



NOZEL

Jurnal Pendidikan Teknik Mesin

Jurnal Homepage: <https://jurnal.uns.ac.id/nozel>



ANALISIS KINERJA DISTRIBUTOR VALVE PADA SISTEM Pengereman KERETA PENUMPANG BERBASIS AIR BRAKE SYSTEM

Windy Andaresta¹, Abri Andry Saresa Marbun², Agnes Br Manurung³,
Boby Sahat Maruli Malau²

¹Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan

²Teknologi Rekayasa Pengelasan dan Fabrikasi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik
Negeri Medan

³Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan

Corresponding author: abriandry@polmed.ac.id

Abstract

The braking system is a vital component in railway operations that plays an important role in ensuring travel safety. One of the main components in an air brake system is the distributor valve, which functions to regulate the distribution of air pressure to the brake cylinder. This study aims to analyze the performance of the distributor valve in a passenger train braking system based on an air brake system. The methods used include field observations, literature studies, and analysis of the working process and pressure response of the braking system. The results show that the distributor valve is capable of responding effectively to changes in brake pipe pressure, with a maximum pressure reaching 3.8 bar, thereby producing optimal braking force. In addition, the system demonstrates stability during both the braking and brake release processes in accordance with the working principles of the air brake system. Therefore, the performance of the distributor valve is considered to meet operational standards and plays an important role in maintaining the safety of the railway braking system.

Keywords: distributor valve, air brake system, railway braking, air pressure

A. PENDAHULUAN

Perkembangan transportasi kereta api di Indonesia mengalami peningkatan yang sangat pesat seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap moda transportasi yang aman, nyaman, dan efisien. Kereta api menjadi salah satu moda transportasi yang memiliki kapasitas angkut besar serta tingkat keselamatan yang tinggi dibandingkan moda transportasi lainnya. Untuk menjaga keselamatan operasional kereta api, diperlukan sistem pengereman yang mampu bekerja secara optimal pada berbagai

kondisi operasi. Kereta penumpang wajib dilengkapi dengan perangkat perlindungan slip roda untuk melindungi roda dari slip berlebihan selama pengereman jika terjadi gangguan adhesi. Prinsip kerjanya didasarkan pada pengurangan tekanan udara yang sesuai di dalam *brake cylinder* yang terpengaruh (Cruceanu et al., 2017).

Sistem pengereman kendaraan kereta api harus mampu memberikan gaya perlambatan yang konsisten dan terkontrol yang mencakup seluruh rentang kecepatan antara kecepatan maksimum yang dirancang dan 0, memungkinkan pengurangan kecepatan, berhenti di titik tetap, mempertahankan kecepatan konstan saat tanjakan, dan mencegah pergeseran kereta saat diam di tanjakan (Cruceanu & Crăciun, 2018). Sistem pengereman kereta api modern umumnya menggunakan sistem pengereman udara atau *air brake system*. Sistem rem menghentikan atau memperlambat kereta dalam berbagai kondisi rel, kecepatan kereta, dan massa yang ditarik (Cantone & Ottati, 2023).

Air brake system memanfaatkan tekanan udara sebagai media utama dalam menghasilkan gaya pengereman pada roda kereta. Keunggulan sistem pengereman udara adalah memiliki tingkat keandalan tinggi, mampu bekerja secara otomatis, serta dapat memberikan pengereman serempak pada seluruh rangkaian kereta.

Salah satu komponen penting dalam sistem ini adalah distributor valve yang berfungsi mengatur distribusi tekanan udara dari *brake pipe* ke *brake cylinder* secara otomatis (Paryanto et al., 2023) dan menjaga sinkronisasi pengereman antar gerbong (Goliwaş et al., 2018). Distributor valve memiliki pengaruh langsung terhadap efektivitas pengereman, stabilitas tekanan udara, respon sistem rem, keselamatan operasi lokomotif, dan efisiensi sistem pneumatik kereta api (Li & Ji, 2020). Ketika terjadi penurunan tekanan pada *brake pipe*, distributor valve secara otomatis mengalirkan udara menuju *brake cylinder* sehingga piston rem bergerak dan menekan sepatu rem ke roda kereta. Kinerja distributor valve sangat menentukan respons pengereman, baik dalam kondisi normal maupun darurat. Gangguan pada komponen ini dapat menyebabkan kebocoran udara, kerusakan katup, keterlambatan pengereman, ketidakseimbangan gaya rem. Apabila tekanan terlalu rendah, maka gaya pengereman menjadi lemah. Sebaliknya, tekanan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan komponen dan slip roda. Hal ini dapat menimbulkan risiko keselamatan yang tinggi terutama pada kereta penumpang dengan kecepatan operasi tinggi.

