

PERANCANGAN DAN UJI PERFORMANSI SEPEDA KARGO HYBRID “E-CARGO BIKE”

Bambang Setyono ¹⁾, Siggih Ardianto ²⁾, Ardi Noerpamoengkas ³⁾
^{1) 2) 3)} Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
bambang@itats.ac.id

ABSTRACT

The hybrid cargo bike is a two-wheeled bicycle equipped cargo in the middle use two mover system that is driving manually with pedals and an electric motor. This research aims to design a hybrid cargo bike and perform various tests to determine the performance. An electric motor mounted in the rear-wheel. The cargo volume capacity of 250 liters with a maximum weight of 40 kg, a maximum rider weight of 90 kg and a maximum speed of 20 km / h. Steering the middle connected by a connecting rods to the front wheels. From the result of design, calculation and testing data obtained as follows: the electric motor power needed 160.2 watts; manually minimum turning radius 3.445 m; electrically minimum turning radius 4.412 m; from the acceleration test no-load electric power with a distance of 20 m to within = 6.03 seconds from the stop condition, a distance of 30 m = 8.32 seconds, a distance of 40 m = 9.57 sec, and to determine the acceleration test of electrical power to the load 40 kg is 20 m to within = 7.40 seconds, a distance of 30 m = 9.00 seconds, a distance of 40 m = 10.94. The results of trials on the highway with an electric motor to a distance of 9.7 km to within 20 minutes, so that the average speed of a bicycle 30 km / h.

Keywords: cargo bike, hybrid, e-cargo bike.

ABSTRAK

Sepeda kargo hybrid merupakan sepeda roda dua yang dilengkapi kargo dibagian tengah dengan sistem dua penggerak yaitu penggerak manual dengan pedal serta penggerak motor listrik. Penelitian ini bertujuan merancang sepeda kargo hibrid serta melakukan berbagai pengujian untuk mengetahui performasinya. Motor listrik tipe in-wheel dipasang diroda belakang, kapasitas volume kargo direncanakan 250 liter dengan berat maksimal 40 kg, berat pengendara maksimal 90 kg, dan kecepatan maksimal 20 km/jam. Kemudi dibagian tengah yang terhubung dengan batang penghubung ke roda depan. Dari hasil perancangan, perhitungan dan ujicoba diperoleh data-data sebagai berikut : daya motor listrik yang dibutuhkan 160,2 watt ; radius belok minimum secara manual 3,445 m ; radius belok minimum secara elektrik 4,412 m ; dari uji akselerasi daya listrik tanpa beban dengan jarak 20 m ditempuh dalam waktu = 6,03 detik dari saat diam, jarak 30 m = 8,32 detik, jarak 40 m = 9,57 detik, dan untuk mengetahui uji akselerasi daya listrik dengan beban 40 kg adalah jarak 20 m ditempuh dalam waktu = 7,40 detik, jarak 30 m = 9,00 detik, jarak 40 m = 10,94 detik. Hasil uji coba dijalan raya dengan penggerak motor listrik untuk jarak 9,7 km ditempuh dalam waktu 20 menit, sehingga kecepatan rata-rata sepeda 30 km/jam.

Kata Kunci: sepeda kargo, hybrid, e-cargo bike.

PENDAHULUAN

Seperti setiap daerah lain dari angkutan penumpang dan barang, angkutan perkotaan menghadapi tantangan yang terus berkembang dan pengawasan yang terus meningkat dari ekseseks negative (Johanes Gruber et al, 2015). Dimasyarakat perkotaan saat ini telah berkembang berbagai kendaraan alat angkut barang kapasitas kecil seperti motor roda tiga, becak, sepeda motor rombongan dan masih banyak lagi variasinya. Pada umumnya semua kendaraan tersebut menggunakan motor bakar sehingga menimbulkan polusi udara dan suara. Selain itu untuk roda tiga ukurannya masih relatif besar sehingga kurang fleksibel untuk medan sempit, untuk itulah maka dirancang sepeda roda dua kargo sistem penggerak hybrid tenaga manual pedal dan motor listrik. Dengan demikian sepeda ini mampu untuk menerobos mendan yang sempit, tidak menimbulkan polusi udara dan suara serta bisa digunakan sebagai sarana olah raga karena dilengkapi dengan penggerak pedal.

