ISSN : 2302 –2205
E-ISSN : 2808 -7321

JTIN Jurnal Teknik Industri
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarama, Jakarta

EVALUASI KELAYAKAN INVESTASI ANTARA BUS LISTRIK DAN BUS KONVENSIONAL DI PT. SYM

DESGAWAN DZIKRI PRADANA, HARI MOEKTIWIBOWO DAN **INDRAMAWAN**
Program Studi Teknik Industri, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta.
Email korespondensi: guner171221005@gmail.com, *harimoekti@gmail.com, indramwn@gmail.com*

ABSTRAK

Pertumbuhan pesat dalam sektor transportasi menuntut pengembangan moda alternatif yang lebih efisien serta ramah lingkungan. PT. SYM sebagai perusahaan penyedia layanan transportasi menghadapi tantangan penting dalam menentukan arah investasi strategis antara penggunaan bus listrik atau bus konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kelayakan investasi kedua jenis bus dengan menggunakan pendekatan ekonomi teknik selama periode tujuh tahun.

Analisis dilakukan berdasarkan empat indikator utama, yaitu Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Payback Period, dan Benefit Cost Ratio (BCR).

Hasil studi menunjukkan bahwa bus konvensional memiliki NPV dan IRR yang lebih tinggi, di mana IRR mencapai 42% dan periode pengembalian (Payback Period) selama 2,62 tahun. Sebaliknya, bus listrik menunjukkan IRR yang lebih rendah dengan periode pengembalian selama 4,85 tahun. Nilai BCR untuk bus konvensional tercatat sebesar 1,93, sedangkan bus listrik memiliki nilai 1,64. Walaupun investasi awal bus listrik lebih besar, biaya operasional dan pemeliharaannya lebih rendah dibandingkan bus konvensional. Kesimpulan dari penelitian ini menyatakan bahwa kedua jenis bus secara finansial layak dijalankan karena waktu pengembaliannya masih dalam batas yang dapat diterima. PT. SYM dapat mempertimbangkan penggunaan bus listrik untuk meningkatkan efisiensi operasional sekaligus berkontribusi pada sistem transportasi yang berkelanjutan.

Kata kunci *: Bus listrik, bus konvensional, kelayakan investasi, NPV, IRR, Payback Period, Benefit Cost Ratio.*

1. PENDAHULUAN

Sistem transportasi umum memainkan peran penting dalam memenuhi kebutuhan mobilitas komunitas perkotaan. Transportasi tradisional, yang terutama menggunakan bahan bakar fosil, memiliki dampak besar pada kualitas udara dan emisi gas rumah kaca. Seiring dengan meningkatnya kesadaran akan dampak lingkungan dari emisi karbon, banyak kota besar di seluruh dunia mulai beralih ke solusi transportasi yang lebih bersih. Penggunaan bus listrik menawarkan beberapa keunggulan dibandingkan bus konvensional terutama dari rendahnya emisi dan kebisingan suara.

Meskipun demikian, peralihan dari bus konvensional ke bus listrik juga menghadapi berbagai tantangan. Biaya investasi yang tinggi di awal antara lain pembangunan infrastruktur pengisian daya dan harga bus listrik yang lebih tinggi dibandingkan bus konvensional Situasi ini menjadi tantangan bagi pemerintah daerah maupun penyedia layanan transportasi. Oleh karena itu, pembuat kebijakan perlu melakukan analisis mendalam terhadap biaya investasi dan operasional dari kedua jenis bus guna mendukung pengambilan keputusan yang optimal dalam perencanaan sistem transportasi umum.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kelayakan investasi serta biaya operasional antara bus diesel dan bus listrik di PT. SYM, dengan menerapkan pendekatan

ISSN : 2302 –2205
E-ISSN : 2808 -7321
JTIN Jurnal Teknik Industri
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarama, Jakarta

ekonomi teknik sebagai dasar evaluasi. Dengan memahami perbedaan biaya dari kedua opsi tersebut, diharapkan studi ini dapat memberikan kontribusi berupa rekomendasi yang berguna bagi para pemangku kepentingan dan penyelenggara transportasi dalam memilih solusi transportasi yang paling efisien dan ramah lingkungan.

2. METODE

Ekonomi Teknik

Ekonomi teknik merupakan cabang ilmu yang menggabungkan prinsip-prinsip ekonomi dalam analisis teknik guna mendukung pengambilan keputusan berbasis data kuantitatif. Tools yang terdapat dalam ekonomi teknik digunakan untuk menilai kelayakan ekonomi dari berbagai pilihan atau investasi dengan memperhitungkan faktor-faktor : biaya, manfaat, nilai waktu dari uang, serta tingkat risiko (Park, 2011).

