

Analisis Perencanaan Kereta Bandara Internasional Ngurah Rai Berbasis *Autonomous Rail Rapid Transit* (ART)

Danish Inayat Jaballah dan Ervina Ahyudanari
Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: ervina@ce.its.ac.id

Abstrak—Bali merupakan wilayah provinsi di Indonesia yang terkenal akan pariwisatanya. Tingginya minat pariwisata di provinsi Bali, mengharuskan pulau ini memiliki aksesibilitas transportasi yang baik seperti moda transportasi udara. Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai memberikan bangkitan perekonomian terhadap kawasan di daerah Bali karena bandara menjadi salah satu akses menuju pulau Bali. Setiap tahunnya, bandara Ngurah Rai selalu mengalami peningkatan jumlah penumpang. Meningkatnya jumlah penumpang berakibat pada meningkatnya volume kendaraan di rute Bandara sehingga terjadi kemacetan. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis perencanaan transportasi massal yang dapat melayani penumpang dengan baik secara *travel time* maupun *travel cost*. Dalam menganalisis perencanaan kereta bandara berbasis *Autonomous Rail Rapid Transit* (ART) ini, digunakan beberapa langkah. Dimulai dari melihat *land use* yang ada di provinsi Bali, lalu dilanjutkan dengan penyesuaian ruas rute jalan dengan spesifikasi ART. Selanjutnya ialah menghitung *travel time* untuk moda mobil penumpang dengan bantuan Google Maps dan Grafik derajat kejenuhan untuk moda ART. Kemudian mencari nilai *travel cost* dimana didapatkan *travel cost* untuk moda mobil penumpang mengacu pada jasa GrabCar sedangkan untuk moda ART mengacu pada tarif Bus Listrik Transjakarta. Kemudian dilakukan perbandingan untuk *travel time* dan *travel cost* pada kedua moda transportasi sebelum dan sesudah ART dioperasikan sehingga mendapatkan gambaran nilai efektifitas dan efisiensi. Selanjutnya adalah menghitung variasi jumlah penumpang pesawat di bandara Ngurah Rai untuk mendapatkan nilai biaya investasi moda ART. Biaya pembangunan ART mengacu pada proposal pembangunan *trackless tram* di Australia. Dari hasil studi, diperoleh nilai perbandingan *travel time* dan *travel cost* untuk kedua moda transportasi. Perbandingan tersebut menunjukkan bahwa dengan dioperasikannya ART maka dapat mengurangi kemacetan lalu lintas berupa pengurangan jumlah kendaraan bermotor hingga $\pm 63\%$ – 65% dan mempercepat *travel time*. Selain itu, beroperasinya moda ART dapat mengurangi emisi karbondioksida hingga 43%. Namun, perlu dilakukan perhitungan biaya investasi pembangunan ART yang lebih terperinci untuk mendapatkan nilai biaya yang akurat.

Kata Kunci—Autonomous Rail Rapid Transit, Spesifikasi ART, Travel Time, Travel Cost, Biaya Investasi.

I. PENDAHULUAN

BALI adalah sebuah wilayah provinsi di Indonesia yang terkenal akan pariwisatanya. Pulau yang dikenal juga dengan Pulau Dewata dan Pulau Seribu Pura ini, menyajikan banyak objek pariwisata yang telah menarik wisatawan domestik maupun mancanegara. Tingginya minat pariwisata di Provinsi Bali, mengharuskan pulau ini memiliki aksesibilitas transportasi yang baik, salah satunya adalah moda transportasi udara. Bandar udara adalah tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas. Dapat dikatakan, bandar



Gambar 1. Kereta Api Berbasis ART di China.

