Parking Brake System Bis Listrik Konversi Uiberbasis Air Over Hydraulic (AOH) Service Brake

Danardono Agus Sumarsono, Ghany Heryana, Mohammad Adhitya, Nazaruddin, Rolan Siregar

ABSTRACT

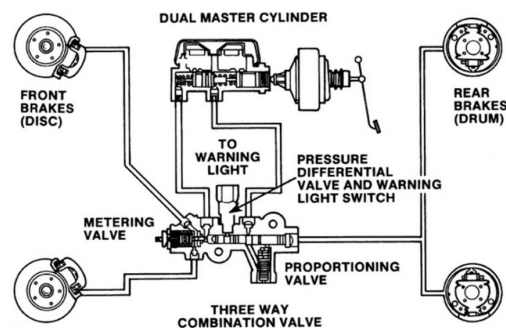
Generally, the braking system on (large) vehicles consist of a service brake system and a parking brake system. The service brake system is the primary braking system to slow down or stop the car. A parking brake system is a system to keep the bus from moving in parking conditions. The service brake system consists of at least three types: the hydraulic braking system, the AOH (Air Over Hydraulic) braking system, and the air/pneumatic braking system. On the UI conversion electric bus, the existing braking system of the bus is hydraulic or AOH. In AOH, the air is used as a pilot to activate the hydraulic brake system's actuator. Changing the main driving engine (diesel) into an electric motor is necessary to analyze and redesign the parking brake system. The main requirement of this parking brake is that if compressed air fails/is empty/closed, the parking brake system works (normally closed). Therefore, the primary demand for this parking brake is that it can work even if the compressed air runs out or there is a leak in the hydraulic system. With this design, the parking brake system's problem on a convertible electric bus with an air-over hydraulic braking platform can be overcome. One alternative technique is to move the brake drum and brake shoes for the parking brake to the differential side if the existing bus transmission is no longer used or if the conversion bus uses an electric motor system directly to the propeller shaft of the differential. The design of the pneumatic parking brake system has been successfully simulated with software. **Keywords:** bus parking brake, AOH parking brake, electric bus, bus braking system

PENDAHULUAN

Pengereman pada kendaraan menjadi salah satu hal yang sangat penting untuk menjamin keselamatan kendaraan serta penumpang. Pada kendaraan konvensional yang dikonversi menjadi kendaraan listrik, diperlukan perencanaan yang matang untuk merancang ulang system pengereman. Pada kendaraan kecil konvensional, gaya tambahan pengereman berasal dari udara vakum yang dihasilkan dari putaran mesin atau tekanan balik exhaust manifold. Sedangkan pada kendaraan listrik, udara vakum didapatkan dari pompa vakum elektrik (Prasetya et al., 2020).

Pada kendaraan besar seperti bis, system pengereman ini setidaknya ada tiga jenis, tergantung dari bobot bis ("Rem Utama Bus Dan Truk : Tiga Macam," 2020; Siregar et al., 2021). Yang pertama adalah system hidrolis murni (gambar 1), dimana sistemnya hampir

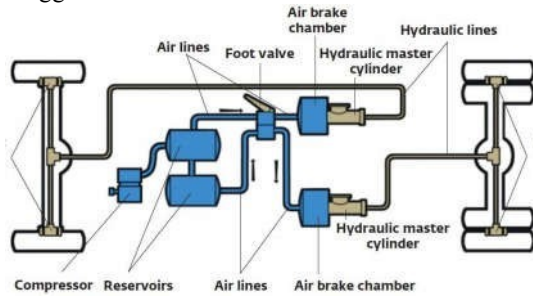
sama dengan pengereman kendaraan kecil. Sistem ini berada pada bis ukuran sedang hingga kecil, dengan bobot antara 5 sampai dengan 10 ton.