Dalam analisis perbandingan biaya, kita dapat memanfaatkan ekonomi teknik untuk menilai dan membandingkan berbagai alternatif dari total biaya dan manfaat sepanjang siklus hidup proyek atau produk.

Net Present Value (NPV)

Net *Present Value (NPV)* merupakan teknik penilaian investasi yang digunakan untuk menilai apakah suatu proyek layak dijalankan dengan menghitung selisih antara nilai kini dari arus kas yang diterima dan nilai kini dari arus kas yang dikeluarkan selama masa proyek berlangsung.

Metode ini memperhitungkan konsep nilai waktu uang (*time value of money*), yaitu bahwa uang yang diterima saat ini memiliki nilai lebih besar dibandingkan dengan uang yang diperoleh di masa mendatang karena potensi pengembangan melalui investasi serta pengaruh inflasi.

Jika NPV bernilai positif (NPV > 0), maka proyek dianggap layak karena memberikan keuntungan. Jika NPV negatif (NPV < 0), maka proyek dianggap tidak layak karena menghasilkan kerugian. Jika NPV = 0, maka proyek berada dalam kondisi impas (*break-even*), di mana pendapatan sama dengan biaya yang dikeluarkan. NPV dihitung dengan rumus :

$$NPV \frac{C_t}{(1+r)^t} - C_0$$

C_t = Arus kas bersih periode ke-t
r = *discount rate*
t = Periode tertentu
C_0 = Investasi awal

Jika menggunakan software microsoft excel dapat menggunakan rumus = *NPV (nilai discount rate*; total semua pendapatan bersih) + nilai investasi.

Internal Rate of Return (IRR)

Internal Rate of Return (IRR) adalah metode evaluasi investasi untuk menilai kelayakan sebuah proyek atau investasi dengan memperhitungkan kemampuan pengembalian yang dihasilkan dari arus kas proyek. IRR adalah tingkat diskonto yang menjadikan nilai bersih sekarang (*Net Present Value*/NPV) dari seluruh arus kas menjadi nol. Dengan demikian, IRR mencerminkan tingkat pengembalian tertinggi yang dapat dicapai dari suatu investasi tanpa menimbulkan kerugian.

Menurut Damodaran (2019), IRR adalah indikator penting dalam pengambilan keputusan investasi karena memberikan gambaran tentang tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan oleh investasi dibandingkan dengan biaya modal (*cost of capital*). Jika IRR lebih besar daripada biaya modal, maka proyek dianggap layak untuk dijalankan. IRR dihitung dengan menggunakan rumus *Net Present Value* (NPV), yaitu :

ISSN : 2302 –2205
E-ISSN : 2808 -7321
JTIN Jurnal Teknik Industri
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarama, Jakarta

$$NPV = \frac{Ct}{(1+IRR)^t} - C_0 = 0$$

Keterangan:

C_t = Arus kas bersih periode ke-t
IRR = *Internal rate of return* yang dicari
t = Periode tertentu
C_0 = Investasi awal

IRR merupakan nilai yang membuat NPV bernilai 0 (nol). Nilai IRR biasanya dicari melalui proses hitung manual dengan rumus atau menggunakan software dengan rumus = IRR (total cost + total investasi).

Setelah melakukan perhitungan pada rumus di atas selanjutnya mencari tingkat diskonto yang menghasilkan NPV positif dan Negatif, dan terakhir hitung dengan menggunakan rumus interpolasi linier untuk memperkirakan nilai IRR, rumus interpolasi linier untuk IRR adalah :

$$NPV = R_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} X(R_2 - R_1)$$

Keterangan:

R_1 = Tingkat diskonto ke-1 yang menghasilkan NPV_1 (positif)
R_2 = Tingkat diskonto ke-1 yang menghasilkan NPV_2 (negatif)
NPV_1 = Nilai NPV pada tingkat diskonto R_1
NPV_2 = Nilai NPV pada tingkat diskonto R_2

Payback Period (PBP)

Sebagai salah satu metode analisis investasi yang digunakan untuk menghitung waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan modal awal dari arus kas bersih yang dibuat oleh proyek atau investasi. Waktu Pemulihan (PBP) mengukur periode waktu sampai total arus kas terakumulasi setara dengan jumlah investasi awal. Brigham dan Ehrhardt (2021) menunjukkan bahwa metode ini adalah alat sederhana untuk menilai tingkat risiko suatu proyek. Semakin pendek waktu pengembalian, semakin rendah risiko investasi, karena jumlah investasi dapat segera dipulihkan.