Seiring dengan meningkatnya intensitas operasional kereta api, komponen distributor valve mengalami beban kerja yang tinggi sehingga berpotensi mengalami keausan dan gangguan teknis. Oleh karena itu, diperlukan analisis kinerja distributor valve untuk memastikan sistem pengereman bekerja secara optimal.

Berdasarkan hasil observasi di PT Kereta Api Indonesia (Persero) UPT Balai Yasa Pulubrayan ditemukan bahwa distributor valve memerlukan perawatan dan pengujian berkala karena komponen ini bekerja secara terus-menerus selama operasional kereta api. Permasalahan yang sering terjadi meliputi penurunan tekanan udara, ketidakseimbangan gaya pengereman, kebocoran pada seal, dan keausan komponen internal.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja distributor valve pada sistem pengereman kereta penumpang berdasarkan prinsip kerja, respons tekanan, serta perannya dalam menjaga kestabilan sistem pengereman.

Penelitian terkait distributor valve sebelumnya telah dilakukan untuk menganalisis gangguan pada hasil perawatan distributor valve menggunakan metode diagram Pareto. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa gangguan terbesar terjadi pada tekanan *brake cylinder* yang melebihi 3,8 bar sebesar 37,7%, diikuti oleh waktu *release* yang melebihi standar sebesar 26,6%, waktu *application* sebesar 20%, serta kebocoran sistem sebesar 15,5% (Zulkarnain & Ramadhani, 2019). Meskipun penelitian tersebut telah mengidentifikasi jenis gangguan yang dominan, kajian yang menitikberatkan pada analisis kinerja distributor valve berdasarkan respons tekanan dan kestabilan sistem pengereman secara langsung masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada analisis kinerja distributor valve dalam sistem pengereman kereta penumpang untuk melengkapi kajian sebelumnya.

B. METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Balai Yasa Pulubrayan yang merupakan unit perawatan dan perbaikan sarana kereta api. Objek penelitian yang digunakan adalah distributor valve tipe KE0cSL/A, KE1cSL/A, dan KE2cSL/A yang diaplikasikan pada sistem pengereman kereta penumpang. Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui observasi langsung terhadap proses perawatan dan pengujian distributor valve, studi literatur mengenai sistem pengereman udara pada kereta api, serta pengumpulan dokumentasi teknis yang berkaitan dengan komponen dan sistem pengereman.

Metode analisis yang digunakan meliputi pengkajian prinsip kerja sistem pengereman udara, analisis hubungan antara perubahan tekanan dengan respons pengereman, serta evaluasi kinerja distributor valve berdasarkan standar tekanan operasional yang berlaku. Analisis tersebut dilakukan untuk mengetahui kemampuan distributor valve dalam mendistribusikan tekanan udara secara efektif pada sistem pengereman kereta penumpang.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem pengereman udara bekerja menggunakan tekanan udara yang dihasilkan oleh kompresor lokomotif. Udara tersebut disimpan pada main reservoir kemudian dialirkan menuju brake pipe sepanjang rangkaian kereta. Distributor valve mendeteksi perubahan tekanan pada brake pipe dan mengatur distribusi udara menuju *brake cylinder*.

Pada kondisi normal, tekanan udara pada *brake pipe* dan *auxiliary reservoir* berada dalam keadaan seimbang sehingga rem tidak aktif. Ketika masinis menurunkan tekanan *brake pipe*, distributor valve akan membuka jalur udara menuju *brake cylinder* sehingga piston rem bergerak dan menghasilkan gaya pengereman.

Tekanan udara merupakan faktor utama dalam sistem pengereman udara. Pada kereta penumpang, tekanan pengereman maksimum mencapai 3,8 bar. Tekanan tersebut harus dijaga tetap stabil agar gaya pengereman tetap optimal. Apabila tekanan terlalu rendah, maka gaya pengereman menjadi lemah. Sebaliknya, tekanan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan komponen dan slip roda.

Distributor valve tipe KE0cSL/A pada Gambar 1 digunakan pada kereta penumpang dengan tekanan pengereman maksimum sebesar 3,8 bar. Tipe ini bekerja pada satu tekanan pengereman sehingga cocok digunakan pada kereta penumpang dengan beban relatif konstan. Komponen utama distributor valve tipe ini meliputi basic valve, cover, air filter, auxiliary reservoir charging valve, insert, dan control chamber. Basic valve berfungsi mengontrol distribusi tekanan udara, sedangkan control chamber berfungsi menjaga kestabilan tekanan selama proses pengereman. Untuk gerbong barang pengoperasian di posisi "G" untuk rangkaian panjang dengan muatan rendah kecepatan maksimum 80 km/jam dan kereta penumpang untuk pengoperasian di posisi «p" dengan rangkaian pendek dan muatan rendah kecepatan maksimumnya adalah 100 km/jam, sedangkan kecepatan maksimum untuk kereta penumpang bisa mencapai 120 km/jam.



