

## INTEGRASI SISTEM HIDROLIK *VESSEL DOUBLE CYLINDER* DAN LENGAN PENYAPU PADA *ELECTRIC ROAD SWEEPER*

Robertus Tirta Kuncoroadi<sup>1</sup>, Sugiyanto<sup>1</sup>✉, Harjono<sup>1</sup>, Stephanus Danny Kurniawan<sup>1</sup>, Ridha Ikhsan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Mechanical Engineering, Vocational College, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 55281, Indonesia

✉ sugiyanto@ugm.ac.id

Received 19 June 2023, Revised 12 September 2023, Accepted 12 Januari 2024

### ABSTRAK

Penggunaan kendaraan penyapu sampah “*electric road sweeper*” dapat meningkatkan efektivitas dalam pengelolaan sampah. Penelitian *electric road sweeper* ini bertujuan untuk mengintegrasikan sistem hidrolis lengan penyapu dan *vessel double cylinder*. Proses perancangan diagram sistem hidrolis menggunakan *software* FluidSIM 4.2 serta melakukan perhitungan matematis berdasarkan pengambilan data secara langsung saat di lapangan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa saat *vessel* tanpa beban, pergerakan silinder hidrolis lengan penyapu saat *extend* senilai 4,20 m/s dan gerakan *retract* senilai 3,1 m/s, serta pergerakan silinder hidrolis *vessel* saat *extend* senilai 11,77 m/s dan gerakan *retract* senilai 9,4 m/s. Saat *vessel* diberikan beban sebesar 100 kg maka diperoleh hasil pengujian pergerakan silinder hidrolis lengan penyapu saat *extend* senilai 4,20 m/s dan gerakan *retract* senilai 3,1 m/s, serta pergerakan silinder hidrolis *vessel* baik gerakan *extend* senilai 12,30 m/s dan gerakan *retract* senilai 8,60 m/s. Dapat dilihat berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan bahwa beban pada *vessel* mempengaruhi kecepatan pergerakan silinder hidrolis *vessel*, hal ini disebabkan oleh pengaruh gaya gravitasi.

*Kata Kunci:* *Double cylinder, electric vehicle*, sistem hidrolis, *sweeper*

### 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat pencemaran lingkungan yang tinggi, dan masalah sampah merupakan salah satu faktor utama yang menyebabkan pencemaran lingkungan. Kurangnya fasilitas pengelolaan sampah yang baik, kurangnya kesadaran masyarakat tentang pentingnya membuang sampah dengan benar, dan kurangnya aksesibilitas fasilitas pengelolaan sampah, merupakan beberapa faktor yang menyebabkan masalah sampah di Indonesia.

Beberapa kota di Indonesia masih menggunakan cara manual dengan tenaga manusia untuk melakukan pembersihan sampah, sehingga penanganan masalah sampah yang ada di Indonesia membutuhkan penanganan khusus dalam hal pembersihan sampah. Dengan menggunakan unit kendaraan

penyapu jalan dapat meningkatkan kinerja pembersihan sampah yang cepat dan efisien [1]. Penyapu jalan juga berfungsi untuk menjaga kebersihan lingkungan serta mampu meningkatkan kebutuhan sanitasi nasional [2].

Menurut [3] dalam penelitian skripsinya yang membahas tentang penggunaan mesin penyapu jalan di wilayah kota menjelaskan bahwa penerapan penyapu jalan di wilayah kota sangat membantu sehingga dapat meningkatkan proses pembersihan jalan. Pada penelitian tersebut dapat diperoleh data komponen pendukung, tipe, dimensi dari unit penyapu jalan.