Rumus *Payback Period* (PBP) untuk arus kas tetap setiap periode :

$$PBP = \frac{Investasi\ Awal}{Arus\ Kas\ Tahunan\ Bersih}$$

Rumus PBP untuk arus kas tidak tetap (bervariasi tiap tahun) :

$$PBP = t + \frac{C_{\ sisa\ investasi\ yang\ harus\ dikembalikan}}{C_{tahun\ berikutnya}}$$

Keterangan:

t = Tahun terakhir dengan nilai arus kumulatif sebelum investasi awal tercapai
$C_{sisa\ investasi}$ = Sisa investasi yang harus dikembalikan
$C_{kumulatif}$ = Total arus kas kumulatif hingga tahun t
$C_{tahun\ \text{berikutnya}}$= Arus kas pada tahun setelah t

ISSN : 2302 –2205
E-ISSN : 2808 -7321
JTIN Jurnal Teknik Industri
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarama, Jakarta

Benefit-Cost Ratio (BCR)

Manfaat BCR adalah salah satu metode analisis kelayakan investasi yang digunakan untuk mengevaluasi, terlepas dari apakah proyek atau investasi sesuai, dengan membandingkan manfaat yang diharapkan dengan biaya. BCR mengukur efisiensi atau profitabilitas proyek dengan menghitung rasio manfaat biaya bersih dalam bentuk nilai tunai (nilai standar).

Menurut Brealey, Myers dan Allen (2020), BCR adalah salah satu indikator terpenting yang digunakan dalam menganalisis biaya, terutama dalam proyek publik atau proyek yang berisi pertimbangan ekonomi dan sosial. Jika nilai BCR lebih besar dari 1, proyek dianggap dapat dieksekusi karena keuntungan melebihi biaya.

Secara matematis, BCR diformulasikan sebagai berikut :

$$BCR = \frac{Present\ Value\ of\ Benefit\ (PV\ Benefit)}{Present\ Value\ of\ Cost\ (PV\ Cost)}$$

Keterangan :

t = Tahun terakhir dengan nilai arus kumulatif sebelum investasi awal tercapai
$C_{investasi}$ = Total investasi awal
$C_{kumulatif}$ = Total arus kas kumulatif hingga tahun t
$C_{tahun\ berikutnya}$= Arus kas pada tahun setelah t
Nilai *PV* dihitung dengan rumus:

$$PV = \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

Keterangan :

C_t = Manfaat atau biaya pada tahun ke-t
r = Tingkat diskonto (*discount rate*)
t = Tahun ke-t
n = Periode waktu proyek

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Net Present Value (NPV) adalah metode penilaian investasi di mana nilai arus kas masa depan ditentukan dengan membahas tingkat diskonto yang sesuai. NPV membantu Anda mengevaluasi, apakah investasi Anda menguntungkan atau tidak karena nilai NPV saat ini. NPV mempunyai rumus :

$$NPV = \frac{Ct}{(1+r)^t} - C_0$$

Keterangan :
C_t = Arus kas bersih periode ke-t
r = Tingkat diskonto / *discount rate*
t = Periode tertentu
C_0 = Investasi awal

Sehingga nilai NPV dari bus konvensional dan bus listrik adalah :

ISSN : 2302 –2205
E-ISSN : 2808 -7321
JTIN Jurnal Teknik Industri
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarama, Jakarta

NPV bus konvensional

$$NPV = \frac{18.915.875.611}{(1+0,1)^1} + \frac{19.309.921.077}{(1+0,1)^2} + \frac{19.499.415.082}{(1+0,1)^3} + \frac{19.881.764.317}{(1+0,1)^4} + \frac{19.421.997.583}{(1+0,1)^5} + \frac{19.848.224.025}{(1+0,1)^6} + \frac{20.061.984.469}{(1+0,1)^7} - 42.287.190.000$$

Tabel 1 Perhitungan NPV Bus Konvensional

Tahun	Net cash	Discount Rate 10%	PV
1	18.915.875.611	0,9091	17.196.250.556
2	19.309.921.077	0,8264	15.958.612.461
3	19.499.415.082	0,7513	14.650.199.160
4	19.881.764.317	0,6830	13.579.512.545
5	19.421.997.583	0,6209	12.059.532.436
6	19.848.224.025	0,5645	11.203.805.020
7	20.061.984.469	0,5132	10.294.970.198

Untuk nilai NPV Bus Lisrik adalah seperti tabel 2 :

NPV Bus Listrik

$$NPV = \frac{29.118.246.984}{(1+0,1)^1} + \frac{29.511.930.643}{(1+0,1)^2} + \frac{29.991.035.930}{(1+0,1)^3} + \frac{30.604.866.103}{(1+0,1)^4} + \frac{29.873.089.199}{(1+0,1)^5} + \frac{30.518.397.299}{(1+0,1)^6} + \frac{31.178.406.761}{(1+0,1)^7} - 110.000.000.000$$