Gambar 1. Distributor valve tipe KE0cSL/A

Distributor valve tipe KE1cSL/A menggunakan relay valve KR untuk memperkuat volume udara pengereman. Penggunaan relay valve menyebabkan respon pengereman menjadi lebih cepat dan stabil dibandingkan tipe KE0cSL/A. Distributor valve tipe ini banyak digunakan pada kereta penumpang dengan kecepatan operasi tinggi karena mampu menghasilkan distribusi tekanan udara yang lebih merata.

Distributor Valve tipe KE1cSL/A bersifat universal dimana dapat dirangkai dengan semua tipe *brake cylinder* yang digunakan kereta penumpang dengan komponen utama *basic valve* dan *relay valve* KR serta bekerja pada tekanan maksimum 3,8 bar. Pengoperasian di posisi "p" dengan rangkaian pendek dan muatan rendah memiliki kecepatan maksimum 100 km/jam, sedangkan kecepatan maksimum untuk kereta penumpang bisa mencapai 120 k/jam, dan dapat juga digunakan pada gerbong barang dengan mengubah pengoperasian posisi "G". Distributor valve tipe ini ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Distributor valve tipe KE1cSL/A

Distributor valve tipe KE2cSL/A digunakan pada gerbong barang dengan dua tingkat tekanan pengereman. Pada kondisi kosong tekanan pengereman sebesar 2,6 bar sedangkan

pada kondisi penuh mencapai 3,8 bar. Sistem ini menggunakan Two-Stage Relay Valve DU III-A yang berfungsi mengatur tekanan pengereman sesuai kondisi muatan gerbong. Penggunaan dua tingkat tekanan bertujuan mencegah terjadinya slip roda saat gerbong kosong. Distributor valve tipe ini dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Distributor valve tipe KE2cSL/A

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis yang telah dilakukan, kinerja distributor valve dapat ditinjau dari beberapa aspek utama, yaitu respon terhadap perubahan tekanan, stabilitas tekanan sistem, efektivitas pengereman, serta keandalan sistem pengereman. Distributor valve menunjukkan kemampuan merespon perubahan tekanan dengan cepat ketika terjadi penurunan tekanan pada brake pipe. Respon yang cepat tersebut menunjukkan bahwa sistem memiliki sensitivitas yang baik terhadap sinyal pengereman sehingga proses distribusi udara menuju brake cylinder dapat berlangsung secara efektif.

Selain itu, hasil pengujian menunjukkan bahwa tekanan maksimum yang dihasilkan mencapai 3.8 bar yang sesuai dengan standar operasional sistem pengereman kereta penumpang. Kondisi ini menunjukkan bahwa distribusi tekanan udara berlangsung secara optimal dan stabil selama proses pengereman. Aliran udara dari *auxiliary reservoir* menuju *brake cylinder* juga berlangsung dengan stabil sehingga menghasilkan gaya pengereman yang merata pada roda kereta. Pemerataan gaya pengereman tersebut sangat penting untuk menjaga kestabilan dan keselamatan operasional kereta api.

Dari aspek keandalan sistem, distributor valve mampu bekerja secara otomatis baik dalam kondisi normal maupun kondisi darurat tanpa memerlukan intervensi mekanis secara langsung. Kemampuan tersebut menunjukkan bahwa distributor valve memiliki tingkat keandalan yang baik dalam mendukung sistem pengereman udara pada kereta penumpang. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa distributor valve

mampu menghasilkan tekanan maksimum sebesar 3.8 bar dan bekerja secara stabil sehingga kinerjanya dapat dikategorikan dalam kondisi optimal.

Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, ditemukan bahwa salah satu gangguan utama pada sistem pengereman adalah tekanan *brake cylinder* yang melebihi batas standar sebesar 3.8 bar. Perbedaan hasil tersebut menunjukkan bahwa kinerja distributor valve sangat dipengaruhi oleh kualitas perawatan serta kesesuaian pelaksanaan maintenance instruction. Selain itu, gangguan berupa keterlambatan waktu release dan application yang ditemukan pada penelitian sebelumnya tidak teridentifikasi secara signifikan dalam penelitian ini. Hal tersebut mengindikasikan bahwa sistem pengereman yang diamati memiliki kondisi yang lebih stabil atau telah melalui proses perawatan yang lebih baik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penerapan prosedur perawatan sesuai standar memiliki pengaruh langsung terhadap peningkatan kinerja distributor valve serta kestabilan sistem pengereman secara keseluruhan.

Perawatan distributor valve dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pengujian menggunakan meja uji tekanan, pemeriksaan kebocoran sistem, serta pembersihan dan penyetelan komponen. Proses maintenance tersebut bertujuan untuk memastikan seluruh komponen distributor valve dapat bekerja sesuai standar operasional yang telah ditentukan.