Tabel 1.
Spesifikasi ART

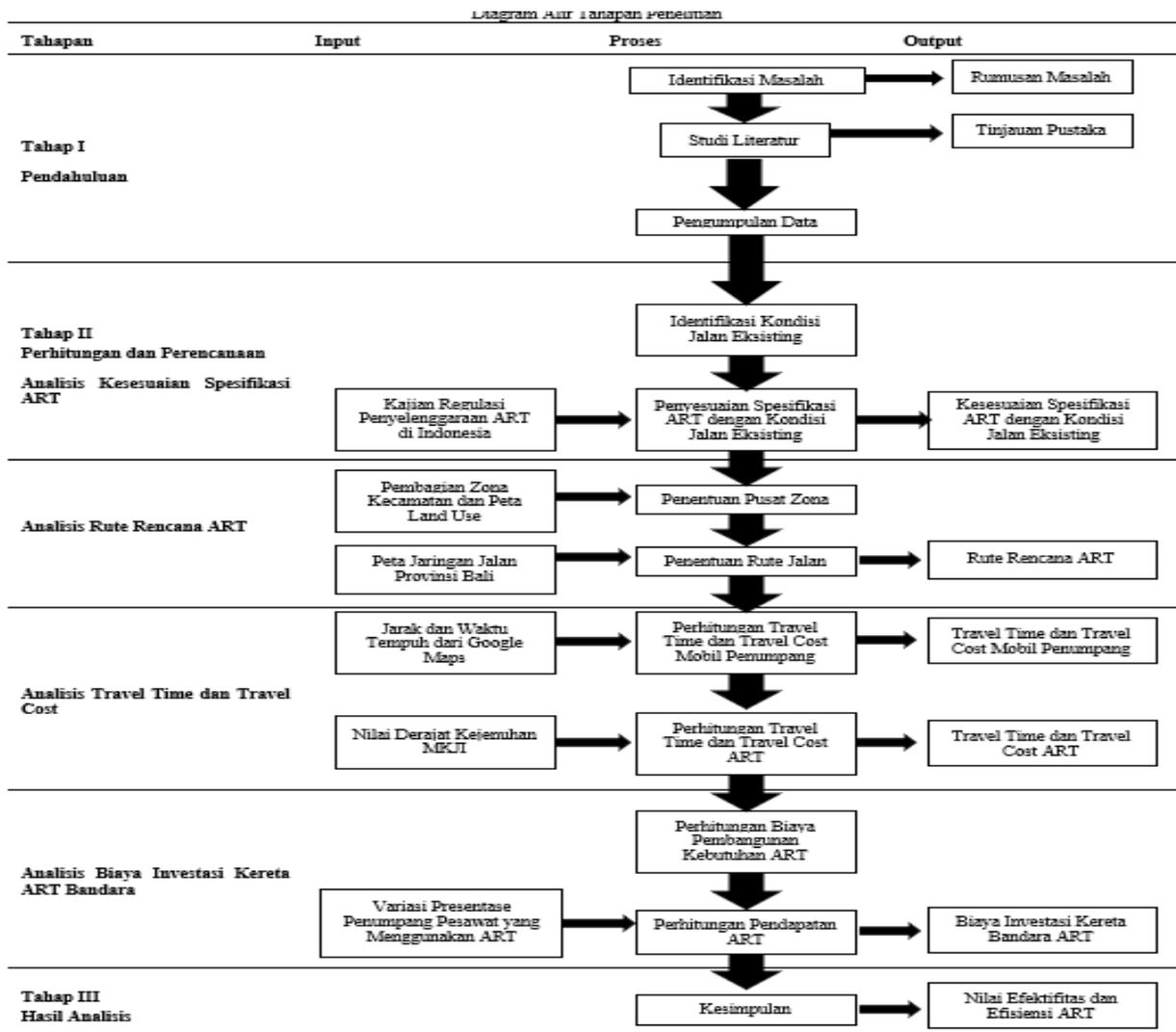
	Length	31.6 m
Width		2.65 m
Weight (loaded)		51 tonne (average 9 tonne per axle)
Capacity		250 – 300 people
Max Speed		70 km/hr
Gradient		13%
Turning Radius		15 m
Design Life		Over 30 years

udara merupakan simpul jaringan penerbangan sebagai titik awal dan berakhirnya pergerakan orang/barang.

Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai sendiri merupakan daerah yang memberikan bangkitan perekonomian terhadap kawasan di daerah Bali karena bandar aini menjadi salah satu akses utama menuju pulau Bali. Setiap tahunnya, bandara Ngurah Rai selalu mengalami peningkatan jumlah penumpang.

Pada saat ini, akses menuju bandara adalah melalui jalan-jalan utama dengan menggunakan moda mobil pribadi, taksi, sepeda motor, dan bus bandara yang disediakan oleh Pemerintah yang diberi nama Bus Trans Sarbagita. Namun, Bus Sarbagita dianggap kurang efektif yang disebabkan oleh beberapa faktor. Bus ini sering tidak sesuai dengan jadwal keberangkatan dan kedatangan sehingga menimbulkan risiko keterlambatan penumpang.

Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor menjadi salah satu penyebab kemacetan dan pencemaran udara. Emisi kendaraan bermotor berkontribusi sebesar 70% terhadap pencemaran udara. Pemerintah Bali berupaya memberikan pelayanan transportasi massal yang dapat memenuhi kebutuhan pengguna dengan merencanakan Kereta Api Bandara berbasis ART (*Autonomous Rail Rapid Transit*)



Gambar 2. Diagram Alir Tahapan Penelitian.

yang didatangkan dari China. Dalam dokumen KAI, dijelaskan bahwa kereta ini akan beroperasi sepanjang 21 km dengan perkiraan waktu tempuh 35 menit, *Headway* 10 menit, dan aka nada sekitar 15-20 stasiun. Selain itu, ART sendiri memiliki kapasitas hingga 300 orang dan tidak memerlukan pengemudi. Pada saat di persimpangan, ART akan di prioritaskan sehingga dapat mempercepat *travel time*.

Sehubungan dengan adanya rencana pemerintah tersebut, maka penelitian ini akan merencanakan Kereta Api berbasis ART di Pulau Bali. Studi ini diharapkan dapat memberikan nilai efektifitas dan efisiensi dalam aspek *travel time* dan *travel cost* sebagai akses Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai, serta dapat memberikan gambaran biaya investasi yang diperlukan untuk membangun Kereta Bandara Berbasis ART. Kereta api berbasis ART yang direncanakan oleh pemerintah Bali sesuai dengan Gambar 1.

I. TINJAUAN PUSTAKA

A. Aksesibilitas

Keterhubungan merupakan komponen yang penting di dalam tumbuh dan berkembangnya suatu kota. Aksesibilitas terhadap aktivitas-aktivitas ekonomi dan sosial memiliki nilai tinggi di dalam suatu wilayah kota [1]. Aksesibilitas

dinyatakan dengan jarak, jika suatu tempat berdekatan dengan tempat lainnya, dikatakan aksesibilitas antara kedua tempat tersebut tinggi.

B. Transportasi

Transportasi atau pengangkutan dapat didefinisikan sebagai suatu proses pergerakan atau perpindahan orang/barang dari suatu tempat ke tempat lain dengan menggunakan suatu teknik atau cara tertentu untuk maksud dan tujuan tertentu [2].

C. Penentuan Pusat Zona

Pusat zona merupakan aktivitas tata guna lahan atau sistem kegiatan yang diasumsikan berlokasi pada titik tertentu dalam zona. Yang perlu diperhatikan adalah jumlah zona dan ukuran dari zona tersebut. Unsur dasar dalam penyederhanaan ini adalah zona dan pusat zona yang diasumsikan menjadi tempat konsentrasi semua ciri pergerakan dari zona tersebut [3].