Tabel 2 Perhitungan NPV Bus Listrik

Tahun	Net cash	Discount Rate 6%	PV
1	29.118.246.984	0,9091	26.471.133.622
2	29.511.930.643	0,8264	24.390.025.325
3	29.991.035.930	0,7513	22.532.709.189
4	30.604.866.103	0,6830	20.903.535.348
5	29.873.089.199	0,6209	18.548.838.069
6	30.518.397.299	0,5645	17.226.839.662
7	31.178.406.761	0,5132	15.999.452.543

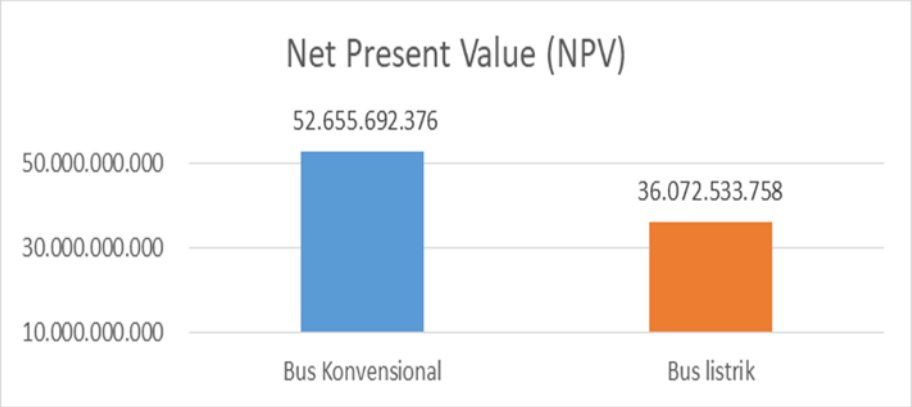
$$NPV = 94.942.882.376 - 42.287.190.000 = 52.655.692.376$$

NPV > 0 dengan berarti usaha ini layak untuk dilanjutkan.

Sehingga dapat dihasilkan untuk nilai

$$NPV = 146.072.533.758 - 110.000.000.000$$
$$= 36.072.533.758$$

ISSN : 2302 –2205
E-ISSN : 2808 -7321
JTIN Jurnal Teknik Industri
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarama, Jakarta



Gambar 1 Pebandingan NPV Bus Konvensional dan Bus Listrik

Internal Rate of Return (IRR) adalah tingkat diskonto yang membuat *Net Present Value* (NPV) dari arus kas suatu proyek sama dengan nol. Dengan kata lain, IRR adalah tingkat pengembalian yang dihasilkan oleh suatu proyek atau investasi. IRR digunakan sebagai indikator kelayakan investasi :
Jika IRR > tingkat diskonto (misalnya biaya modal atau WACC), maka proyek layak untuk dijalankan. Jika IRR < tingkat diskonto, maka proyek tidak layak.

IRR mempunyai persamaan :

$$NPV = \frac{Ct}{(1+IRR)^t} - C_0 = 0$$

Keterangan:
Ct = Arus kas bersih periode ke-t
IRR = *Internal rate of return* yang dicari
t = Periode tertentu
C_0 = Investasi awal

IRR untuk bus konvensinal

- **Menghitung dengan r = 10 %**

$$NPV = \frac{10.458.437.611}{(1+0,1)^1} + \frac{10.852.483.077}{(1+0,1)^2} + \frac{11.041.977.082}{(1+0,1)^3} + \frac{11.424.326.317}{(1+0,1)^4} + \frac{10.964.559.\mathbf{583}}{(1+0,1)^5} + \frac{19.848.224.025}{(1+0,1)^6} + \frac{20.061.984.469}{(1+0,1)^7} - 42.287.190.000 = 52.655.692.376$$

- **Menghitung dengan r = 42 %**

$$NPV = \frac{10.458.437.611}{(1+0,42)^1} + \frac{10.852.483.077}{(1+0,42)^2} + \frac{11.041.977.082}{(1+0,42)^3} + \frac{11.424.326.317}{(1+0,42)^4} + \frac{10.964.559.\mathbf{583}}{(1+0,42)^5} + \frac{19.848.224.025}{(1+0,42)^6} + \frac{20.061.984.469}{(1+0,42)^7} - 42.287.190.000 = -181.420.264$$

Interpolasi untuk menghitung IRR

$$NPV = R_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} X(R_2 - R_1)$$

Keterangan:

ISSN : 2302 –2205
E-ISSN : 2808 -7321
JTIN Jurnal Teknik Industri
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarama, Jakarta