Berdasarkan hasil penelitian, maintenance yang dilakukan secara rutin terbukti memiliki peran penting dalam menjaga kinerja sistem pengereman. Maintenance berkala menjadi faktor utama dalam menjaga performa sistem pengereman. Pengujian tekanan, pemeriksaan kebocoran, serta penggantian komponen aus harus dilakukan sesuai standar operasional perusahaan. Selain itu, kebersihan sistem pneumatik juga mempengaruhi umur komponen distributor valve. Tekanan udara yang stabil akan menghasilkan respon pengereman yang optimal dan meningkatkan keselamatan perjalanan kereta api

Perawatan yang baik mampu menjaga stabilitas tekanan udara dalam sistem, mencegah terjadinya kebocoran udara, serta memastikan respons pengereman tetap optimal selama pengoperasian kereta api. Dengan demikian, pelaksanaan maintenance secara berkala menjadi faktor penting dalam meningkatkan keandalan dan keselamatan sistem pengereman kereta penumpang.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penerapan prosedur perawatan yang sesuai standar memiliki pengaruh langsung terhadap peningkatan kinerja distributor valve serta kestabilan sistem pengereman secara keseluruhan.

D. PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa distributor valve merupakan salah satu komponen utama dalam sistem pengereman udara yang berfungsi mengatur distribusi tekanan secara otomatis pada sistem pengereman kereta api. Kinerja distributor valve menunjukkan respon yang baik terhadap perubahan tekanan pada *brake pipe* dengan tekanan maksimum yang dihasilkan mencapai 3,8 bar sesuai dengan standar operasional sistem pengereman kereta penumpang. Selain itu, sistem pengereman mampu bekerja secara stabil dan efektif dalam menghasilkan gaya pengereman yang merata sehingga mendukung keselamatan operasional kereta api.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa perawatan berkala memiliki peranan yang sangat penting dalam menjaga performa dan keandalan distributor valve serta kestabilan sistem pengereman secara keseluruhan. Oleh karena itu, pelaksanaan maintenance sesuai prosedur dan standar operasional perlu dilakukan secara rutin untuk mencegah terjadinya gangguan pada sistem pengereman kereta api.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian maupun peningkatan kinerja sistem pengereman kereta api. Pengujian kuantitatif secara berkala menggunakan *test bench* perlu dilakukan untuk mengevaluasi kinerja distributor valve secara lebih akurat sehingga perubahan performa sistem dapat terdeteksi sejak dini. Selain itu, penggunaan alat uji yang terstandarisasi perlu ditingkatkan agar hasil pengujian memiliki tingkat validitas dan reliabilitas yang lebih baik. Pengembangan sistem monitoring digital juga perlu dilakukan untuk meningkatkan akurasi pengawasan kondisi distributor valve

Penelitian selanjutnya juga disarankan untuk mengkaji hubungan antara waktu respons distributor valve dengan efisiensi pengereman secara lebih mendalam. Kajian tersebut diharapkan dapat memberikan informasi yang lebih rinci mengenai pengaruh respons sistem terhadap performa pengereman serta keselamatan operasional kereta api secara keseluruhan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian hingga penyusunan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Cantone, L., & Ottati, L. (2023). A simplified pneumatic model for air brake of passenger train. *Railway Engineering Science*, 31 (2), 145-152. <https://doi.org/10.1007/s40534-022-00300-2>
- Cruceanu, C., Dumitru, M., & Crăciun, C. (2017). About the influence of wheel slide protection devices action on longitudinal dynamic of trains. *MATEC Web of Conferences* 112, 21st *Innovative Manufacturing Engineering and Energy International Conference*
- Cruceanu, C., & Crăciun, C. (2018). Aspects regarding braking process of passenger trains with different braking systems in composition. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 400 (042012)
- Goliwaş, D., Kaluba, M., & Piechowiak, T. (2018). The accelerator function of distributor valves. *Pojazdy Szynowe*, NR 3
- Li, Y., & Ji L. (2020). Simulation analysis on the distribution valve module of locomotive brake system under event process module. *International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics*, 8(1), 190-196
- Paryanto, P., Setiawan, J. D., Adriathama, A. B., Busori, A., Harjono, M. S., & Cahyo, N. (2023). Analysis of high-speed train braking systems: components, braking force, and air consumption. *ROTASI*, vol. 25, no. 2, 44-53
- Zulkarnain, A., & Ramadhani, Y. D. (2019). Analisa gangguan pada hasil perawatan distributor valve untuk menjamin kelaikan sistem rem kereta api. *Jurnal Perkeretaapian Indonesia*, vol. 3, no. 2, 80-86