Pada tahun 1843 insinyur dari Inggris Joseph Whitworth menemukan penyapu jalan mekanis yang dinamai “*The Patent Street Sweeping Machine Of Manchester*”. Kendaraan tersebut memiliki fungsi utama yaitu untuk membersihkan sampah di jalan sehingga aspek keindahan jalanan terjaga. John M. Murphy dari Elgin, Illinois berhasil merancang penyapu jalan bertenaga motor bakar yang pertama. Inovasi yang dikembangkan pada kendaraan penyapu jalan adalah penggunaan energi listrik sebagai penggerakannya. Penggunaan baterai di kendaraan listrik berfungsi untuk penyimpanan energi listrik dan dapat diisi ulang melalui sumber energi listrik eksternal seperti stasiun pengisian listrik [4].

Menurut [5] dalam penelitiannya yang membahas terkait tentang unit penyapu jalan milik perusahaan ELGIN Amerika yang sudah menerapkan kecerdasan buatan pada unit tersebut sehingga mudah untuk dioperasikan, terdapat 57 desain fungsi yang menggunakan beberapa sensor yang dapat mengidentifikasi berbagai jalan kompleks dan menghindari rintangan. Begitu cepat perkembangan kendaraan penyapu jalan ini dengan mengintegrasikan teknologi canggih seperti sensor, mekatronik, komputer, kontrol dan lainnya. Perkembangannya juga mencakup desain kendaraan yang dapat meningkatkan kinerja pembersihan yang efektif dan efisien, dengan improvisasi peralatan atau dengan mengubah tipe lengan penyapu yang lebih bagus dalam proses pembersihan. Selain itu teknologi lain yang diterapkan pada kendaraan ini yaitu

elektromekanis dan sistem hidrolik. Dengan seiring perkembangan industri pada bidang otomasi, unit penyapu jalan mengintegrasikan sensor serta menggunakan berbagai informasi yang diambil dari sensor untuk mengatasi keterbatasan fungsi pembersih konvensional.

Menurut [6] dalam penelitiannya yang membahas tentang *simulator* sebuah *excavator* menjelaskan bahwa dari hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan data dimana saat pergerakan *extend boom cylinder*, semakin besar beban yang diberikan pada *boom cylinder* maka waktu yang pergerakan *boom* akan semakin lama dikarenakan berlawanan arah dengan gaya gravitasi. Namun pada grafik pergerakan *retract boom cylinder* menunjukkan grafik yang menurun. Hal ini terjadi karena adanya pengaruh gaya gravitasi yang membantu *cylinder*.

Menurut [7] dalam penelitiannya menjelaskan bahwa pada *electric hydraulic excavator*, semakin besar beban pada *bucket* maka pergerakan silinder hidroliknya akan semakin lama dan semakin besar beban yang dibutuhkan pada motor hidrolik.

Paten Amerika Serikat No. US20190218732A1 menjelaskan bahwa mekanisme pada pergerakan komponen hidrolik yang berupa silinder hidrolik jenis *double acting cylinder* bertujuan untuk mengatur pergerakan penyapuan arah vertikal serta menjelaskan aliran fluida dari *reservoir/* tangki hidrolik hingga ke silinder hidrolik [8]. Pada penelitian [7], berisi tentang perhitungan pada komponen hidrolik yang menggunakan silinder hidrolik sebagai aktuatornya. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data dari luas permukaan piston, perhitungan tekanan, gaya maksimum silinder, dan kapasitas silinder. Kemudian data tersebut dijadikan sebagai acuan penerapan silinder hidrolik pada penggunaannya.

Pada Gambar 1, unit *electric road sweeper* masih terdapat kendala yaitu pergerakan *vessel* yang kurang maksimal dikarenakan masih menggunakan satu buah *telescopic cylinder* yang berada di tengah *chassis* sehingga memungkinkan *vessel* menjadi tidak seimbang saat melakukan *dumping* di tempat yang tidak rata dan sistem hidrolik *vessel* yang masih terpisah dengan sistem operasi lengan penyapu sehingga akan dilakukan pengembangan pada sistem hidrolik pada unit *electric road sweeper*. Pompa hidrolik berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi hidrolik [9]. Manfaat utama sistem hidrolik pada zat cair yaitu untuk penerus gaya dengan memanfaatkan katup-katup hidrolik untuk mengontrol tekanan [10]. Agar dapat bekerja dengan optimal sistem hidrolik memanfaatkan cairan fluida berupa oli hidrolik yang ditransmisikan dan didistribusikan ke berbagai komponen sehingga dapat digerakkan [11].