GAMBAR 1. Pengereman Hidrolis

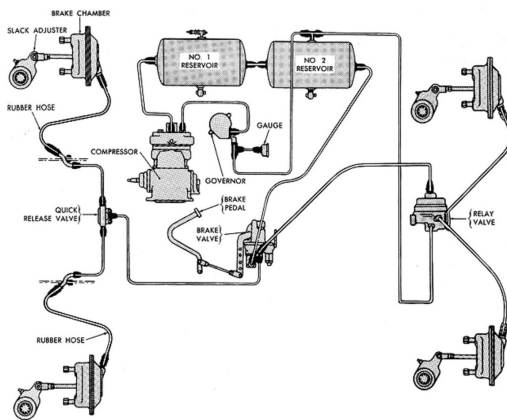
Sistem yang kedua adalah system hidrolis yang dibantu udara bertekanan (gambar 2). Sistem ini disebut AOH (*Air Over Hydraulic*) (Wang, Hu, Li, & Wang, 2004). Pada system ini, udara menjadi pilot untuk menekan batang hidrolis rem. Sistem ini

biasanya digunakan oleh bis dengan bobot 10 hingga 24 ton.



GAMBAR 2. Sistem Pengereman AOH

Sistem yang ketiga adalah pengereman dengan udara bertekanan (gambar 3). Pada sistem ini tidak ada lagi fluida pengereman. Seluruh roda menggunakan silinder penematik yang langsung menjadi actuator untuk memperlambat atau menghentikan laju bis. Sistem ini biasanya digunakan untuk bis dengan kapasitas di atas 24 ton.



GAMBAR 3. Sistem Pengereman Udara

Sistem utama pengereman atau *service brake* dipastikan dilengkapi dengan system *parking brake*. Pada kendaran kecil, parking brake menggunakan sistem tarikan sling (wire rope). Pada bis dengan system AOH, parking brake diletakkan pada propeller shaft antara transmisi dengan diferensial. Dengan demikian adabrake drum kelima pada kendaraan tersebut. Sedangkan pada bis dengan udara bertekanan murni, parking brake tetap dengan menggunakan system rem yang ada di masing-masing roda.

Syarat dari parking brake tersebut adalah dapat aktif walaupun udara bertekanan habis, rusak, atau ada kebocoran pada system hidrolik (Siregar et al., 2020). Hal ini dimungkinkan diantaranya karena parking brake menganut system normally closed.

Pada bis listrik konversi UI, mesin diesel dan transmisi diganti dengan motor listrik yang langsung dihubungkan ke propeller shaft hingga ke diferensial. Peletakan sepatu rem parkir yang sebelumnya di transmisi, harus dipindahkan ke sisi motor atau diferensial. Karena motor listrik merupakan komponen utama dan bertegangan tinggi, maka pemindahan ke diferensial menjadi alternative yang sangat baik. Selain itu karena adanya perubahan bobot kendaraan maka kekuatan pengereman harus direncanakan ulang.

METODA PERANCANGAN

Tahapan rancangan diawali dengan penentuan system pilot parking brake. Terdapat dua alternative yaitu mekanis dengan sling (wire rope) dan pneumatic. Sistem yang dipilih adalah parking brake dengan udara bertekanan.

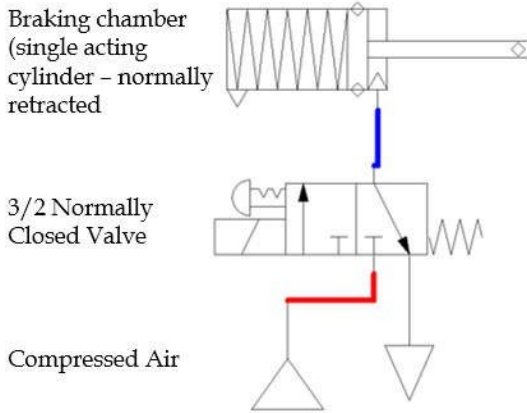
Kemudian dilanjutkan dengan perancangan system mekanik. Setelah itu system mekanik dan pneumatic dianalisa untuk mengetahui kinerjanya.