Salah satu kontributor yang lebih efektif dan ramah lingkungan dalam skema pengiriman logistik masyarakat kota adalah penggunaan sepeda kargo (Holguin-Veras et al, 2014;.. Browne et al, 2011; Lenz & Riehle, 2012), bisa ditingkatkan dengan penggerak elektrik. Sepeda kargo memiliki banyak keuntungan untuk penggunaan komersial, seperti biaya operasional rendah, pengemudi nyaman, dan manfaat lingkungan (Transport for London, 2009).

KAJIAN PUSTAKA

Sepeda kargo merupakan sepeda angkut barang dengan kapasitas yang tidak terlalu besar dan pada umumnya untuk jarak pendek. Menurut beberapa sumber, sepeda kargo (*cargo bike*) berasal dari kota Copenhagen, Denmark. Dulu, pada jaman raja Christian X, sepeda ini berguna untuk mengantarkan surat. Jenis sepeda kargo saat ini bervariasi ada yang beroda dua dan ada yang beroda tiga, bentuknyapun juga bermacam-macam. Pada umumnya sepeda kargo penggerak manual dengan engkol pedal, namun saat ini sudah mulai penggerak ganda hybrid dengan menambah penggerak motor listrik.



Gambar 1. Sepeda kargo roda dua penggerak manual



Gambar 2. Sepeda kargo hybrid motor listrik roda depan

Gambar 1 adalah sepeda kargo ciptaan Long Johns pada tahun 1990an. Sepeda ini beroda dua dengan penggerak manual menggunakan engkol. Dengan desain seperti ini barang-barang dapat ditaruh dibagian tengah. Sepeda dapat bergerak lincah namun karena penggerak manual maka daya jelajah menjadi terbatas. Penyempurnaan dari sepeda ini adalah sepeda kargo hybrid penggerak manual dan motor listrik ciptaan Johannes Gruber dan Alexander Kihm Institute of Transport Research, Rutherfordstrasse 2, Berlin, Germany (Johannes Gruber et al, 2015). Sepeda ini mampu menjawab kelemahan dari Long John yang penggerak manual, namun karena motor listrik di roda bagian depan maka kurang nyaman saat dipergunakan saat belok dan kurang stabil.

Berangkat dari kelemahan-kelemahan di atas, maka diciptakan sepeda kargo “*e-cargo bike*” penggerak system hybrid dengan motor listrik di roda bagian belakang. Penggerak roda belakang memiliki kelebihan yaitu lebih bertenaga dan kemudi lebih ringan serta lebih stabil.