R_1 = Tingkat diskonto ke-1 yang menghasilkan NPV_1 (positif)
R_2 = Tingkat diskonto ke-1 yang menghasilkan NPV2 (negatif)
NPV_1 = Nilai NPV pada tingkat diskonto R_1
NPV_2 = Nilai NPV pada tingkat diskonto R_2

$$IRR = 10\% + \frac{52.655.692.376}{(52.655.692.376+181.420.264)} \text{X } 42\% - 10\%$$

$$IRR = 10\% + \frac{52.655.692.376}{52.837.112.639} \text{X} 32\%$$

$$IRR = 10\% + 31{,}9\%$$

IRR ≈ 41,9%

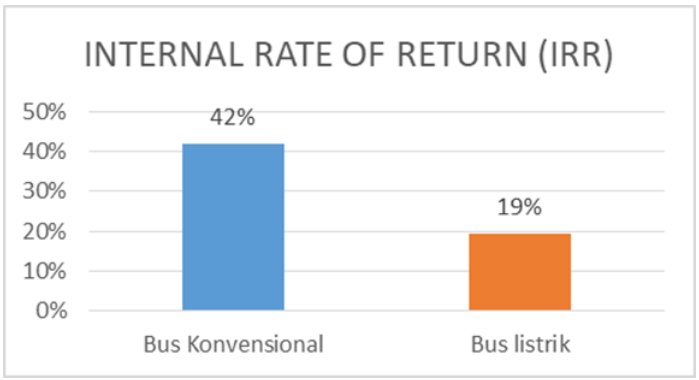
IRR untuk bus listrk

- **Menghitung dengan r = 10 %**

$$NPV = \frac{29.118.246.984}{(1+0{,}1)^1} + \frac{29.511.930.643}{(1+0{,}1)^2} + \frac{29.991.035.930}{(1+0{,}1)^3} + \frac{30.604.866.103}{(1+0{,}1)^4} + \frac{29.873.089.199}{(1+0{,}1)^5} + \frac{30.518.397.299}{(1+0{,}1)^6} + \frac{31.178.406.761}{(1+0{,}1)^7} - 110.000.000.000 = 36.072.533.758$$

- **Menghitung dengan r = 20 %**

$$NPV = \frac{29.118.246.984}{(1+0{,}2)^1} + \frac{29.511.930.643}{(1+0{,}2)^2} + \frac{29.991.035.930}{(1+0{,}2)^3} + \frac{30.604.866.103}{(1+0{,}2)^4} + \frac{29.873.089.199}{(1+0{,}2)^5} + \frac{30.518.397.299}{(1+0{,}2)^6} + \frac{31.178.406.761}{(1+0{,}2)^7} - 110.000.000.000 = -2.197.988.012$$



Gambar 2 Pebandingan IRR Bus Konvensional dan Bus Listrik

Interpolasi untuk menghitung IRR

$$NPV = R_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} X(R_2 - R_1)$$

Keterangan:

R_1 = Tingkat diskonto ke-1 yang menghasilkan NPV_1 (positif)

R_2 = Tingkat diskonto ke-1 yang menghasilkan NPV2 (negatif)

NPV_1 = Nilai NPV pada tingkat diskonto R_1

NPV_2 = Nilai NPV pada tingkat diskonto R_2

ISSN : 2302 –2205
E-ISSN : 2808 -7321
JTIN Jurnal Teknik Industri
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarama, Jakarta

$$IRR = 10\% + \frac{36.072.533.758}{(36.072.533.758+2.197.988.012\ )} \text{X } 20\% - 10\%$$

$$IRR = 10\% + \frac{36.072.533.758}{22.102.525.225{,}79} \text{X} 10\%$$

$$IRR = 10\% + 9{,}4\%$$

IRR ≈ 19,4%

Payback Period (PBP) merupakan metode penilaian investasi yang digunakan untuk menentukan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan dana investasi awal melalui arus kas yang dihasilkan oleh suatu proyek. Investasi dianggap lebih menarik jika periode pengembaliannya lebih singkat, karena mencerminkan risiko yang lebih rendah.

