

Perbandingan Biaya Pembangunan Per Kilometer-Trayek di Antara Moda Jalan dan Moda Rel pada Transportasi Perkotaan

Hasriwan Putra*

*Pusat Penelitian Transportasi Antarmoda, Kementerian Perhubungan,
Jalan Medan Merdeka Timur No.5, Jakarta*

**Email: hasriwan15@gmail.com*

Riwayat perjalanan naskah

Diterima 2 April 2021, Direvisi 13 Mei 2021, Disetujui 3 Juni 2021

Abstrak

Transportasi massal merupakan salah satu solusi utama dalam mengatasi masalah transportasi perkotaan, seperti kemacetan dan polusi udara, sehingga wawasan tentang perkiraan biaya pembangunan transportasi massal sangat relevan bagi pihak-pihak yang terlibat dalam melakukan estimasi biaya dan pembuat kebijakan. Pengetahuan tentang perbandingan biaya pembangunan per kilometer-trayek antar jenis transportasi massal perkotaan yang lengkap saat ini masih kurang. Makalah ini bertujuan untuk memberikan wawasan tahap pertama tentang biaya pembangunan per kilometer-trayek yang bervariasi di seluruh proyek transportasi massal perkotaan. Metodologi yang diterapkan adalah studi literatur tentang perbandingan biaya pembangunan di seluruh proyek yang terdiri dari mass rapid transit (MRT), light rapid transit (LRT), bus rapid transit (BRT) dan Automated-rail Rapid Transit (ART) di beberapa kota dunia. Hasil analisis menunjukkan bahwa biaya pembangunan per kilometer-trayek transportasi perkotaan sangat bervariasi antar proyek sebagai berikut Sistem BRT: IDR 10-194 Milyar/km, Sistem ART: IDR 63-124 Milyar/km, Sistem LRT: IDR 0,5-1, Triliun/km dan Sistem MRT: IDR 1-6 Triliun/km (basis tahun 2019). Alasan utama tingginya variasi dalam biaya pembangunan kilometer-trayek adalah kompleksitas pembangunan jalur/track dan fasilitas alih moda (stasiun/terminal/shelter) apakah berada di bawah tanah, di atas tanah/layang, atau di permukaan tanah yang keduanya berkontribusi sebesar 63-77% terhadap total biaya pembangunan. Perbedaan biaya pembangunan antara moda jalan (BRT dan ART) dan moda rel (LRT dan MRT) sangat besar dengan kisaran 1:10, sehingga untuk kota-kota yang memiliki keterbatasan finansial maka moda jalan adalah pilihan transportasi perkotaan yang paling rasional.

Kata kunci: Transportasi perkotaan; Biaya pembangunan; Biaya per-kilometer; Biaya per-stasiun.

Abstract

Comparison of Construction Costs Per Kilometer-Road Between Road Based and Rail Based Modes in Urban Transport. Mass transportation is one of the main solutions in overcoming urban transportation problems, such as congestion and air pollution, so insight into the estimated costs of mass transportation development is very relevant for those involved with cost estimation and policy makers. There is currently a lack of knowledge about the difference in costs per route-kilometer between various types of urban mass transportation. This paper aims to provide a first-stage insight into the cost per route-kilometer that varies across urban mass transport projects. The methodology applied is a cost comparison across projects in several cities around the world. The results of the analysis show that the development cost per route-kilometer of urban transportation varies dramatically between projects as follows: BRT system: IDR 10-194 billion / km, ART system: IDR 63-124 billion / km, LRT system: IDR 0.5-1, Trillion / km and MRT System: IDR 1-6 Trillion / km (base 2019). The main reason for the high variation in route-kilometer costs is the difference between projects with regard to the choice of corridor / track and station, whether underground, elevated or at-grade.

Keywords: urban transport; capital costs; per-kilometre costs; per-station costs.

Pendahuluan

Pengembangan transportasi massal dipercaya menjadi salah satu solusi strategis dalam menyelesaikan permasalahan transportasi perkotaan seperti kemacetan dan pencemaran

udara. Efek jangka panjang akan mempengaruhi tingkat kemiskinan, bentuk perkotaan dan kualitas lingkungan (Wright dan Fjellstrom, 2002). Untuk mempertahankan bentuk perkotaan yang nyaman dan memastikan bahwa pekerjaan, konektivitas, dan layanan yang terbuka bagi kaum

miskin perkotaan, faktor kunci ketika membandingkan sistem adalah bahwa sistem transportasi massal perkotaan memiliki potensi untuk memastikan manfaat jangka panjangnya. Kebutuhan angkutan umum dirasa semakin mendesak seiring dengan peningkatan urbanisasi dan pengguna kendaraan pribadi yang signifikan dari tahun ke tahun. Pemilihan angkutan umum massal sangat penting dalam menentukan masa depan perkotaan sehingga tipe angkutan umum sangat penting untuk dipahami dalam memilih sistem transportasi yang tepat untuk kawasan perkotaan. Sistem transportasi tersebut bisa lebih dari satu moda yaitu moda rel yang diintegrasikan dengan moda jalan.