Parameter-parameter yang harus dianalisa antara lain :

1. Bobot kendaraan saat penuh
2. Sudut tanjakan maksimum
3. Gaya guling (Rolling force)
4. Rasio diferensial
5. Dimensi-dimensi penting pada *brake drum*
6. Gaya gesek brake drum dengan *brake shoe*
7. Momen atau torsi pada *camlock*
8. Gaya pegas pada silinder dan batang engkol *camlock*
9. Dimensi silinder pneumatic
10. Gaya dan tekanan silinder

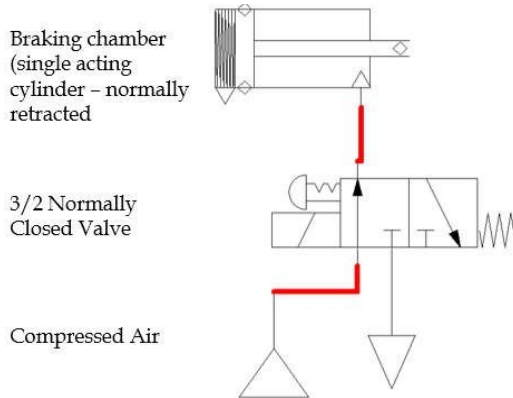
SISTEM PNEUMATIK PARKING BRAKE

Sistem pneumatic dipilih karena menjadi yang paling memungkinkan untuk digunakan. Pada system ini, parking brake berfungsi saat tidak ada udara bertekanan masuk ke system. Rancangan ini disengaja dengan pertimbangan safety.



GAMBAR 4. Parking Brake pada Posisi Terkunci

Pada kondisi gambar 4, parking brake bekerja. Tekanan pegas pada batang camlock dan silinder mempertahankan brake shoe menekan brake drum.



GAMBAR 5. Parking Brake pada Posisi Bebas

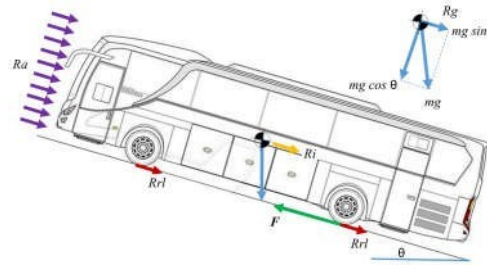
Pada kondisi gambar 5, parking brake bebas. Tekanan udara pada silinder menahan gaya pegas sehingga propeller shaft tidak terkunci. Sistem ini sekaligus menjadi syarat atau indicator bahwa jika udara bertekanan hilang, dengan alasan keselamatan kendaraan tidak dapat digunakan.

ANALISIS GAYA

1. Gaya yang terjadi karena berat bis

Pada saat bis berhenti di jalan datar horizontal, untuk menggerakannya dibutuhkan gaya yang lebih besar dari hambatan gulingnya (R_{rl})(Sumarsono, Heryana, Adhitya, & Siregar, 2021). Untuk menganalisisnya digunakan persamaan 1, dimana f_{rl} = koefisien guling, m = massa bis, dan g = percepatan gravitasi.

Sedangkan jika bis berada di jalan yang memiliki kemiringan (slope) sebesar θ , maka bobot kendaraan juga harus diperhitungkan sesuai dengan persamaan 2.