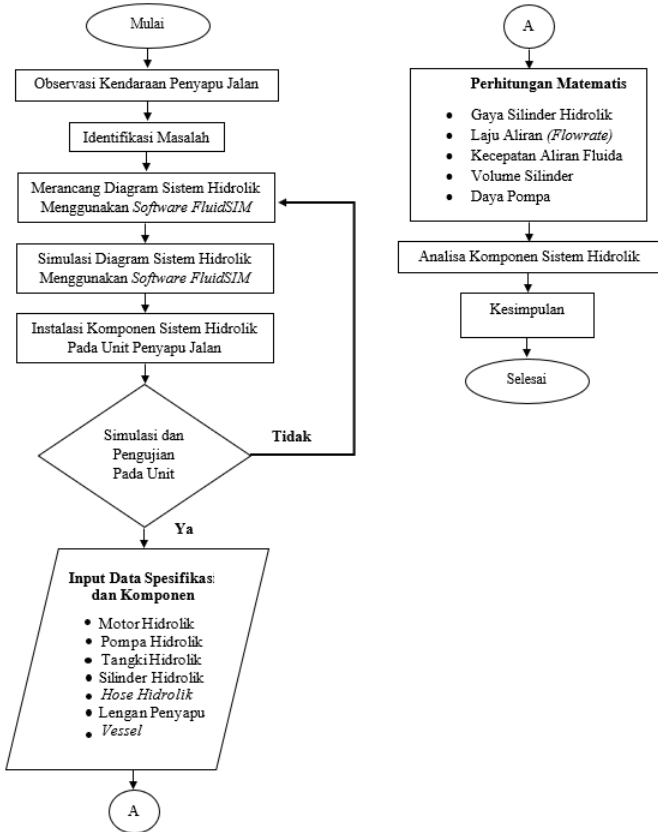


**Gambar 1.** *Electric Road Sweeper*

Tujuan dalam penelitian ini meliputi pembuatan diagram sistem hidrolik, mengintegrasikan sistem hidrolik *vessel double cylinder* dan lengan penyapu, sehingga mempermudah pengoperasian dan meningkatkan kinerja unit *electric road sweeper*.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini seperti yang telah dijelaskan pada Gambar 2. Penelitian diawali dengan observasi terhadap unit *electric road sweeper*, setelah itu identifikasi berdasarkan masalah yang terjadi dilapangan. Selanjutnya merancang diagram sistem hidrolik dengan mempertimbangkan komponen yang ada di pasaran tanpa mengurangi tujuan yang ingin dicapai dan mensimulasikannya menggunakan *software* FluidSIM 4.2. Dalam pembuatan diagram alur sistem hidrolik harus memahami bahwa komponen utama sistem hidrolik terbagi menjadi tiga yaitu: *power pack* sebagai unit penyalur tenaga, *valve* yang berfungsi untuk mengatur aliran fluida, dan aktuator sebagai komponen penggerak. Sedangkan *input* daya dari *power pack* adalah motor listrik. Kemudian Instalasi komponen sistem hidrolik pada unit *electric road sweeper*. Simulasi dan pengujian pada unit. Setelah hal tersebut dilakukan input data spesifikasi dan komponen pada motor hidrolik, pompa hidrolik, tangki hidrolik, silinder hidrolik, *hose* hidrolik, lengan penyapu, *vessel*, kemudian melakukan perhitungan matematis untuk memperoleh gaya kerja silinder hidrolik, laju aliran (*flowrate*), kecepatan aliran fluida, volume silinder, daya pompa.