Kota-kota berkembang sedang mengalami lalu lintas dan kondisi lingkungan yang sangat cepat memburuk. Sebagai langkah awal, diperlukan komitmen politik untuk memberikan prioritas terhadap moda transportasi yang efisien. Pengalaman di kota-kota maju menunjukkan bahwa sistem MRT cenderung berdampak kecil terhadap pola penggunaan lahan, khususnya MRT yang berada di bawah tanah (*underground*). Ini yang mendorong banyak ahli untuk merekomendasikan bahwa sistem MRT lebih populer untuk digunakan, dan bukannya mencoba untuk mempengaruhi pola penggunaan lahan, melainkan mengadaptasi pola penggunaan lahan yang sudah ada. Namun demikian, di banyak kota-kota berkembang seperti pengaruh MRT terhadap penggunaan lahan semakin meningkat, karena kota-kota seperti itu seringkali menjalankan ekspansi ruang dengan pesat. Kecenderungan saat ini, misalnya masyarakat yang berkendara menuju gerbang dan kompleks perumahan di banyak kota di Asia Tenggara, seringkali menyukai bentuk kota yang tergantung pada kendaraan pribadi, namun sistem MRT dapat membantu menghalangi kecenderungan semacam itu dengan cara mempertahankan pertumbuhan di sepanjang koridor utama dan di pusat-pusat kota. Sementara secara teoritis disampaikan bahwa kota-kota sebaiknya mengikuti pendekatan yang "berimbang", menggunakan sistem MRT "komplementer" yang sesuai dengan keadaan setempat, pada prakteknya, khususnya di kota-kota berkembang, ketika sistem MRT dikembangkan, banyak pihak cenderung menjadi fokus dengan sistem tersebut, sementara jenis angkutan lain diabaikan. Kota-kota berkembang sering kekurangan kapasitas institusional untuk mengembangkan sistem ganda (lebih dari 1 moda utama) secara simultan. Ini terjadi di hampir semua kota-kota berkembang yang saat ini telah menjalankan sistem berbasis kereta, termasuk contohnya Kuala Lumpur, Bangkok, Kairo, Buenos

Aires dan Manila. Di semua kota ini, angkutan bus (moda jalan) sudah diabaikan (Wright dan Fjellstrom, 2002).

Di Indonesia, perdebatan dalam menentukan angkutan umum perkotaan, apakah berbasis jalan atau rel, terjadi hampir di semua kota yang akan mengembangkan sistem angkutan umum. Bahkan, Kota Jakarta pernah menghentikan pembangunan transportasi massal berbasis rel walaupun sudah terbangun tiang-tiang pondasi jalurnya karena perbedaan pilihan tersebut. Hensher and Waters (1994) menekankan pentingnya analisis mendalam dengan mengukur manfaat dan biaya dari masing-masing tipe angkutan umum. Mackett dan Edwards (1998) juga menyatakan bahwa proses pengambilan keputusan untuk tipe sistem angkutan memerlukan struktur rasional yang sangat mendetail. Menurut Wright dan Fjellstrom (2002), pemilihan sistem transportasi perkotaan haruslah berdasarkan berbagai pertimbangan dimana performansi dan biaya pembangunan merupakan hal yang terpenting. Sedangkan Vuchic (2005) menyatakan bahwa pemilihan bus dan sistem kereta api tergantung pada permintaan penumpang dan biaya tenaga kerja. Bruun (2005) membandingkan kisaran biaya operasi untuk LRT dan BRT di Dallas, Amerika Serikat. Namun, belum ada penelitian yang membandingkan biaya pembangunan per km-trayek transportasi perkotaan yang lebih lengkap seperti yang diteliti dalam artikel ini yaitu mass rapid transit (MRT), light rapid transit (LRT), bus rapid transit (BRT) dan Automated-rail Rapid Transit (ART) di beberapa kota dunia.

