

PERANCANGAN PENJADWALAN *PREVENTIVE MAINTENANCE* PADA ARMADA TRUK PD KEBERSIHAN KOTA BANDUNG

Syafranita¹, Agun Permana²

^{1,2}Program Studi Manajemen Transportasi, Sekolah Tinggi Manajemen Logistik
Indonesia, Jl. Sariasih No. 54, Sarijadi, Bandung 40151, Indonesia
E-mail: syafranita@stimlog.ac.id

ABSTRAK

Peningkatan jumlah penduduk kota Bandung dan perubahan pola konsumsi menyebabkan tingginya volume sampah yang dihasilkan. Peningkatan volume sampah berdampak pada proses pengangkutan sampah. Perusahaan Daerah (PD) Kebersihan Kota Bandung sebagai operator penyelenggaraan pelayanan pengelolaan sampah diharapkan melakukan perencanaan pengelolaan sampah yang optimal. Armada kendaraan yang handal dan aman memerlukan perencanaan *maintenance* yang baik dan terjadwal. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui laju kerusakan masing-masing komponen kritis, mengetahui interval waktu optimal untuk melakukan penggantian dan pencegahan komponen kopling dan rem truk LH, serta untuk mengetahui penghematan biaya yang dihasilkan pada daerah operasional Bandung Utara menggunakan metode *age replacement*. Hasil penelitian diperoleh komponen rem dan kopling mengalami laju kerusakan yang selalu berubah sesuai dengan bertambahnya waktu dan melebihi usia pakai. Interval waktu optimal dalam melakukan penggantian pencegahan yaitu pada komponen kopling kebijakan penggantian pencegahan dilakukan setiap 15.000 km dan kebijakan penggantian pencegahan komponen rem dilakukan setiap 11.000 km. Dengan waktu yang terjadwal menghemat biaya perawatan mencapai 94% pada komponen rem dan penghematan biaya 77% pada komponen kopling.

Kata kunci: Kendaraan, Perawatan, *Age Replacement*, Armada truk LH, Komponen kopling dan rem.

ABSTRACT

The increasing population of the city of Bandung and changes in consumption patterns have resulted in a high volume of waste produced. The increase in the volume of waste has an impact on the waste transportation process. PD Kebersihan of Bandung City as the operator of waste management services is expected to carry out optimal waste management planning. A reliable and safe fleet of vehicles requires good and scheduled maintenance planning. The purpose of this study was to determine the rate of damage for each critical component, to determine the optimal time interval for replacing and preventing LH truck clutch and brake components, and to determine the resulting cost savings in the operational area of North Bandung using the age replacement method. The results showed that the brake and clutch components experience a rate of damage which always changes with increasing time and exceeds the service life. The optimal time interval for making preventive replacements is that for the clutch component, the preventive replacement policy is carried out every 15,000 km and the preventive replacement policy for brake components is carried out every 11,000 km. With scheduled times up to 94% savings in maintenance costs on brake components and 77% cost savings on clutch components.

Keywords: *Vehicles, Maintenance, Age Replacement, LH truck fleet, Clutch and brake components*

1. PENDAHULUAN

Dominasi penduduk perkotaan (*urban population*) terhadap jumlah penduduk di Indonesia meningkat setiap tahun. Pertumbuhan penduduk perkotaan ini terjadi pada setiap provinsi. Persentase penduduk daerah perkotaan provinsi Jawa Barat pada tahun 2015 sebesar 72,9 persen dan pada tahun 2020 sebesar 78,7 persen (bps.go.id).

Peningkatan jumlah penduduk perkotaan dan aktivitas masyarakat akan menyebabkan tingginya volume sampah yang dihasilkan. Perubahan pola konsumsi masyarakat juga menjadi faktor penyumbang bertambahnya volume, jenis, dan perubahan karakteristik sampah.