Meskipun metode ini banyak digunakan dalam analisis kelayakan investasi karena kesederhanaannya dalam perhitungan dan pemahaman, PBP memiliki kelemahan karena tidak memperhitungkan nilai waktu uang (*time value of money*) maupun arus kas yang terjadi setelah periode pengembalian berakhir. *Payback period* arus kas tidak tetap mempunyai rumus :

$$PBP = t + \frac{C\ sisa\ investasi\ yang\ harus\ dikembalikan}{C_{tahun\ berikutnya}}$$

Tabel 3 Perhitugan PBP Bus Konvensional

Tahun	Arus kas	Akumulasi kas
	- 42.287.190.000	- 42.287.190.000
1	17.196.250.556	- 25.090.939.444
2	15.958.612.461	- 9.132.326.984
3	14.650.199.160	5.517.872.177
4	13.579.512.545	19.097.384.722
5	12.059.532.436	31.156.917.158
6	11.203.805.020	42.360.722.178
7	10.294.970.198	52.655.692.376

Keterangan:

t = Tahun terakhir dengan nilai arus kumulatif sebelum investasi awal tercapai
$C_{sisa\ investasi}$ = Sisa investasi yang harus dikembalikan
$C_{kumulatif}$ = Total arus kas kumulatif hingga tahun t
$C_{tahun\ \text{berikutnya}}$ = Arus kas pada tahun setelah t

***Payback Period* Bus Konvensional :**

$$\boldsymbol{PBP = 2 + \frac{9.132.326.984}{14.650.199.160} = 2{,}62\ Tahun\ atau\ 2\ tahun\ 7{,}5\ bulan}$$

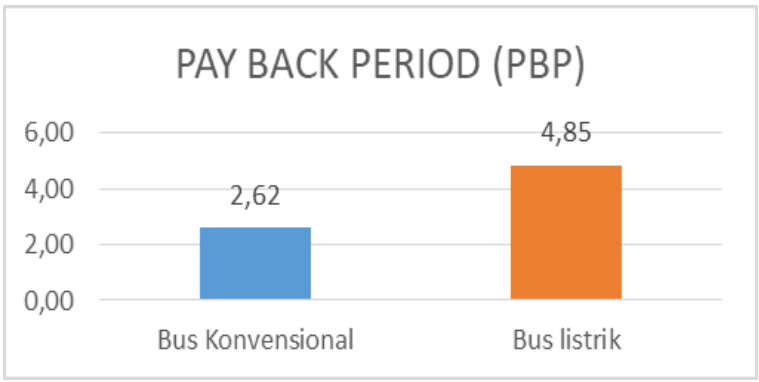
ISSN : 2302 –2205
E-ISSN : 2808 -7321
JTIN Jurnal Teknik Industri
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarama, Jakarta

Tabel 4 Perhitugan PBP Bus Listrik

Tahun	Arus kas	Akumulasi kas
	- 110.000.000.000	- 110.000.000.000
1	26.471.133.622	- 83.528.866.378
2	24.390.025.325	- 59.138.841.053
3	22.532.709.189	- 36.606.131.865
4	20.903.535.348	- 15.702.596.517
5	18.548.838.069	2.846.241.552
6	17.226.839.662	20.073.081.215
7	15.999.452.543	36.072.533.758

***Payback period* Bus Listrik :**

$$\boldsymbol{PBP = 4 + \frac{15.702.596.517}{18.548.838.069} = 4,85\ Tahun\ atau\ 4\ tahun\ 10,2\ bulan}$$



Gambar 3 Perbandingan PBP Bus Konvensional dan Bus Listrik

Benefit-Cost Ratio (BCR) merupakan salah satu metode dalam analisis investasi yang digunakan untuk mengevaluasi kelayakan suatu proyek dengan membandingkan total manfaat yang diperoleh dengan total biaya yang dikeluarkan. Proyek dianggap layak dilaksanakan apabila nilai BCR melebihi 1 (BCR > 1), karena menunjukkan bahwa manfaat yang dihasilkan melebihi biaya. Sebaliknya, jika BCR bernilai kurang dari 1, proyek dinilai tidak layak karena biaya yang dikeluarkan lebih besar daripada manfaat yang diterima.

Metode ini sering digunakan dalam analisis kelayakan ekonomi untuk proyek infrastruktur, transportasi, dan investasi publik lainnya karena memberikan gambaran seberapa besar manfaat yang diperoleh dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan. Rumus *benefit-cost ratio* (BCR) adalah :

$$BCR = \frac{\sum \frac{Bt}{(1+r^t)}}{\sum \frac{Ct}{(1+r^t)}}$$

Keterangan :

B_t = Manfaat atau keuntungan pada tahun ke-t

ISSN : 2302 –2205
E-ISSN : 2808 -7321
JTIN Jurnal Teknik Industri
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarama, Jakarta

C_t = Biaya atau pengeluaran pada tahun ke-t
r = Dicount rate
t = Tahun ke-t

Hasil perhitungan BCR selengkapnya pada tabel 5 dan tabel 6 berikut :