GAMBAR 6. Gaya saat parking brake

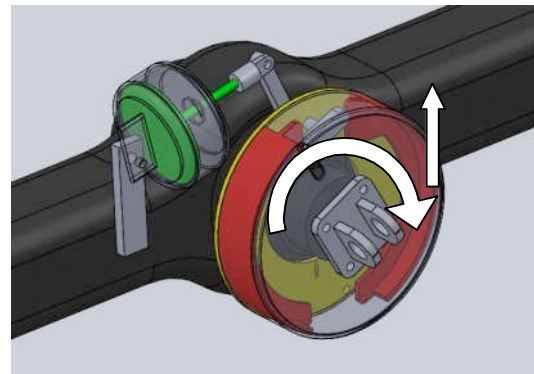
$$R_{rl} = f_{rl} m g \cos \theta \quad (1)$$

$$R_g = m g \sin \theta \quad (2)$$

Dengan asumsi $f_{rl} = 0.012$, $m = 10.000$ kg, dan sudut tanjakan 15° , maka gaya parking brake harus lebih besar dari 31833 N.

2. Torsi pada propeller shaft

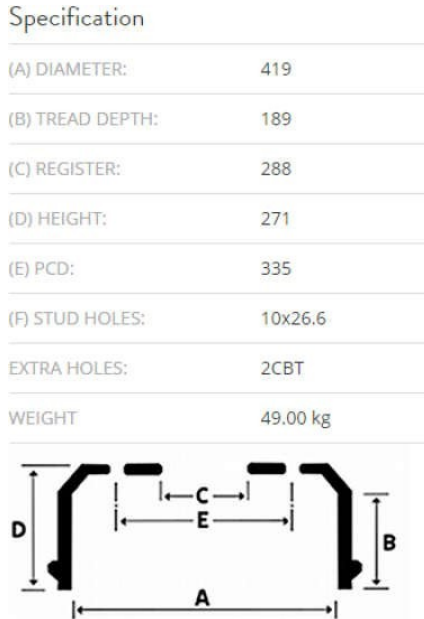
Karena sistem parking brake menggunakan brake drum kelima di propeller shaft maka harus diketahui rasio roda gigi differential. Momen yang terjadi pada poros roda dapat diketahui dari hasil kali gaya kendaraan parkir dengan radius ban. Asumsi diameter ban bis type 12 00R20 adalah 1122 mm. Dari hasil perhitungan, momen pada poros roda adalah 17.858 Nm. Jika rasio differential 1:4 maka momen puntir yang harus ditahan pada poros input adalah 4465 Nm (gambar 7).



GAMBAR 7. Poros input differential

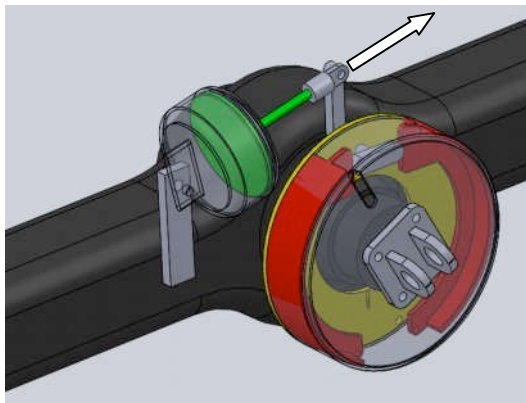
3. Gaya pengereman

Dari momen torsi poros input sebesar 4465 Nm, dengan diameter dalam drum 419 mm (gambar 8) ("BRAKE DRUM REPL FRUEHAUF PROPAP," 2020), maka gaya pengereman pada brake shoes adalah sebesar 10656 N. Dengan asumsi koefisien gesek brake shoes 0.19 (Sumiyanto, Abdunnaser, & Fajri, 2019), maka gaya normalnya adalah 56080 N.



GAMBAR 8. Dimensi-dimensi pada drum

Dari gaya normal 56080 N, dicari gaya cam pengunci. Gaya terbesar cam adalah saat akan berputar dari posisi TMB ke TMA. Momen yang terjadi akibat gaya normal pengereman adalah 23498 Nm.



GAMBAR 9. Parking Brake pada Posisi Bebas

Dari nilai momen tersebut dapat diketahui gaya yang harus diberikan oleh camlock. Besar momen akibat gaya pengereman sama besar dengan momen yang terjadi pada poros camlock. Gaya yang terjadi pada lengan ungkit (leveler) parking brake (gambar 9), dengan rancangan panjang leveler 150 mm, adalah sebesar 15665 N.