Permasalahan pengelolaan sampah perkotaan menjadi sangat serius akibat kompleksnya masalah yang dihadapi, sehingga pengelolaan sampah diprioritaskan penanganannya di daerah perkotaan (Moersid, 2004). Meningkatnya jumlah sampah di lingkungan masyarakat kota Bandung mengakibatkan jumlah pengangkutan sampah dari setiap tempat pembuangan sementara (TPS) menuju tempat pembuangan akhir (TPA) semakin bertambah. Peningkatan volume sampah dari Kota Bandung yang diangkut ke tempat pembuangan akhir sekitar 4% dan jumlah pengangkutan sampah Kota Bandung ke TPA mencapai rata-rata 1.323 ton per hari.

Operator penyelenggaraan pelayanan pengelolaan sampah di Kota Bandung dilaksanakan oleh Perusahaan Daerah (PD) Kebersihan Kota Bandung. Wilayah operasi pelayanan PD Kebersihan Kota Bandung dibagi dalam 4 seksi yaitu wilayah operasi Bandung Barat, Bandung Tengah, Bandung Timur, dan Bandung Utara. Proses pengangkutan sampah tentu saja dipengaruhi oleh tersedianya armada kendaraan yang handal agar dapat beroperasi dengan lancar.

Setiap jenis armada memerlukan perencanaan *maintenance* yang baik dan terjadwal agar tidak mengalami kerusakan pada saat beroperasi. Perawatan dilakukan untuk mencapai hasil yang mampu mempertahankan pada kondisi yang selalu dapat berfungsi (Ebeling, 1997). Kegiatan perawatan merupakan seluruh rangkaian aktivitas yang dilakukan untuk mempertahankan unit-unit pada kondisi operasional dan aman (Ansori, 2013).

Kerusakan yang biasanya terjadi pada komponen kendaraan tentu tidak dapat diketahui secara pasti, karena setiap komponen memiliki tingkat kerusakan yang berbeda. Jika kegiatan pemeliharaan tidak dilakukan dengan baik dapat mengakibatkan menurunnya tingkat produktivitas mesin kendaraan dan meningkatnya biaya pemeliharaan pada setiap armada kendaraan. Dengan demikian komponen kendaraan membutuhkan penanganan yang baik dan terencana sesuai dengan tingkat kerusakan yang dialami armada kendaraan. Penelitian ini fokus pada wilayah operasional Bandung Utara yang memiliki 3 jenis armada truk. Armada yang beroperasi rutin setiap hari yaitu truk LH, *Dump Truck*, dan *Compactor*. Dari ketiga jenis armada truk tersebut, truk LH memiliki unit operasional yang lebih banyak serta rata-rata usia kendaraan lebih tua dibanding jenis armada truk lainnya. Pada kondisi sebenarnya PD Kebersihan wilayah Bandung Utara melakukan pemeliharaan terhadap komponen kopling dan rem masih bersifat *corrective maintenance*, hal tersebut berarti bahwa komponen akan diganti apabila benar-benar mengalami kerusakan.

Komponen kendaraan pengangkut sampah yang sering mengalami kerusakan adalah komponen kopling dan rem sehingga kedua komponen ini merupakan komponen kritis. Penggantian komponen kopling dan rem biasanya dilakukan berdasarkan laporan sopir kepada bagian bengkel ketika komponen sudah tidak nyaman digunakan maka akan dilakukan penggantian. Kerusakan komponen tentunya dapat menyebabkan kecelakaan fatal jika tidak dilakukan penggantian dan pencegahan, sehingga dapat mengakibatkan kerugian aset dan menambah beban operasional.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui laju kerusakan masing-masing komponen kritis, mengetahui interval waktu optimal untuk melakukan penggantian dan pencegahan komponen kopling dan rem truk LH, serta untuk mengetahui penghematan biaya yang dihasilkan. Penentuan jadwal penggantian komponen kopling dan rem pada armada truk

LH menggunakan metode *Age Replacement*. Pencegahan yang dilakukan tergantung pada umur pakai dari komponen.

2. METODOLOGI

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif dapat diartikan sebagai metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, teknik pengambilan sampel pada umumnya dilakukan secara random, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif/statistik dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan (Sugiyono, 2017).