**Gambar 2.** Diagram Alur Penelitian

Perhitungan komponen sistem hidrolik dilakukan berdasarkan data spesifikasi komponen sistem hidrolik pada unit *electric road sweeper*. Dari data spesifikasi pada komponen hidrolik maka dapat diperoleh berupa luaran hasil perhitungan kerja silinder, laju aliran, volume silinder, kecepatan fluida dan perhitungan daya pompa. Analisa komponen sistem hidrolik ini dilakukan dengan cara penyesuaian spesifikasi yang ada dengan hasil perancangan simulasi diagram sistem hidrolik maupun hasil perhitungan sistematis yang telah dilakukan pada unit ini. Berikut rumus persamaan yang digunakan:

Perhitungan gaya kerja silinder

$$F = p \times A \quad (1)$$

Keterangan:

F = Gaya [N]

P = Tekanan [N/m<sup>2</sup>]

A = Luas bidang [m<sup>2</sup>]

Menurut [12] Perhitungan laju aluran (*flowrate*) menggunakan persamaan

$$Q = V_D \times N \quad (2)$$

Keterangan:

Q = Laju aliran fluida [m<sup>3</sup>/s]

V<sub>D</sub> = Displacement [m<sup>3</sup>/rev]

N = Kecepatan rotasi pada motor listrik [rev/min]

Perhitungan kecepatan aliran

$$v = Q \times A \quad (3)$$

Keterangan:

v = Kecepatan aliran fluida [m/s]

Q = Laju aliran fluida [m<sup>3</sup>/s]

A = Luas penampang [m<sup>2</sup>]

Perhitungan Volume Silinder

$$V = \frac{\pi \times D^2}{4} \times Stroke \quad (4)$$

Keterangan:

V = Volume silinder [liter]

D = Diameter dalam silinder [mm]

Stroke = Panjang [mm]

Perhitungan daya pompa

$$P = p \times Q \quad (5)$$

Keterangan:

P = Daya pompa [watt]

p = Tekanan [N/m<sup>2</sup>]

Q = Laju aliran fluida [m<sup>3</sup>/s]

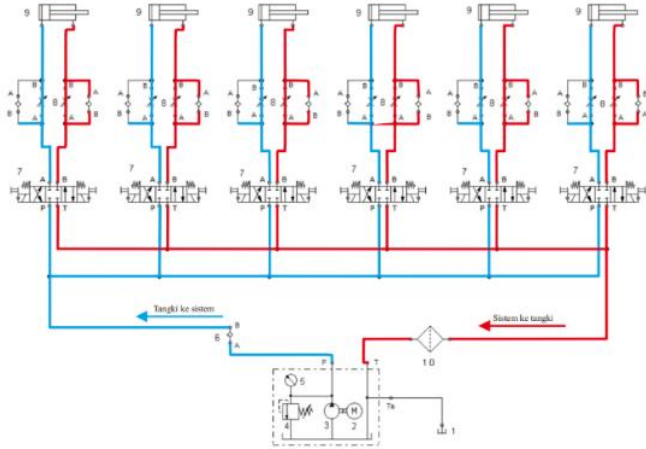
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengujian unit *electric road sweeper* setelah dilakukan penggabungan sistem hidrolik lengan penyapu dan *vessel* dengan menambahkan beban serta tanpa beban pada *vessel* dan pengaturan *throttle valve* yang sama pada setiap *hose* hidrolik serta digerakkan secara bersamaan antara lengan penyapu dan *vessel* maka dapat diperoleh data seperti pada Tabel 1 berupa pengaruh beban *vessel* terhadap kecepatan pergerakan silinder hidrolik.