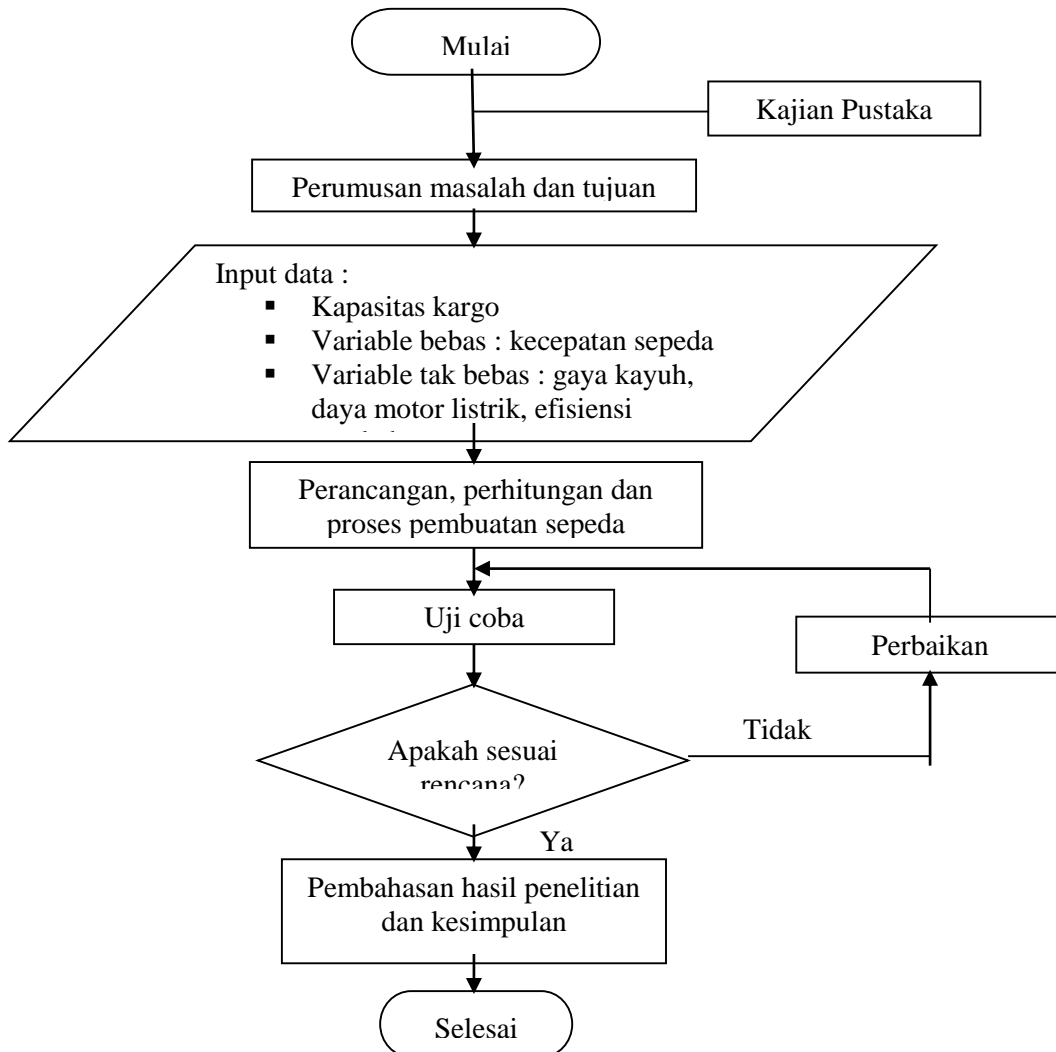
METODE

Penelitian *e-cargo bike* meliputi perancangan dan uji-coba. Perancangan dan pembuatan dilakukan di laboratorium Proses Manufaktur II ITATS. Sepeda ini dirancang menggunakan roda dua, penggerak hybrid manual dan motor listrik. Motor listrik tipe *in-wheel* dipasang di roda belakang dengan posisi kargo dibagian tengah. Kapasitas volume kargo 200 liter dengan berat maksimal 40 kg.

Dalam penelitian ini variable bebas adalah kecepatan sepeda yang bervariasi mulai dari 5 km/jam, 10 km/jam, 15 km/jam, dan 20 km/jam, sedangkan variabel tak bebas adalah gaya kayuh manual, daya motor listrik yang dibutuhkan, dan efisiensi pembebanan motor listrik.

Diagram Alir Penelitian

Alur penelitian dirancang sebagai berikut :



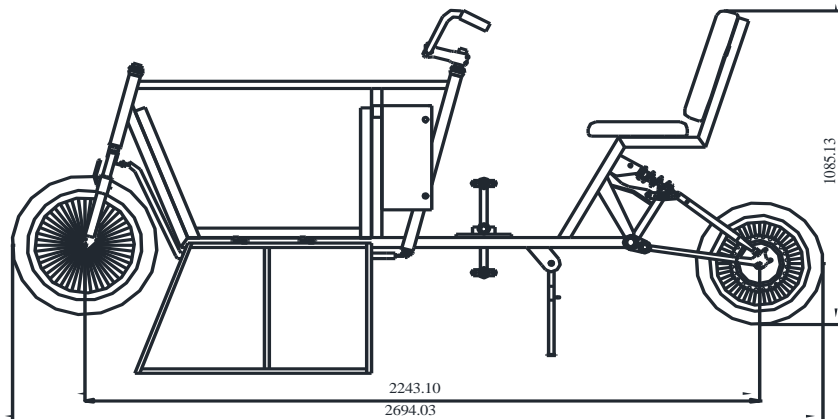
Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data-data awal sepeda hybrid e-cargo bike adalah sebagai berikut :