Tahapan pertama dilakukan studi lapangan terlebih dahulu di Kantor Pusat PD Kebersihan Kota Bandung dan Bidang Teknik PD Kebersihan Kota Bandung serta melakukan wawancara kepada *stakeholder* terkait. Pengumpulan data dalam penelitian ini berupa data primer dan sekunder. Adapun data primer berupa data pengangkutan tiap TPS, data rata-rata jarak tempuh per hari, dan data waktu pergantian komponen. Sedangkan data sekunder berupa data umum perusahaan, jenis kendaraan, ukuran kendaraan, jumlah kendaraan, data kerusakan kendaraan, dan data biaya perawatan kendaraan.

Tahapan pengolahan data dilakukan dengan menghitung:

a. Rata-rata jarak tempuh per hari

Untuk perhitungan rata-rata jarak tempuh per hari dilakukan dengan cara menghitung jumlah jarak keberangkatan armada truk dibagi dengan banyaknya keberangkatan yang dialami armada truk selama tahun yang sedang diteliti (2019 = 365 hari). Kemudian angka tersebut akan menjadi faktor konversi pada perhitungan interval kerusakan yang dialami armada truk.

b. Interval kerusakan yang dialami armada truk

Pada tahap perhitungan interval kerusakan, data yang terkait yaitu data kerusakan komponen armada truk. Komponen dengan tingkat frekuensi yang tinggi akan menjadi komponen kritis pada penelitian ini. Komponen kritis tersebut memiliki tanggal kerusakan yang nantinya jarak waktu kerusakan akan dihitung untuk mengetahui rentang waktu kerusakan pada komponen kritis tersebut. Sehingga pada penelitian ini, satuan kilometer yang ditempuh dikalikan terhadap jarak tempuh per hari, kemudian data tersebut akan digunakan dalam pengujian distribusi kerusakan.

c. Pengujian distribusi kerusakan (Uji Mann's)

Sebelum melakukan perhitungan distribusi, terlebih dahulu harus menggunakan Uji Mann's hal ini untuk mengetahui apakah data penelitian ini dapat menggunakan distribusi *Weibull* atau tidak. Biasanya Distribusi *Weibull* digunakan karena distribusi ini dapat menggambarkan laju peningkatan dan laju penurunan tingkat kerusakan.

d. Perhitungan parameter distribusi

Data yang telah lulus Uji Mann's dan berdistribusi *Weibull* dua parameter, maka langkah selanjutnya yaitu melakukan perhitungan estimasi parameter menggunakan model regresi linear.

e. Perhitungan fungsi keandalan

Fungsi keandalan ini merupakan hubungan antara keandalan dan waktu kerusakan komponen. Pada tahap ini terdapat beberapa variabel fungsi keandalan yang bisa digunakan untuk mengukur besaran keandalan dari komponen kopling dan komponen rem yaitu meliputi Fungsi keandalan (*Reliability Function*), fungsi distribusi kumulatif

kerusakan (*Cumulative Distribution*), fungsi kepadatan peluang kerusakan (*Probability Distribution*, fungsi laju kerusakan).

f. Perhitungan biaya penggantian komponen

Pada tahapan perhitungan biaya penggantian komponen terdapat dua biaya yang dihitung yaitu biaya penggantian kerusakan dan biaya pencegahan. Untuk biaya penggantian kerusakan perhitungannya memerlukan data kerugian yang dialami oleh perusahaan, yang mana sebelumnya telah dilakukan perhitungan ekspektasi kerugian yang diakibatkan kerusakan komponen.

g. Interval penggantian dan pencegahan komponen kendaraan dengan meminimasi total biaya.

Hasil total ekspektasi penggantian dan pencegahan yang memerlukan waktu, digunakan untuk menghitung ekspektasi total biaya pencegahan kerusakan komponen. Pada perhitungan interval penggantian pencegahan menggunakan rumus distribusi, kemudian tahapan terakhir melakukan analisis perbandingan interval penggantian pencegahan optimal dengan kondisi saat ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kendaraan pengangkut sampah jenis *Dumptruck* LH berkapasitas 12 m³ dengan total rata-rata ritase pengangkutan sampah per tahun sebanyak 730 rit. Rata-rata jumlah sampah yang terangkut ke TPA Sarimukti sebanyak 383 m³/tahun dan 183.412,5 kg/tahun. Jarak yang ditempuh armada truk dari tiap TPS Wilayah Operasional Bandung Utara ke TPA Sarimukti dengan total jarak tempuh sebesar 146,75 km/Rit. Total jarak yang ditempuh armada truk per hari pada tahun 2019 sebesar 293,5 km/hari. Hasil jarak tempuh per hari menjadi faktor konversi pada perhitungan interval kerusakan yang terjadi.