**Tabel 1** Hasil waktu pergerakan *vessel* dan lengan penyapu

No.	Nama Komponen	Beban pada <i>vessel</i> (kg)	Pergerakan	
			<i>Extend</i> (m/s)	<i>Retract</i> (m/s)
1	Lengan Penyapu	0	4,20	3,1
	<i>Vessel</i>		11,77	9,4
2	Lengan Penyapu	50	4,20	3,1
	<i>Vessel</i>		12,19	8,74
3	Lengan Penyapu	100	4,20	3,1
	<i>Vessel</i>		12,30	8,60
4	Lengan Penyapu	150	4,20	3,1
	<i>Vessel</i>		12,48	8,50
5	Lengan Penyapu	200	4,20	3,1
	<i>Vessel</i>		12,69	8,36

Diagram sistem hidrolik merupakan sebuah skema yang memberi gambaran tentang sistem kerja sebuah diagram sistem hidrolik seperti yang di jelaskan pada Gambar 3. Diagram sistem hidrolik pada unit *electric road sweeper* ini memiliki fungsi untuk mengetahui pergerakan fluida cair (oli hidrolik) serta komponen lain yang dilaluinya. Penelitian ini bertujuan untuk menggabungkan sistem hidrolik antara lengan penyapu dan *vessel double cylinder* pada *electric road sweeper*.



**Gambar 3.** Diagram Sistem Hidrolik

Setelah dilakukan penggabungan antara sistem hidrolik lengan penyapu dan *vessel double cylinder electric road sweeper* yang dikembangkan di Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi UGM. Pergerakan fluida cair (oli hidrolik) bermula dari tangki oli hidrolik yang menuju ke *pump unit*. Kemudian pompa hidrolik diputar oleh motor listrik sehingga oli dapat bergerak dari tangki hidrolik menuju sistem, sebelum menuju sistem terdapat *relief valve* yang berfungsi untuk membasati tekanan, jika terdapat tekanan yang berlebih maka katup akan terbuka dan mengarahkan kembali oli menuju ke tangki hidrolik.

Jika oli hidrolik memiliki tekanan yang sesuai maka akan melewati *check valve* untuk memastikan aliran fluida satu arah. Setelah itu, oli hidrolik menuju *solenoid control valve* dengan tipe *check modular* dimana akan aktif apabila tombol *push button* pada kabin mobil ditekan. Pada proses ini akan mengaktifkan *relay* pada *control panel* sehingga memberikan sinyal ke *solenoid valve* untuk menggerakkan katup pengarah yang menghasilkan pergerakan *cylinder* memanjang (*extend*) maupun pergerakan memendek (*retract*). Sistem hidrolik unit ini seperti pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Sistem Hidrolik *Electric Road Sweeper*

Pada sistem hirolik *electric road sweeper* ini dilengkapi dengan *throttle valve* seperti pada Gambar 5. *Throttle valve* ini berguna untuk mengatur jumlah aliran fluida yang akan diteruskan menuju aktuator. Maka dari itu pergerakan aktuator berupa *double acting cylinder* dapat diatur kecepatan pergerakannya. Semua pergerakan lengan penyapu dan *vessel double cylinder* dikontrol melalui *push button* yang berada di kabin mobil sehingga mempermudah untuk mengoperasikannya. Ketika *push button retract* ditekan maka oli hidrolik akan melalui jalur berwarna merah melewati jalur kembali ke tangki hidrolik dan harus melewati filter untuk menyaring kotoran yang terbawa saat sistem berjalan dan sebelum kembali lagi ke tangki hidrolik. Sedangkan garis berwarna merah merupakan jalur pergerakan aliran fluida dari tangki hidrolik menuju aktuator/sistem.