D. Perhitungan Travel Time

Travel time merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menempuh suatu jarak tertentu dan memiliki hubungan yang terkait dengan kecepatan rata-rata yang digunakan untuk menempuh jarak tersebut. Perhitungan *travel time* menggunakan rumus (1).

$$t = \frac{s}{v} \tag{1}$$

Tabel 2.
Hasil Perhitungan Derajat Kejenuhan Akses Bandara Internasional Ngruh Rai

Tahun	TVT/Hour	V/C Ratio
2013	2869	0.84
2014	3113	0.91
2015	2923	0.85
2016	3463	1.01
2017	3656	1.07
2018	4014	1.17
2019	4152	1.21
2020	3755	1.09
2021	3642	1.06
2022	3840	1.12
2023	4178	1.22
2024	4294	1.25
2025	4410	1.28
2026	4525	1.32

Tabel 3.
Korelasi Volume Kendaraan Dengan Kecepatan ART

Kondisi	DS	Q	V
0%	1,125	3861	32 km/jam
10%	1,0125	3127,41	32 km/jam
20%	0,9	2471	38 km/jam
30%	0,78	1891,89	42 km/jam
40%	0,67	1389,96	45 km/jam
50%	0,56	965,25	48 km/jam
60%	0,45	617,76	50 km/jam
70%	0,33	347,49	51 km/jam
80%	0,22	154,44	51 km/jam
90%	0,11	38,61	51 km/jam

Tabel 4.
Perhitungan Pengurangan Emisi Karbon

Avanza Tipe 1.3 1L : 10 km	Keterangan	
Kecepatan Rata-rata	31.11	km/jam
Asumsi Waktu Perjalanan	15	jam
Jarak Tempuh	466.65	km
Konsumsi BBM	46.665	L
Emisi Karbon (CO2) BBM	111.996	Kg
Emisi Karbon (CO2) Listrik	47.5983	Kg

E. Perhitungan Travel Cost

Travel cost atau biaya perjalanan adalah biaya yang harus dikeluarkan oleh seseorang maupun kelompok yang sedang melakukan perjalanan. Travel cost moda ART akan mengacu pada tarif Bus Listrik Transjakarta. Sedangkan travel cost moda mobil penumpang menggunakan biaya dari jasa GrabCar.

F. Autonomous Rail Rapid Transit (ART)

Salah satu jenis kendaraan otonom yang berpotensi diterapkan di Indonesia adalah Autonomous Rail Rapid Transit (ART). Trem otonom ini merupakan moda transportasi massal berbasis listrik dengan roda karet yang bergerak pada rel virtual, serta menggunakan sistem otomatis. Spesifikasi ART dapat dilihat pada Tabel 1.

G. Peramalan Lalu Lintas Akses Bandara

Peramalan atau forecasting merupakan perkiraan atau prediksi mengenai sesuatu yang belum terjadi dan akan datang. Permasalahan arus lalu lintas di perkotaan dapat diprediksi dengan melakukan perhitungan peramalan lalu lintas pada suatu segmen jalan. Perhitungan peramalan dilakukan menggunakan bantuan Analysis Toolpak pada Microsoft Excel sehingga didapatkan nilai Regression dengan persamaan (2).

$$y = ax + b \tag{2}$$

Saat melakukan peramalan jumlah kendaraan berdasarkan pada penumpang pesawat dengan persamaan (3).

$$TVT = (3,526 \times Originating Pass) + (0,818 \times Connecting Pass) - 497 \tag{3}$$

H. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan adalah perbandingan rasio lalu lintas (smp/jam) terhadap kapasitas jalan (smp/jam) dan digunakan sebagai faktor dalam menilai dan menentukan tingkat kinerja suatu segmen jalan [4]. Perhitungan derajat kejenuhan menggunakan persamaan (4).

$$DS = \frac{V}{C} \tag{4}$$

I. Waktu Sirkulasi Angkutan

Waktu sirkulasi adalah lama waktu kendaraan mulai menunggu di terminal dan sampai tiba kembali ke terminal dengan deviasi waktu sebesar 5% dari waktu perjalanan dan waktu henti kendaraan di asal atau tujuan ditetapkan sebesar 10% dari waktu perjalanan antar A dan B. Perhitungan waktu sirkulasi menggunakan persamaan (5).