Metodologi

Data untuk analisis ini digunakan dalam beberapa tahap. Pada tahap pertama, data sistem transportasi massal perkotaan dikumpulkan dari studi literatur tentang biaya proyek. Pada tahap kedua, dipilih jenis proyek yang terdiri dari mass rapid transit (MRT), light rapid transit (LRT), bus rapid transit (BRT) dan Automated-rail Rapid Transit (ART) di beberapa kota dunia.

Asumsi yang digunakan pada biaya unit modal untuk perbandingan dan tujuan *benchmarking* karena perbedaan waktu dan tempat /negara pembangunan akan mempengaruhi biaya konstruksi, yaitu:

1. Biaya dibandingkan untuk sistem serupa yaitu transportasi perkotaan untuk semua kondisi, baik melewati terowongan (tunnel), layang (elevated) dan di permukaan tanah (at-grade).

2. Biaya dinyatakan dalam harga (riil) konstan, menggunakan indeks biaya konstruksi (*construction cost index*) (Flyvbjerg et al, 2008) sampai ke tahun yang sama.
3. Biaya yang didapat dalam bentuk mata uang USD diubah ke dalam mata uang rupiah (IDR), dengan menerapkan nilai tukar yang sesuai (1 USD = IDR 14.000).

Dalam (2) dan (3) di atas, data biaya yang diperoleh dengan baseline 2002 kemudian dimutakhirkan menjadi 2019 dengan menggunakan indeks biaya konstruksi (OECD, 1997 dan www.ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:EU27_Construction_prices_and_costs_2005_-_2020). Akhirnya nilai tukar rata-rata tahun 2019 digunakan untuk mengkonversi nilainya dari USD menjadi IDR.

Hasil dan Pembahasan

Pemilihan sistem transportasi perkotaan haruslah berdasarkan berbagai pertimbangan dimana performansi dan biaya merupakan hal yang terpenting (Wright dan Fjellstrom, 2002). Performansi yaitu aspek teknis yang dirinci menjadi kapasitas penumpang per jam per arah (pphpd), kecepatan operasional, karakteristik jalur, masa perencanaan, dan jarak antar halte.

MRT memiliki kapasitas terbesar yaitu mencapai 67.500 penumpang per jam per arah. Namun masa perencanaan hingga operasional cukup lama yaitu diatas 3 tahun. Sedangkan system BRT sangat fleksibel bisa melayani kapasitas kecil hingga medium (35.000 penumpang), yang melebihi kapasitas LRT dengan masa perencanaan yang cukup singkat yaitu kurang dari 18 bulan.

Selanjutnya dilakukan perbandingan dari aspek biaya, yang merupakan biaya pembangunan (*construction cost*) system transportasi tersebut. Tabel 1 menggambarkan biaya konstruksi per kilometer sistem mass rapid transit (MRT) yang bervariasi secara signifikan dari proyek ke proyek, di sini biaya unit terendah adalah Jakarta MRT Phase 1 dan yang tertinggi London Jubilee Line Extension.

Tabel 2 menunjukkan biaya konstruksi per kilometer sistem Light Rail Transit (LRT) yang bervariasi secara signifikan dari proyek ke proyek, biaya unit terendah adalah LRT Palembang dan yang tertinggi LRT Jakarta.

Tabel 3 menunjukkan biaya konstruksi per kilometer sistem bus rapid transit (BRT) yang

bervariasi secara signifikan dari proyek ke proyek, biaya unit terendah adalah BRT Jakarta dan yang tertinggi BRT Quito.

Tabel 4 menunjukkan biaya konstruksi per kilometer sistem Autonomous-rail rapid transit (ART) yang baru dikembangkan di China.

Dari hasil perbandingan biaya pembangunan di 20 proyek dari 4 jenis sistem transportasi perkotaan dan 2 moda transportasi diketahui *range* yang variatif sebagai berikut:

- Sistem BRT: IDR 10-194 Milyar/km
- Sistem ART: IDR 63-124 Milyar/km
- Sistem LRT: IDR 0,5-1 Triliun/km
- Sistem MRT: IDR 1-6 Triliun/km