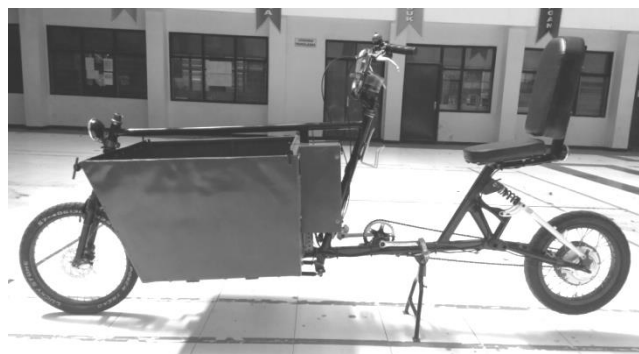
- Sepeda roda dua, penggerak manual dan motor listrik.
- Kapasitas volume kargo = 200 liter, massa maksimal 40 kg, posisi kargo ditengah.
- Penggerak motor listrik DC 250 Watt tipe *in-wheel* dipasang di roda belakang.
- Massa total sepeda kosong = 68 kg
- Massa maksimal pengemudi = 90 kg
- Kecepatan maksimal = 20 km/jam
- Koefisien hambatan rolling jalan, μ = 0,015
- Tekanan ban depan sepeda BMX = 50 psi
- Tekanan ban belakang sepeda matic = 33 psi
- Konstanta gravitasi = 9,81 m/det²

Desain E-Cargo Bike Hasil Rancangan



Gambar 4. Desain e-cargo bike hasil rancangan

E-cargo bike memiliki ukuran panjang total 2694 mm, tinggi 1085 mm dan *wheel base* (jarak antar poros roda) 2243 mm. Hasil jadi rancangan *e-cargo bike* disajikan pada gambar 5.



Gambar 5. E-Cargo Bike hasil rancangan

Daya Motor Listrik yang Dibutuhkan, Efisiensi Pembebanan, dan Gaya Kayuh Pedal
Perhitungan untuk kecepatan sepeda 5 km/jam.

a. Gaya normal total sepeda, pengemudi, dan barang

$$\begin{aligned} W_n &= \text{Massa sepeda} + \text{Massa pengemudi} + \text{Massa Barang} \\ &= 68 \text{ kg} + 90 \text{ kg} + 40 \text{ kg} \\ &= 198 \text{ kg, atau } = 1942,38 \text{ N} \end{aligned}$$

b. Perhitungan gaya dorong (F_{th})

$$\begin{aligned} F_{th} &= W_n \times \mu \\ &= 1942,38 \text{ N} \times 0,015 = 29,13 \text{ N} \end{aligned}$$

c. Perhitungan daya motor listrik yang dibutuhkan ($N = \dots \text{Watt}$)

$$N = V \times F_{th}$$

dimana :

$$\begin{aligned} V &= \text{Kecepatan sepeda (m/detik)} \\ &= 5 \text{ km/jam} \times \frac{1000 \text{ m}}{\text{km}} \times \frac{\text{jam}}{3600 \text{ detik}} = \frac{5 \times 1000}{3600} \text{ m/detik} = 1,38 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

maka daya motor listrik yang dibutuhkan ($N = \dots \text{watt}$) :

$$N = 1,38 \text{ m/detik} \times 29,13 \text{ N} = 40,19 \frac{\text{joule}}{\text{detik}} = 40,19 \text{ watt}$$

d. Efisiensi pembebanan (η)

$$\eta = \frac{\text{Daya terpakai}}{\text{Daya terpasang}} \times 100\% \quad ; \text{dimana, daya terpakai} = 40,19 \text{ Watt}$$

$$\text{daya motor listrik} = 180 \text{ Watt}$$

maka :

$$\eta = \frac{40,19 \text{ watt}}{180 \text{ watt}} \times 100\% = 22,3 \%$$

e. Gaya Kayuh Manual

Perhitungan gaya kayuh manual untuk kecepatan 5 km/jam :