Tabel 5 Perhitugan BCR Bus Konvensional

Tahun	Benefit	Cost	DF 10,%	B	C
1	25.407.130.666	14.948.693.055	0,9091	23.097.391.514	13.589.720.959
2	25.944.266.758	15.091.783.680	0,8264	21.441.542.775	12.472.548.496
3	26.168.320.763	15.126.343.680	0,7513	19.660.646.704	11.364.645.891
4	26.528.884.493	15.104.558.176	0,6830	18.119.585.065	10.316.616.471
5	27.874.692.325	16.910.132.742	0,6209	17.307.990.839	10.499.861.995
6	28.290.156.706	8.441.932.680	0,5645	15.969.055.938	4.765.250.917
7	28.555.757.149	8.493.772.680	0,5132	14.653.618.603	4.358.648.405
Total BR dan CR				130.249.831.437	67.367.293.135

Tabel 6 Perhitugan BCR Bus Listrik

Tahun	Benefit	Cost	DF 10%	B	C
1	31.472.960.209	24.354.713.225	0,9091	28.611.782.008	22.140.648.386
2	31.932.974.068	24.421.043.425	0,8264	26.390.887.660	20.182.680.517
3	32.442.719.155	24.451.683.225	0,7513	24.374.695.083	18.370.911.514
4	33.091.573.538	24.486.707.435	0,6830	22.601.989.986	16.724.750.656
5	33.753.405.009	25.880.315.810	0,6209	20.958.208.896	16.069.639.934
6	34.428.473.109	3.910.075.810	0,5645	19.433.975.522	2.207.135.859
7	35.117.042.571	3.938.635.810	0,5132	18.020.595.484	2.021.142.941
Total BR dan CR				160.392.134.637	97.716.909.806

BCR Bus Konvensional :

$$BCR = \frac{130.249.831.437}{67.367.293.135} = 1{,}9$$

> 1 *layak dilanjutkan*

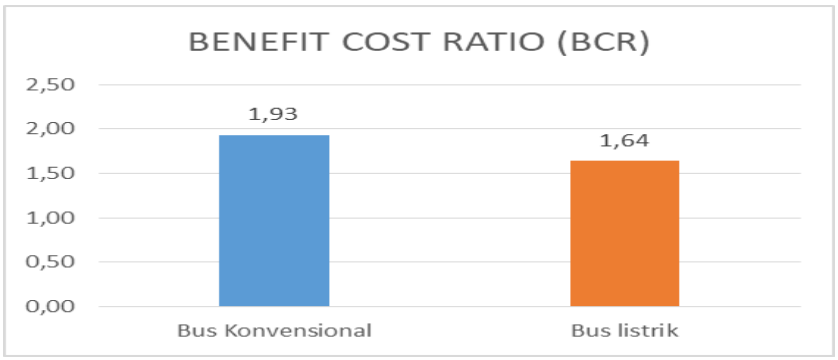
BCR Bus Listirk :

$$BCR = \frac{160.392.134.637}{97.716.909.806} = 1{,}64$$

> 1*layak dilanjutkan*

Dari tabel di atas maka dapat simpulkan bahwa perbandingan BCR antara bus

ISSN : 2302 –2205
E-ISSN : 2808 -7321
JTIN Jurnal Teknik Industri
Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarama, Jakarta



Gambar 4 Perbandingan BCR Bus Konvensional dan Bus Listrik

4. KESIMPULAN

Hasil analisis perbandingan kelayakan investasi antara bus diesel konvensional dan bus listrik menunjukkan bahwa kedua jenis bus memiliki kelebihan serta hambatan yang berbeda-beda. Hasil perhitungan indikator ekonomi teknik seperti *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Payback Period* (PBP), dan *Benefit-Cost Ratio* (BCR) menunjukkan bahwa:

a. Bus konvensional memiliki nilai *Net Present Value* (NPV) yang lebih besar yaitu 52.655.692.376 dibandingkan dengan bus listrik dengan nilai 36.072.533.758.
b. *Internal Rate of Return* (IRR) yang paling besar nilainya adalah pada bus konvensional dengan persentase 42% sedangkan bus listrik 19%.
c. *Payback Period* (PBP) yang paling singkat dari kedua bus adalah bus konvensional dengan waktu 2,62 tahun, dan bus listrik dengan waktu 4,85 tahun.
d. *Benefit-Cost Ratio* (BCR) yang tinggi adalah nilai pada bus konvensional dengan nilai ratio 1,93, untuk bus listrik mempunyai nilai ratio 1,64.

DAFTAR PUSTAKA

Banister, D. (2008). The Sustainable Mobility Paradigm. Transport Policy, 15(2), 73-80.

Blank, L., & Tarquin, A. (2011). Engineering Economy (7th ed.). McGraw-Hill.

Berk, J., & DeMarzo, P. (2020). Corporate Finance (5th ed.). Pearson.