**Gambar 5.** Power Pack

Setelah dilakukan pengambilan data maka dapat dilakukan perhitungan matematis dan didapatkan hasil berikut:

**Gaya kerja silinder lengan penyapu**

Dihitung menggunakan rumus persamaan (1) sehingga didapatkan nilai 3.768 Newton

**Garja kerja silinder vessel**

Dihitung menggunakan rumus persamaan (1) sehingga didapatkan nilai 8.478 Newton

**Laju aliran**

Dihitung menggunakan rumus persamaan (2) sehingga didapatkan nilai 11,6 liter/min

**Kecepatan aliran**

Dapat dihitung menggunakan rumus persamaan (3) sehingga didapatkan nilai 2,71 m/s

**Volume silinder lengan penyapu**

Dihitung menggunakan rumus persamaan (4) sehingga didapatkan nilai:

- Silinder vertikal = 188.400 mm<sup>3</sup>
- Silinder horizontal = 175.840 mm<sup>3</sup>

#### Volume silinder vessel

Dihitung menggunakan rumus persamaan (4) sehingga didapatkan nilai  $1.413.000 \text{ mm}^3$

#### Daya Pompa

Dihitung menggunakan rumus persamaan (5) sehingga didapatkan nilai 580,5 watt

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian sistem hidrolik pengembangan pada *electric road sweeper* menunjukkan bahwa beban pada *vessel* mempengaruhi kecepatan pergerakan silinder hidrolik *vessel*, hal ini disebabkan oleh pengaruh gaya gravitasi

Pengembangan sistem hidrolik pada *electric road sweeper* dengan mengintegrasikan sistem hidrolik *vessel double cylinder* dan lengan penyapu telah berhasil dilakukan. Hasil tersebut dapat disimulasikan menggunakan *software* FluidSIM 4.2 serta diterapkan pada unit secara langsung. Sehingga dapat mempermudah pengoperasian sistem hidrolik dan meningkatkan efektivitas kinerja unit *electric road sweeper*

#### REFERENSI

- [1] Adderly, S. A., Manukian, D., Sullivan, T. D., & Son, M. (2018). *Electric Vehicles and Natural Disaster Policy Implications. Energy Policy*, 112(October 2016), 437–448.
- [2] Yang, Q., Zhou, Y., Ying, K., Li, R., & Wang, X. (2018). Study on Cleaning Performance of Small Road Sweeper Vehicle. 127(Eame), 194–198.
- [3] Rizky A. (2014). Analisis Penggunaan Mesin Penyapu Jalan (Road Sweeper) Di Kota Surabaya dan Kajian Risikonya.
- [4] Kumara, N. S., & Sukerayasa, I. W. (2009). Tinjauan Perkembangan Kendaraan Listrik Dunia Hingga Sekarang. 8.
- [5] Xu, H., Xiao, J., & Feng, Y. (2020). Development and Research Status of Road Cleaning Vehicle Development and Research Status of Road Cleaning Vehicle.
- [6] Subarkah, R., Pramudita, S., Gunadi, G. G. R. (2020). Pengujian Hydraulic Cylinder Pada Simulator Arm Excavator. Jurnal Mekanik Terapan Politeknik Negeri Jakarta.
- [7] Putra, I. E., & Ahsanul K. (2021). Design of a Hydraulic Plate Bending Machine. Jurnal Teknik Mesin Institut Teknologi Padang. 8
- [8] Goethel, E. T. (2019). Self-propelled Equipment for Street Sweeping and/or Weeding (Patent No. US20190218732A1). In United States (US20190218732A1).
- [9] Sumbodo, W., Setiadi, R., & Poedjiono, S. (2017). Pneumatik dan Hidrolik. Deepublish.
- [10] Dewanto, A., & Irmawati, D. (2013). Pembelajaran Sistem Hidrolik dan Pneumatik dengan Menggunakan Automation Studio. 21, 262–268.
- [11] Jani, D. B., Ashish, S., Aditya, S., Yash, S., Bishambhar, S., & Nikhil, S. (2019). An overview on aircraft hydraulic system. 6(October), 29–30.
- [12] Sutisna, N. A., & Munajad, M. (2020). Perhitungan Sistem Hidrolik Untuk Penggerak Pisau Pasa Mesin Penghapus Marka Jalan. 5(2), 122-131