$$CT_{ABA} = (T_{AB} + T_{BA}) + (\delta_{AB} + \delta_{BA}) + (T_{TA} + T_{TB}) \tag{5}$$

J. Waktu Antara Angkutan

Waktu antara angkutan atau headway adalah jarak waktu antar kendaraan pada suatu jalur jalan yang sama. Semakin kecil headway maka menunjukkan frekuensi kendaraan semakin tinggi. Perhitungan waktu antara disesuaikan dengan jadwal penerbangan pesawat sehingga ditetapkan selama 15 menit.

K. Jumlah Armada Angkutan

Jumlah armada angkutan yang dibutuhkan pada suatu jalur menggunakan persamaan (6).

$$K = \frac{CT}{H \times fA} \tag{6}$$

L. Analisis Pendapatan

Untuk mengetahui arus biaya, penerimaan, dan pendapatan yang mengacu pada jumlah uang yang dihasilkan oleh perusahaan atau pun individu, maka perlu dilakukan analisis pendapatan.

II. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode perhitungan travel time dan travel cost pada moda transportasi yang ditinjau untuk mendapatkan nilai efektifitas dan efisiensi pada rute rencana. Kemudian, dilakukan perhitungan potensi pengurangan kendaraan bermotor untuk mendapatkan volume kendaraan setelah ART beroperasi dan nilai pengurangan emisi karbon. Nilai efektifitas dan efisiensi sangat diperlukan dalam sebuah perencanaan transportasi massal.

A. Data dan Tahapan Penelitian

Pada sebuah penelitian, terdapat beberapa tahapan yang harus dilalui dan melakukan pengumpulan data dari berbagai sumber sebagai penunjang dari penelitian. Data yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari berbagai data sekunder.

Data sekunder adalah data yang diperoleh oleh seorang peneliti dari sumber lain yang telah tersedia. Dalam penelitian ini data sekunder yang dibutuhkan adalah data peta jaringan jalan, data pembagian zona, data jarak dan waktu tempuh mobil penumpang, peramalan lalu lintas, spesifikasi ART, variasi presentase penumpang pesawat, biaya pembelian dan pembangunan ART.

Agar penelitian yang dilakukan dapat berjalan secara sistematis dan terstruktur untuk mendapatkan hasil yang diharapkan, maka data-data yang telah dihimpun dari berbagai sumber tersebut dapat disusun dengan tahapan-tahapan yang akan dilakukan selama penelitian ini seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

III. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian dan pengolahan data dari berbagai sumber terkait perencanaan kereta bandara Ngurah Rai berbasis *Autonomous Rail Rapid Transit* (ART), hingga didapatkan nilai efektifitas dan efisiensi dari segi *travel time* dan *travel cost* untuk moda ART akan dijelaskan pada bab ini.

A. Analisis Kesesuaian Spesifikasi ART Dengan Kondisi Jalan Eksisting

Dalam merencanakan ART, perlu melakukan analisis kesesuaian spesifikasi ART dengan kondisi jalan eksisting terlebih dahulu. Spesifikasi ART didapatkan dari kajian yang dilakukan oleh ITB, UGM, dan Balitbanghub mengenai ART, jalan yang dapat dilalui oleh ART setidaknya harus pada fungsi jalan kolektor primer dan memiliki 4 ruas jalan 2 arah terbagi (4/2D). Selain itu, dikatakan ART tidak memerlukan perkerasan khusus dan dapat memanfaatkan perkerasan eksisting.

B. Penentuan Rute Jalan

Setelah didapatkan spesifikasi ART, maka dapat menentukan rute rencana yang akan dilewati oleh ART. Dalam perencanaan ini, penulis menentukan rute perjalanan berdasarkan jarak terdekat dan penyesuaian klasifikasi jalan eksisting dengan spesifikasi ART. Yang memenuhi spesifikasi ART dari semua jalan akses bandara Ngurah Rai yaitu rute Bandara – Sanur dan rute Bandara – Nusa Dua dengan menggunakan aplikasi Google Earth Pro.