Breakdown Biaya Pembangunan

Faktor utama yang menjelaskan perbedaan biaya antar proyek adalah biaya dan kompleksitas pembangunan jalur/track (pembangunan koridor, termasuk pengadaan lahan jika diperlukan). Biayanya bisa berbeda 20 kali lipat (2000 %) antara koridor yang dibangun di permukaan tanah (*at-grade*) dan tanpa pembebasan lahan, dengan koridor yang dibangun di bawah tanah (*underground*) dalam kondisi perkotaan yang memerlukan pembebasan lahan. Faktor selanjutnya adalah apakah stasiun berada di bawah tanah, di atas tanah/layang, atau di permukaan tanah (Halcrow Fox, 2000). Dalam studi Bank Dunia, faktor-faktor lain berdampak besar pada biaya trayek-kilometer yaitu kualitas manajemen, baik itu membangun sistem baru atau memperpanjang koridor yang sudah ada dan pengalihan utilitas, hambatan lingkungan dan persyaratan keselamatan (BB&J Consult, 2000). Dalam studi yang dilakukan oleh BB&J Consult (2000), dianalisis perbedaan biaya yang substansial antara pembangunan MRT Madrid ekstension dengan pembangunan MRT ekstension di Mexico City, Santiago dan Caracas. Dari perbedaan itu, diketahui MRT Madrid lebih murah karena hal-hal sebagai berikut:

1. Penyebab umum diantaranya komitmen politik yang kuat, pengalaman tim manajemen proyek yang tinggi dan penentuan tender yang tidak berbasis harga terendah. Dari hal-hal tersebut, biaya bisa ditekan hingga 15-20 juta US\$/km.
2. Penyebab khusus yang berhubungan dengan pekerjaan sipil antara lain penggunaan twin track single tunnel dan Earth Pressure Boring Method (EPBM), supervisi geoteknik yang handal, monitoring dan standardisasi desain

Tabel 1. Biaya Konstruksi MRT per trayek-km

Nama Proyek (Kota)	Length (km)	Vertical Segregation			Cost/km (US\$million) 2002	Cost/km (US\$million) 2019	Cost/km (IDR million) 2019
		At ground	Elevated	Tunnel			
Copenhagen Metro	21		52%	48%	69.8	94.23	1,319,220
London Jubilee Line Extension	16	22%		78%	329.9	445.37	6,235,110
Turin Metro Phase 1	9.6			100%	71.7	96.80	1,355,130
Marseille Lines 1-2	19.6	8%	12%	80%	59.1	79.79	1,116,990
Washington DC Metro	97.3	NA	NA	57%	114.3	154.31	2,160,270
Atlanta MARTA	43.1	NA	NA	42%	88	118.80	1,663,200
Singapore	67	NA	NA	30%	54.5	73.58	1,030,050
Seoul	116.5	NA	NA	80%	65.8	88.83	1,243,620
Jakarta MRT Phase 1	15.7		62.50%	37.50%			1,019,108

Sumber: (Flyvbjerg et al, 2008), (Danisworo dan Latief, 2019), (Luthfi Parinduri, 2019) dan (Hasil Analisis, 2021)

Tabel 2. Biaya Konstruksi LRT per trayek-km

Nama Proyek (Kota)	Length (km)	Vertical Segregation			Cost/km (US\$million) 2002	Cost/km (US\$million) 2019	Cost/km (IDR million) 2019
		At ground	Elevated	Tunnel			
LRT Jabodebek	44.4		100%				673,000
LRT Jakarta	5.8		100%				1,000,000
LRT Palembang	23.4		100%				484,000
LRT Kuala Lumpur	46	-	-	-	50	67.50	945,000
LRT Manila	33	-	-	-	50	67.50	945,000

Sumber: (Wright dan Fjellstrom, 2002), (www.bumn.info) dan (Hasil Analisis, 2021)

Tabel 3. Biaya Konstruksi BRT per trayek-km

Nama Proyek (Kota)	Length (km)	Vertical Segregation			Cost/km (US\$million) 2002	Cost/km (US\$million) 2019	Cost/km (IDR million) 2019
		At ground	Elevated	Tunnel			
BRT Quito (Bus Listrik)	16	100%			10.3	13.91	194,670
BRT Bogota Trans Milenio	41	100%			5.3	7.16	100,170
BRT Porto Alegre	25	100%			1	1.35	18,900
BRT Trans Jakarta	251.2	100%				1.20	10,000

Tabel 4. Biaya Konstruksi ART per trayek-km

Nama Proyek (Kota)	Length (km)	Vertical Segregation			Cost/km (US\$million) 2002	Cost/km (US\$million) 2019	Cost/km (IDR million) 2019
		At ground	Elevated	Tunnel			
ART Zhuzhou China	3.1	100%				4.52	63,280
ART Yibin China	17.7	100%				8.9	124,600