3.1. Interval Kerusakan

Interval kerusakan atau jarak waktu antar kerusakan adalah rentang waktu kendaraan beroperasi normal atau selesai diperbaiki sampai kendaraan mengalami kerusakan kembali. Perhitungan rentang waktu antar kerusakan ini dipengaruhi oleh jam kerja operasional, dimana kendaraan dioperasikan setiap hari. Hasil yang diperoleh untuk interval kilometer kerusakan kopling dan rem dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Interval Kilometer Kerusakan

Kopling	Interval Kerusakan (Km)	Rem	Interval Kerusakan (Km)
5 Maret 2019	18.490,5	6 Februari 2019	10.566
10 Mei 2019	19.371	30 Maret 2019	15.262
30 Juni 2019	14.968,5	12 Mei 2019	12.620,5
9 Agustus 2019	11.740	26 Juni 2019	13.207,5
24 September 2019	13.501	4 Agustus 2019	11.446,5
6 November 2019	12.620,5	14 September 2019	12.033,5
		24 Oktober 2019	11.740
		28 November 2019	10.272,5
Jumlah	90.691,5	Jumlah	97.148,5
Rata-rata kerusakan (km)	15.115	Rata-rata kerusakan (km)	12.144

Hasil perhitungan pengujian distribusi kerusakan dengan menggunakan Uji Mann's diperoleh untuk komponen kopling yaitu nilai *M* sebesar (0,332) dan nilai *F* Tabel

didapatkan sebesar 5,14. Selanjutnya untuk komponen rem yaitu nilai M sebesar (0,238) dan nilai F Tabel didapatkan sebesar 4,46, sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai M lebih kecil dibandingkan F Tabel ($M < F_{tabel}$), maka H_0 data waktu kerusakan tersebut dapat diterima dan kerusakan berdistribusi *Weibull* dua parameter.

Nilai parameter untuk komponen kopling yaitu skala α sebesar (16.252,47) dan nilai parameter skala β sebesar (5,494). Kemudian nilai parameter untuk komponen rem yaitu skala α sebesar (12.746,35) dan nilai parameter skala β sebesar (9,174). Nilai parameter $\beta > 5$ ini menunjukkan laju kerusakan meningkat seiring pemakaian.

3.2. Fungsi Keandalan

Setelah mengetahui nilai parameter a dan β untuk komponen kopling dan komponen rem, maka tahap selanjutnya dapat dihitung fungsi keandalan, fungsi distribusi kumulatif kerusakan, fungsi kepadatan peluang kerusakan, dan fungsi laju kerusakan. Hasil yang didapatkan akan digunakan dalam perhitungan interval waktu penggantian pencegahan komponen.

a. Komponen Kopling

1. Fungsi keandalan (*Reliability Function*)

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{16.252,47} \right)^{5,494} \right]$$

2. Fungsi Distribusi Kumulatif Kerusakan (*Cumulative Distribution Function*)

$$F(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{16.252,47} \right)^{5,494} \right]$$

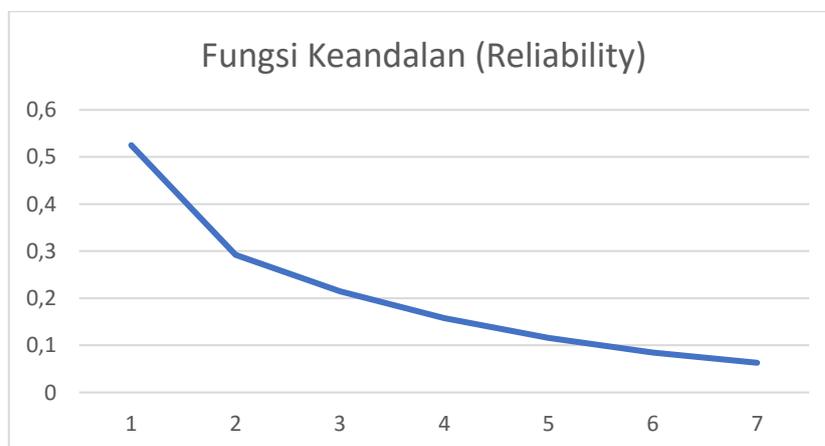
3. Fungsi kepadatan peluang kerusakan (*Probability Distribution Function*)

$$f(t) = \frac{5,494}{16.252,47} \left(\frac{t}{16.252,47} \right)^{5,494-1} \exp \left[- \left(\frac{t}{16.252,47} \right)^{5,494} \right]$$