C. Perhitungan Travel Time dan Travel Cost Moda Mobil Penumpang

1) Perhitungan Travel Time

Dalam perencanaan ini, perhitungan *travel time* menggunakan bantuan aplikasi Google Maps dari bandara Ngurah Rai menuju daerah tujuan yaitu Sanur dan Nusa Dua. Perhitungan *travel time* dilakukan selama seminggu setiap jam selama 24 jam yang kemudian didapatkan saat *peak hour* pada kedua rute rencana tersebut. Penentuan *peak hour* didasari oleh lamanya waktu tempuh rata-rata dari kedua rute dengan asumsi 15 jam sehari mulai pukul 06.00 hingga pukul 21.00. Waktu ini akan digunakan sebagai rencana ART akan beroperasi.

2) Perhitungan Travel Cost

Perhitungan *travel cost* moda mobil penumpang untuk kedua rute rencana menggunakan biaya yang dikeluarkan dari

jasa GrabCar. Untuk rute Bandara – Sanur dengan jarak 14 km diperlukan biaya Rp 88.000,00 dan untuk rute Bandara – Nusa Dua dengan jarak 12 km diperlukan biaya Rp 66.000,00.

D. Peramalan Lalu Lintas Akses Bandara

Perhitungan untuk meramalkan lalu lintas akses bandara Ngurah Rai dibagi dalam beberapa tahapan yang dimulai dengan memperhitungkan *traffic* yang akan terjadi pada masa mendatang. Perhitungan peramalan menggunakan persamaan regression. Traffic pada perencanaan ini merupakan jumlah kendaraan yang digunakan oleh penumpang pesawat di Bandara Ngurah Rai.

Peramalan yang akan dilakukan ialah meramalkan PDRB, penumpang pesawat di Bandara Ngurah Rai, penduduk Provinsi Bali, dan jumlah kendaraan di Provinsi Bali. Kemudian tahapan selanjutnya yaitu menghitung kapasitas jalan akses Bandara Ngurah Rai sebagai variabel perhitungan derajat kejenuhan.

Didapatkan nilai kapasitas jalan untuk Jalan Airport Ngurah Rai yaitu sebesar 3432 smp/jam. Untuk perhitungan derajat kejenuhan menggunakan volume lalu lintas bandara, kemudian hitung *total vehicle trips* atau TVT. Hasil perhitungan derajat kejenuhan pada Jalan Airport Ngurah Rai menunjukkan angka lebih dari 1 yang menandakan volume lalu lintas lebih besar dari kapasitas jalannya. Perhitungan derajat kejenuhan dapat dilihat pada Tabel 2.

E. Perhitungan Travel Time dan Travel Cost Moda ART

1) Perhitungan Travel Time

Perhitungan *travel time* moda ART berdasarkan dari perhitungan derajat kejenuhan sebelumnya dan menggunakan rumus kecepatan arus bebas dari MKJI, 1997. Kemudian kecepatan arus bebas dan nilai derajat kejenuhan tersebut dimasukkan pada grafik derajat kejenuhan untuk mendapatkan nilai kecepatan ART. Didapatkan nilai kecepatan rata-rata rencana untuk ART sebesar 30 km/jam.

Selanjutnya perhitungan *travel time* menggunakan persamaan (1) dan didapatkan nilai *travel time* pada rute Bandara – Sanur sebesar 28 menit dan pada rute Bandara – Nusa Dua sebesar 24 menit.

2) Perhitungan Travel Cost

Perhitungan *travel cost* untuk moda ART akan mengacu pada tarif bus listrik Transjakarta yaitu sebesar Rp 3.500,00 untuk sekali jalan. Hal ini dikarenakan ART memiliki spesifikasi yang sama dengan bus listrik pada umumnya.