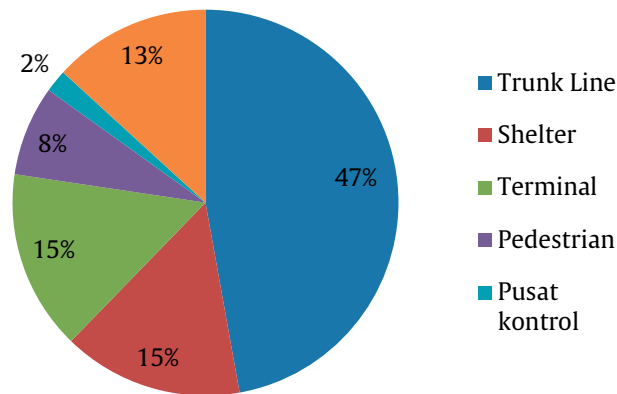
Sumber: www.xinhuanet.com dan www.ecns.cn

stasiun. Dari hal-hal tersebut, biaya bisa ditekan hingga 10 juta US\$/km.

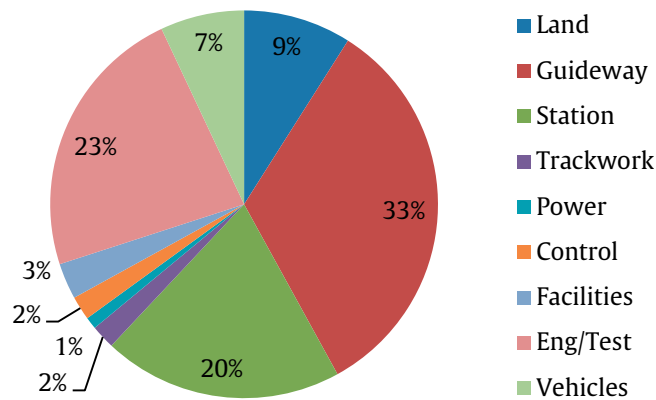
- Pengurangan biaya khusus pada peralatan seperti peniadaan Air Conditioner (AC) di stasiun, pembatasan alat uninterrupted power

supply systems (UPS). Dari hal-hal tersebut, biaya dapat dihemat hingga 10 juta US\$/km.

- Pengurangan biaya khusus pada desain, supervisi dan manajemen dapat menghemat biaya antara 1-5 juta US\$/km.



Gambar 1. Grafik Persentase Komponen Biaya Pembangunan BRT (Wright dan Fjellstrom, 2002)



Gambar 2. Grafik Persentase Komponen Biaya Pembangunan MRT (Flyvbjerg et al, 2008)

Tabel 5. Perkiraan biaya pembangunan stasiun MRT

Lokasi	Biaya pembangunan dalam juta US\$ (2000)	Rasio
Stasiun bawah tanah	60-180	4-6
Stasiun melayang	30-75	2-2,5
Stasiun permukaan tanah	15-30	1

Sumber: Halcrow Fox (2000)

Gambar 1. dan 2. menunjukkan persentase komponen biaya pembangunan bus rapid transit (BRT) dan mass rapid transit (MRT).

Fasilitas Alih moda (Stasiun/Terminal/Shelter)

Menurut Halcrow Fox (2000) seperti yang terlihat pada Tabel 5 menunjukkan biaya pembangunan stasiun bawah tanah dari kereta bawah tanah baru adalah 4 sampai 6 kali lebih tinggi, dan Biaya pembangunan stasiun melayang (*elevated*) 2 hingga 2,5 kali lebih tinggi daripada biaya pembangunan stasiun permukaan tanah (*at-grade*).

Sementara, Pickrell (1985), dalam salah satu studinya yang ditujukan pada Tabel 6 tentang biaya konstruksi, memperkirakan biaya untuk stasiun bawah tanah sebesar US\$ 40 juta, stasiun layang US\$ 23 juta dan *at-grade* sebesar US\$ 10 juta (basis 1983). Bagaimanapun, bahwa studi tersebut dilakukan pada tahun 1983 dan mengambil lokasi hanya di Amerika Utara namun seperti perkiraan biaya pembangunan lainnya, angka-angka ini menunjukkan variabilitas yang besar. Pickrell (1985) menyebutkan bahwa biaya stasiun memiliki porsi 25-29% dari keseluruhan biaya proyek. Selain itu, stasiun layang lebih dari dua kali

Tabel 6. Perkiraan biaya pembangunan stasiun MRT

Lokasi	Biaya pembangunan dalam juta US\$ (1983)
Stasiun bawah tanah	40
Stasiun melayang	23
Stasiun permukaan tanah	10

Sumber: Pickrell (1985)

lebih mahal dari stasiun permukaan tanah, dan stasiun bawah tanah sekitar empat kali lebih mahal dari stasiun permukaan tanah.