– Putaran roda belakang (n_2) :

$$V = \pi \cdot d \cdot n \left(\frac{\text{putaran}}{\text{menit}} \right) \times \frac{\text{km}}{1000 \text{ m}} \times \frac{60 \text{ menit}}{\text{jam}} = \frac{\pi \cdot d \cdot n \cdot 60}{1000} \text{ km/jam}$$

sehingga putaran di poros roda belakang :

$$n_{RB} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d \cdot 60} = \frac{1000 \cdot 5}{3,15 \cdot 0,46 \cdot 60} = \frac{5000}{86,4} \text{ rp} = 57,67 \text{ rpm}$$

maka putaran poros sprocket (n_{sp}) :

$$n_{sp} = \frac{z_2}{z_1} \times n_{RB}$$

dimana :

n_{sp} = Putaran poros sprocket (rpm)

n_{RB} = Putaran poros roda belakang = 57,67 rpm

z_1 = Jumlah gigi sprocket = 36 gigi

z_2 = Jumlah gigi gear = 18 gigi

maka :

$$n_{sp} = \frac{18}{36} \times 57,67$$

$$= 28,8 \text{ rpm}$$

Jadi putaran sprocket untuk kecepatan sepeda 5 km/jam adalah 28,8 rpm

– Torsi pada poros sprocket

$$T = 71620 \frac{N}{n} \quad (\text{kg cm})$$

Telah dihitung di depan bahwa pada kecepatan 5 km/jam daya yang diperlukan

$$= 40,19 \text{ watt} \times \frac{Hp}{736 \text{ watt}} = 0,0546 \text{ Hp}$$

sehingga :

$$T = 71620 \frac{0,0546 \text{ Hp}}{28,8 \text{ rpm}} = 135,8 \text{ kg cm}$$

maka gaya kayuh manual dapat dihitung sebagai berikut :

$$T = F \times r$$

dimana :

T = Torsi diporos sprocket = 135,8 (kg cm)

F = gaya kayuh (kg)

r = jari – jari engkol = 17 cm

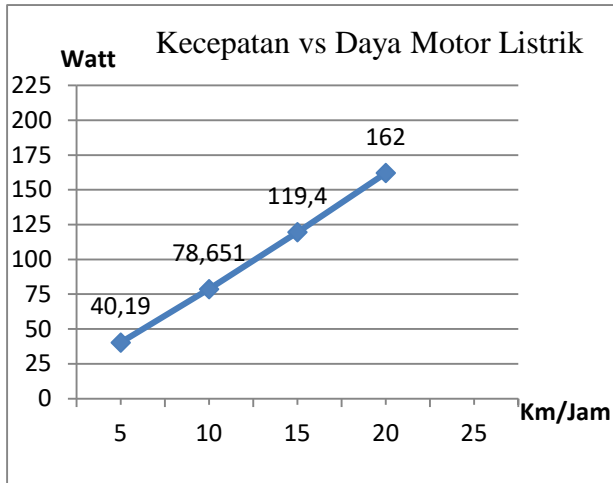
dengan demikian gaya kayuh engkol (F) :

$$F = \frac{T}{r} = \frac{135,8 \text{ kg cm}}{17 \text{ cm}} = 7,9 \text{ kg}$$

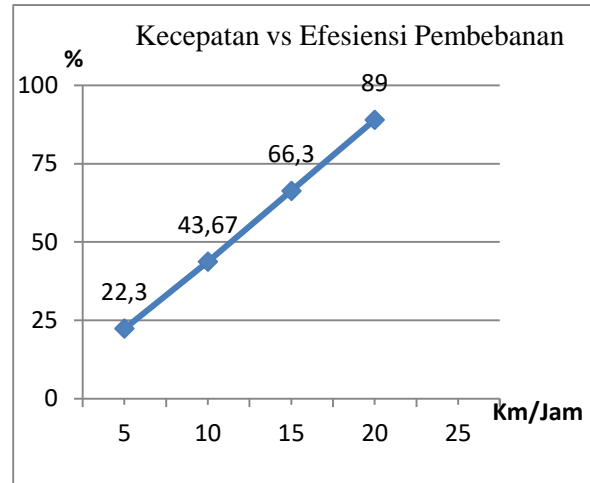
Analog dengan perhitungan daya motor listrik yang dibutuhkan, efisiensi pembebanan, dan gaya kayuh manual pada kecepatan sepeda 5 km/jam, maka untuk kecepatan 10 km/jam, 15 km/jam, dan 20 km/jam dapat ditabulasikan pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Perhitungan

No	Kecepatan Sepeda (Km/jam)	Daya Motor Listrik (Watt)	Efisiensi Pembebanan (%)	Gaya Kayuh Engkol (Kg)
1	5	40,19	22,30	7,9
2	10	78,651	43,67	7,78
3	15	119,4	66,30	7,76
4	20	160,2	89	7,69



Gambar 6. Kecepatan vs Daya Motor Listrik Pembebanan



Gambar 7. Kecepatan vs Efisiensi

Hasil Uji Coba

Untuk mengetahui performa *e-cargo bike* maka dilakukan ujicoba di lapangan maupun di jalan raya. Data hasil uji coba disajikan berikut ini.