4. Gaya pada rod silinder

Gaya yang terjadi pada leveler digunakan untuk mengetahui gaya pegas (coil) dan gaya tekanan silinder piston. Jika langkah pegas adalah 80 mm, maka dengan persamaan pegas, diketahui koefisien pegas yang diperlukan adalah 196 N/mm.

Sedangkan tekanan yang dibutuhkan pada silinder, dengan rancangan diameter dalam silinder 200 mm, adalah sebesar 0.499 bar atau 499 kPa. Jika ditambahkan dengan *safety factor* 1.5, maka tekanan yang diperlukan sekitar 600 kPa. Dengan tekanan udara sistem pengereman antara 552 kPa sampai dengan 1000 kPa maka sistem disimpulkan cukup kuat.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis secara teoritis, rancangan sistem parking brake cukup kuat untuk menahan beban pengereman.

Rancangan system pneumatic dan mekanis dapat diteruskan untuk proses manufaktur dan diimplementasikan pada bis listrik dengan basis AOH. Pada penelitian selanjutnya, system parking brake dapat diteliti dan dirancang untuk penempatan di motor listrik atau transmisi baru lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penelitian ini. Penelitian dibiayai oleh Lembaga Pengelola Dana Pendidikan, Pendanaan Riset Inovatif Produktif (LPDP-RISPRO), Departemen Keuangan Republik Indonesia, Nomor kontrak PRJ-86/LPDP/2020.

DAFTAR PUSTAKA

- Prasetya, S., Budiono, H. D., Baskoro, A. S., Shamsuddin, A., Sumarsono, D. A., Adhitya, M., . . . Siregar, R. (2020). Smart Braking Actuator Control For A Heavy Weighted Electric Vehicle. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, 44(1), 8-16.
- Siregar, R., Adhitya, M., Sumarsono, D. A., Nazaruddin, Heryana, G., & Zainuri, F. (2020). *Study the brake performance of a passenger car based on the temperature that occurs in each brake unit*. Paper presented at the AIP Conference Proceedings.
- Siregar, R., Adhitya, M., Sumarsono, D. A., Nazaruddin, N., Heryana, G., Prasetya, S., & Zainuri, F. (2021). Optimization of Temperature Measurement on the Bus Drum Brake as a Basis for Developing Brake Fault Signals. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(1), 109.
- Sumarsono, D. A., Heryana, G., Adhitya, M., & Siregar, R. (2021). Performance Analysis of a Main Drive Motor— Initial Study of an EV Modeling Software Design. *World Electric Vehicle Journal*, 12(4), 246.
- Sumiyanto, S., Abdunnaser, A., & Fajri, A. N. (2019). Analisa Pengujian Gesek, Aus Dan Lentur Pada Kampas Rem Tromol Sepeda Motor. *Bina Teknika*, 15(1), 49-59.
- Wang, X.-D., Hu, Y.-J., Li, C.-G., & Wang, X.-L. (2004). Modelling and analysis of an air-over-hydraulic brake system. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 218(8), 805-815.
- PENULIS:
- Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok
Research Centre for Advanced Vehicle (RCAVe)
- Ghany Heryana
Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok
Research Centre for Advanced Vehicle (RCAVe), Universitas Indonesia, Depok
Jurusan Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Wastukencana, Purwakarta
Email : ghany@wastukencana.ac.id
- Mohammad Adhitya
Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok
Research Centre for Advanced Vehicle (RCAVe), Universitas Indonesia, Depok
- Nazaruddin
Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok
Research Centre for Advanced Vehicle (RCAVe), Universitas Indonesia, Depok
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Riau, Pekanbaru
- Rolan Siregar
Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok
Research Centre for Advanced Vehicle (RCAVe), Universitas Indonesia, Depok
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Dharma Persada, Jakarta