Sedangkan Gambar 2. menunjukkan bahwa pembangunan stasiun memiliki porsi 20% dari total biaya pembangunan. Sementara untuk sistem BRT yang ditunjukkan oleh Gambar 1., biaya pembangunan fasilitas alih moda yaitu terminal dan shelter bus berkontribusi secara kumulatif sebesar 30 % dari total biaya pembangunan.

Kesimpulan

Biaya pembangunan sistem transportasi perkotaan per km-trayek sangat bervariasi antar kota, antar moda dan antar jenis transportasi yang dipengaruhi oleh faktor utama yaitu kompleksitas pembangunan jalur/track dan fasilitas alih moda (stasiun/terminal/shelter) apakah berada di bawah tanah, di atas tanah/layang, atau di permukaan tanah yang keduanya berkontribusi sebesar 63-77% terhadap total biaya pembangunan. Perbedaan biaya pembangunan antara moda jalan (BRT dan ART) dan moda rel (LRT dan MRT) sangat besar dengan kisaran 1:10, sehingga untuk kota-kota yang memiliki keterbatasan finansial maka moda jalan adalah pilihan transportasi perkotaan yang paling rasional. Sistem transportasi perkotaan ART memiliki potensi untuk dikembangkan di masa depan karena biaya pembangunannya yang hampir sama dengan BRT dengan kapasitas yang lebih besar. Namun saat ini informasi tentang ART sangat terbatas, sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan di waktu yang akan datang.

Daftar Pustaka

- Andryanda, Rurry. "Analisis Biaya-Manfaat Terhadap Transportasi TransJakarta/Busway". *Jurnal Ilmiah Niagara* Vol. VII, No.2, 2014: 70-80.
- Bruun, Eric. *Bus Rapid Transit and Light Rail: Comparing Operating Costs with a Parametric Cost Model. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2005: 11-21.
- BB&J Consult. 2000. *The World Bank Group Urban Transport Strategy Review: Implementation*

of Rapid Transit. Final Report, World Bank, Washington, DC

Danisworo, Barru dan Latief, Yusuf. "Estimation Model of Jakarta MRT phase 1 project cost overrun for the risk based next phase project funding purpose". *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, 1-15.

Flyvbjerg, Bent. Bruzelius, Nils and Van Wee, Bert. "Comparison of Capital Costs per Route-Kilometre in Urban Rail". *European Journal of Transport and Infrastructure Research* Vol. 8, No.1, 2008:17-30

Halcrow Fox (2000). *World Bank Urban Transport Strategy Review: Mass Rapid Transit in Developing Countries*. Final Report, World Bank, Washington, DC.

Hensher, David A. and Waters II W.G.. "Light Rail and Bus Priority Systems: Choice or Blind Commitment?". In *Toronto Third International Conference on Competition and Ownership in Surface Passenger Transport*, 1994, 39-54.

Mackett, Roger L., and Edwards, Marion, "The Impact of New Urban Public Transport Systems: Will The Expectations be Met?". *Transportation Research A* Vol. 32, No.4, May 1998:231-245.

OECD (1997). *Construction Price Index. Sources and Methods*. OECD – Eurostat, Paris.

Parinduri, Luthfi. "Penetapan Tarif Bersubsidi Penumpang Moda Raya Terpadu Jakarta Phase I". *Semnastek UISU*, 2019, 21-26.

Pickrell, D. *Estimates of Rail Transit Construction Costs. Transportation Research Record*, 1985. No. 1006.

Vuchic, V.R. 2005. *Urban Transit: Operations, Planning, and Economics*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.

Wright, Lloyd dan Fjellstrom, Karl. 2002. *Opsi Angkutan Massal*. Institut for Transportation and Development Policy dan GTZ.

<http://www.ecns.cn/cns-wire/2019-12-05/detail-ifzrnvym4352012.shtml> diakses pada 7 November 2020.

http://www.xinhuanet.com/english/2017-10/24/c_136702282.htm diakses pada 7 November 2020.

<https://www.bumn.info/info-utama/dari-tantangan-hingga-biaya-proyek-lrt-jabodebek> diakses pada 9 November 2020.

www.ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:EU-27_Construction_prices_and_costs_2005_-_2020 diakses pada 9 November 2020.