Uji radius belok minimum (R_m)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kelincahan untuk jalan-jalan berbelok yang dinyatakan dengan radius belok minimum. Semakin kecil radius belok minimum, maka sepeda semakin mudah untuk menyusuri jalan-jalan berbelok. Dari hasil uji coba, radius belok minimum tanpa dikendarai $R_m = 3,445$ meter, sedangkan saat dikendarai $R_m = 4,412$ meter.



Gambar 8. Uji R_m Tanpa Dikendarai



Gambar 9. Uji R_m Saat Dikendarai

Uji Akselerasi dan Uji Jalan

Uji akselerasi dilakukan untuk mengetahui tingkat akselerasi sepeda ketika dipakai di jalanan. Prosedur pengujiannya adalah sepeda dalam kondisi diam, kemudian dipacu maksimal pada jarak yang telah ditentukan dan diukur waktu tempuhnya. Uji akselerasi ini hanya untuk mode penggerak motor listrik bukan mode penggerak kayuh manual.



Gambar 10. Uji Akselerasi dan Uji Jalan

Tabel 2. Hasil Uji Akselerasi

Jarak (meter)	Waktu (detik)	
	Beban Kargo 0 Kg	Beban Kargo 40 Kg
20	6,03	7,40
30	8,32	9,00
40	9,57	10,94

Uji di jalan raya juga dilakukan untuk mengetahui performa e-cargobike saat dikendarai di jalan raya. Jarak 9,7 km ditempuh dalam waktu 20 menit, sehingga rata-rata kecepatan 30 km/jam. Mode penggerak engkol manual maupun motor listrik dapat berfungsi dengan baik.

KESIMPULAN

Sepeda kargo *hybrid* “e-cargobike” dapat menjadi alternative mode kendaraan angkut barang yang memiliki beberapa kelebihan diantaranya : ramah lingkungan karena tanpa menimbulkan polusi suara dan udara, memiliki kapasitas kargo maksimal 40 kg atau kapasitas volume 200 liter, mampu bergerak lincah, akselerasi cukup bagus, memiliki pilihan dua sistem penggerak yaitu manual dan motor listrik, serta saat mode penggerak motor listrik cukup nyaman dikendarai dengan kecepatan rata-rata 30 km/jam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Agung Pandega Putro (2013). *Rancang Bangun Sepeda Kargo Tenako*, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin ITATS.
- [2.] Deutschman Aron, et al (1975). *Machine Design*, Macmillan Publishing, New York.
- [3.] Ehrler, V., Hebes, P. (2012). *Electromobility for City Logistics–The Solution to Urban Transport Collapse? An Analysis Beyond Theory*. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 48, 786–795.
- [4.] Gruber, J., Kihm, A., Lenz, B. (2014). *A new vehicle for urban freight? An ex-ante evaluation of electric cargo bikes in courier services*. *Research in Transportation Business & Management*, 11, 53–62.
- [5.] Johannes Gruber and Alexander Kihm (2015). *Transportation Research Procedia: Reject or Embrace? Messengers and Electric Cargo Bikes*, The 9th International Conference on City Logistics, Tenerife, Canary Islands (Spain), 17-19 June 2015.
- [6.] Lenz, B., Riehle, E. (2012). *Bikes for Urban freight? — Experience for the European case*. Conference proceedings, Transportation Research Board 92th Annual Meeting 2013.
- [7.] Leonardi, J., Browne, M. and Allen, J. (2012). *Before-after assessment of a logistics trial with clean urban freight vehicles: A case study in London*. *Procedia – Social and Behavioral Sciences* (39), 146-157.
- [8.] Transport for London TfL (Eds.) (2009): *Cycle freight in London: A scoping study*. London.

-halaman ini sengaja dikosongkan-