Brealey, R. A., Myers, S. C., & Allen, F. (2020). Principles of Corporate Finance (13th ed.). McGraw-Hill Education.

Brigham, E. F., & Ehrhardt, M. C. (2021). Financial Management: Theory and Practice (16th ed.). Cengage Learning.

Candrianto, S. T., & M.Pd. (2019). Ekonomi Teknik. Bintang Pustaka Madani

Cervero, R. (1998). The Transit Metropolis: A Global Inquiry. Island Press.

Damodaran, A. (2019). Corporate Finance: Theory and Practice. Wiley.

Garrison, R. H., Noreen, E. W., & Brewer, P. C. (2021). Managerial Accounting (17th ed.). McGraw-Hill.

Gitman, L. J., & Zutter, C. J. (2015). Principles of Managerial Finance. Pearson Education.

Herliani, E., & Paris, M. A. (2022). Analisis Kelayakan Ekonomi Proyek Infrastruktur Menggunakan Metode *Net Present Value*. Jurnal Pendidikan dan Konseling (JPDK), 4(5), 8605–8616.

Helfert, E. A. (2001). Financial Analysis: Tools and Techniques. McGraw-Hill.

Heywood, J. B. (1988). Internal Combustion Engine Fundamentals.

Lee, H., & Shih, L. H. (2021). Economic feasibility analysis of renewable energy projects using *net present value* and internal rate of return. Renewable Energy, 172, 189-203.

Lestari, E. R., Citraresmi, A. D. P., & Ardianti, F. L. (2019). Ekonomi Teknik: Teori dan Aplikasi. Universitas Brawijaya Press.

Li, X., Zhang, H., & Chen, J. (2015). Electric Buses: Technology, Economics, and Environment. Beijing: Tsinghua University Press.

Litman, T. (2022). Transportation Cost and Benefit Analysis II. Victoria Transport Policy Institute.

McQueen, D. (2008). The History of Electric Vehicles. London: Green Energy Publishing.

Mishan, E. J., & Quah, E. (2020). Cost-Benefit Analysis (6th ed.). Routledge.

Newnan, D. G., Lavelle, J. P., & Eschenbach, T. G. (2020). Engineering economic analysis (13th ed.). Oxford University Press.

Ntziachristos, L., & Samaras, Z. (2000). "COPERT III: Computer programme to calculate emissions from road transport". European Environment Agency.

Panneerselvam, R. (2019). Engineering economics. PHI Learning Pvt. Ltd.

Park, C. S. (2018). Contemporary Engineering Economics (6th ed.). Pearson.

Park, C. S. (2011). Contemporary Engineering Economics (5th Edition). Prentice Hall.

Parulian, Siagan. (2023). Ekonomi Teknik.Yayasan Kita Menulis

Ross, S. A., Westerfield, R. W., & Jordan, B. D. (2021). Fundamentals of Corporate Finance (13th ed.). McGraw-Hill Education.

Salvi, S., & Holgate, S. T. (2012). "Mechanisms of particulate matter toxicity". Clinical and Experimental Allergy.

Smith, J. R., & Patel, A. (2018). Economic feasibility of alternative energy in transportation: An engineering approach. Proceedings of the International Conference on Sustainable Development in Engineering, 98(4), 55–67.

Smith, J. A., & Brown, L. B. (2021). Economic Analysis of Electric vs. Diesel Buses in Urban Public Transportation. Journal of Transportation Research, 45(3), 234-250.

Sullivan, W. G., Wicks, E. M., & Koelling, C. P. (2014). Engineering Economy (16th ed.). Pearson.

Susantono, Bambang. 2019. Transportasi dan Infrastruktur Perkotaan.

Wang, Y., Lu, X., & Zhou, Q. (2019). Battery Technologies and Charging Systems for Electric Buses. International Journal of Electric Vehicle Technology, 7(1), 32-45.

Warpani, S. (2007). Ekonomi Teknik (Edisi Revisi). ITB Press.

Warpani, S. (1990). Merencanakan Sistem Perangkutan. ITB Press.

Warpani, Suwardjoko. 2016 . Manajemen dan Rekayasa Transportasi.

Warpani, Suwardjoko. 2020 . Transportasi Umum untuk Perkotaan.

Widodo, S. (2022). Penerapan Bus Listrik di Indonesia sebagai Alternatif Transportasi Umum Ramah Lingkungan. Jurnal Transportasi Indonesia, 25(4), 307-320

Weygandt, J. J., Kimmel, P. D., & Kieso, D. E. (2020). Accounting Principles. Wiley.

White, J. A., Case, K. E., & Pratt, D. B. (2012). Principles of engineering economic analysis (6th ed.). Wiley.