4. Fungsi Laju Kerusakan (*Hazard Function*)

$$\lambda(t) = \frac{5,494}{16.252,47} \left(\frac{t}{16.252,47} \right)^{5,494-1}$$

Grafik fungsi keandalan komponen kopling dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik fungsi keandalan komponen kopling

b. Komponen Rem

1. Fungsi keandalan (*Reliability Function*)

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{12.746,35} \right)^{9,174} \right]$$

2. Fungsi Distribusi Kumulatif Kerusakan (*Cumulative Distribution Function*)

$$F(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{12.746,35} \right)^{9,174} \right]$$

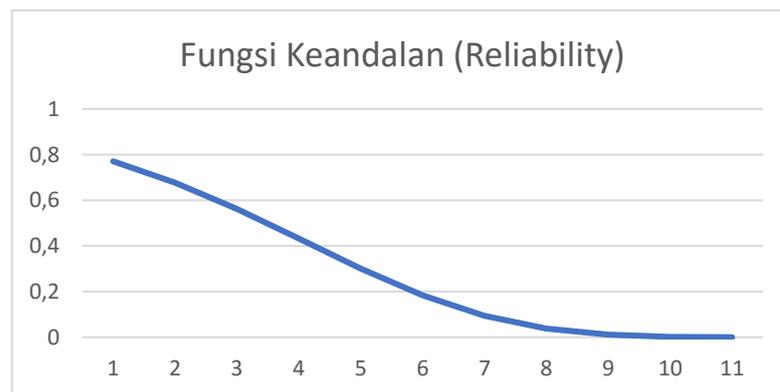
3. Fungsi kepadatan peluang kerusakan (*Probability Distribution Function*)

$$F(t) = \frac{9,174}{12.746,35} \left(\frac{t}{12.746,35} \right)^{9,174-1} \exp \left[- \left(\frac{t}{12.746,35} \right)^{9,174} \right]$$

4. Fungsi Laju Kerusakan (*Hazard Function*)

$$\lambda(t) = \frac{9,174}{12.746,35} \left(\frac{t}{12.746,35} \right)^{9,174-1}$$

Grafik fungsi keandalan komponen rem dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik fungsi keandalan komponen rem

3.3. Waktu Penggantian Pencegahan dan Kerusakan Komponen

Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak bengkel waktu yang diperlukan untuk penggantian pencegahan komponen kopling yaitu hanya melakukan penggantian komponen plat kopling selama 4,5 jam. Sedangkan untuk penggantian kerusakan yaitu plat kopling, drek laher, dan dekrup dengan waktu selama 5,5 jam. Untuk komponen kampas rem sendiri, lama waktu yang diperlukan untuk penggantian kerusakan selama 4 jam dan penggantian pencegahan selama 1,3 jam pada kampas rem tromol depan dan belakang.

Hasil konversi waktu penggantian pencegahan dan penggantian kerusakan komponen sebagai berikut.

1. Komponen Kopling

$$T_p = \frac{4,5 \text{ jam}}{24 \text{ jam/hari}} \times 293,5 \frac{\text{km}}{\text{hari}} = 55,031 \text{ km}$$

$$T_f = \frac{5,5 \text{ jam}}{24 \text{ jam/hari}} \times 293,5 \frac{\text{km}}{\text{hari}} = 67,260 \text{ km}$$

2. Komponen Rem

$$T_p = \frac{1,3 \text{ jam}}{24 \text{ jam/hari}} \times 293,5 \frac{\text{km}}{\text{hari}} = 15,897 \text{ km}$$

$$T_f = \frac{4 \text{ jam}}{24 \text{ jam/hari}} \times 293,5 \frac{\text{km}}{\text{hari}} = 48,916 \text{ km}$$

3.4. Perbandingan Interval Penggantian Pencegahan Optimal dengan Kondisi Saat Ini

Biaya kerusakan kondisi saat ini meliputi biaya pembelian komponen dan ekspektasi kerusakan akibat kerusakan komponen kopling dan komponen rem. Oleh karena itu, diketahui ekspektasi kerugian per kerusakan berdasarkan harga komponen yang harus diganti yaitu sebesar Rp.8.335.000, sehingga total penggantian kerusakan untuk komponen kopling sebesar Rp.15.160.000 dan untuk komponen rem sebesar Rp. 10.235.000. Rekapitulasi biaya kerusakan yang selama ini dikeluarkan PD Kebersihan Kota Bandung ketika tidak adanya pencegahan serta usulan yang dibuat dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Interval Penggantian Pencegahan Komponen

Komponen	Kondisi Saat Ini		Usulan	
Kopling	Rata-Rata	15.115	Interval Penggantian	15.000
	Kerususakan (km)		Pencegahan (km)	
	Biaya Kerusakan (Rp/km)	1.003	Ekspektasi Biaya Penggantian Pencegahan (Rp/km)	234,4
	Biaya Kerusakan (Rp/Tahun)	107.448.882	Ekspektasi Biaya Penggantian Pencegahan (Rp/Tahun)	25.110.686
Rem	Rata-Rata	12.144	Interval Penggantian	11.000
	Kerususakan (km)		Pencegahan (km)	
	Biaya Kerusakan (Rp/km)	842	Ekspektasi Biaya Penggantian Pencegahan (Rp/km)	47,8
	Biaya Kerusakan (Rp/Tahun)	90.201.355	Ekspektasi Biaya Penggantian Pencegahan (Rp/Tahun)	5.120.694

4. KESIMPULAN

Nilai parameter bentuk β untuk kedua komponen kritis berada dalam wilayah *wear-out* pada kurva *bathub* artinya komponen tersebut mengalami laju kerusakan yang selalu berubah sesuai dengan bertambahnya waktu dan melebihi usia pakai. Sehingga peran pemeliharaan yang baik harus dilakukan dengan menetapkan jadwal, maka kemungkinan tingkat bahaya akibat rusaknya komponen kopling dan rem dapat dicegah.

Interval waktu optimal dalam melakukan penggantian pencegahan pada komponen kopling kebijakannya harus dilakukan setiap 15.000 km dan kebijakan penggantian pencegahan komponen rem harus dilakukan setiap 11.000 km. Dengan waktu yang terjadwal, dapat mengurangi kemungkinan reparasi berskala besar. Penghematan biaya perawatan yang diperoleh untuk waktu servis komponen kopling sebesar Rp. 25.110.686

/tahun, dan waktu servis komponen rem dapat menghemat biaya perawatan sebesar Rp. 5.120.694 /tahun.

Penggunaan metode *Age Replacement* dalam penelitian ini dapat menghemat biaya perawatan mencapai 94% pada komponen rem dan penghematan biaya 77% pada komponen kopling. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode *block replacement* sebagai pembandingan pada penelitian *preventive maintenance* kendaraan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anshori, Nachnul dan Mustajib, Imron. (2013). Sistem Perawatan Terpadu (*Integrated Maintenance System*). Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Ebeling, Charles. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Mac Graw Hill International. Singapore.
- Kurnia, Fajar. (2013). Manajemen Perawatan Industri Teknik. Graha Ilmu. Jakarta
- Moersid, Ali. (2004). Pengelolaan Sampah di Indonesia. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Purnama, Jaka. (2015). Metode *Age Replacement* Digunakan Untuk Menentukan Interval Waktu Perawatan Mesin Pada Armada Bus. Jurnal Teknik Industri Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- Sudjana. (1996). Metoda Statistika Edisi Ke 6. Tarsito. Bandung.
- Sugiyono. (2013). Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Alfabeta. Bandung.
- <https://www.bps.go.id/persentase-penduduk-daerah-perkotaan-menurut-provinsi-2010-2035>.