F. Analisis Potensi Demand dan Sistem Operasional ART

1) Potensi Demand

Dalam perencanaan ini, analisis potensi *demand* kereta bandara berbasis ART menggunakan data yang sudah di oleh pada studi sebelumnya dimana melakukan survey terhadap 462 responden penumpang dan didapatkan jumlah penumpang yang berminat untuk menggunakan angkutan massal adalah sebesar 261 orang atau sebesar 56,49% dengan estimasi jumlah penumpang sebesar 30.380 orang.

Kemudian dilakukan perhitungan total jumlah penumpang yang diperkirakan menggunakan angkutan massal ART pada masing-masing rute dengan asumsi 50% *demand*. Didapatkan estimasi *demand* pada rute Bandara – Sanur sebesar 11.392

orang/hari dan pada rute Bandara – Nusa Dua sebesar 3.797 orang/hari sehingga total jumlah penumpang sebesar 15.190 orang/hari.

2) Sistem Operasional ART

ART terdiri dari 3 gerbong dengan kapasitas masing-masing yaitu 100 orang sehingga ART dapat mengangkut 300 orang dalam sekali jalan. Pada perencanaan ini, sistem operasional yang akan dihitung yaitu waktu sirkulasi, waktu antara (*headway*), dan kebutuhan jumlah armada.

Didapatkan waktu sirkulasi untuk transportasi massal ART pada rute Bandara – Sanur sebesar 64,4 menit dan pada rute Bandara – Nusa Dua sebesar 55,2 menit. Kemudian *headway* ART diasumsikan sebesar 15 menit untuk kedua rute rencana. Penetapan *headway* ini memperhatikan jadwal keberangkatan dan kedatangan pesawat di Bandara Ngurah Rai. Selanjutnya didapatkan kebutuhan jumlah armada untuk kedua rencana sebesar 4 unit.

Perubahan pada volume kendaraan sangat mempengaruhi keberhasilan dari operasional ART. Untuk itu perlu diketahui kondisi ideal dari jalan yang akan dilalui oleh ART dengan mengkorelasikan hubungan antara volume kendaraan dan kecepatan yang didapatkan dari Grafik Derajat Kejenuhan 4/2D. Perhitungan korelasi volume kendaraan dengan kecepatan ART dapat dilihat pada Tabel 3. Didapatkan kondisi ideal untuk ART dapat beroperasi adalah ketika volume kendaraan dari jalan Airport Ngurah Rai berkurang hingga $\geq 30\%$.

G. Perbandingan Travel Time dan Travel Cost dari Setiap Moda

1) Perbandingan Travel Time

Perbandingan *travel time* dari setiap moda menggunakan perhitungan potensi pengurangan kendaraan bermotor. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui berapa besar potensi berkurangnya kendaraan bermotor setelah ART beroperasi pada kedua rute rencana. Dengan mengacu pada komposisi lalu lintas dari MKJI, 1997 untuk jalan 4/2D, nilai komposisi lalu lintas untuk kendaraan ringan (LV) sebesar 60%, kendaraan berat (HV) sebesar 8%, dan sepeda motor (MC) sebesar 32% dengan asumsi kendaraan ringan merepresentasikan 2 penumpang ART dan sepeda motor merepresentasikan 1 penumpang ART.

Dengan dioperasikannya ART, pengurangan kendaraan bermotor pada rute Bandara – Sanur mencapai angka hingga $\pm 63\%$ dan pada rute Bandara – Nusa Dua mencapai angka hingga $\pm 65\%$. Hal ini dapat mempercepat nilai *travel time* pada kedua rute rencana baik dari moda mobil penumpang maupun ART.

2) Perbandingan Travel Cost

Perbandingan *travel cost* berdasarkan perhitungan sebelumnya dari kedua moda transportasi untuk kedua rute rencana dan didapatkan bahwa *travel cost* dengan menggunakan moda ART akan jauh lebih murah dibandingkan dengan menggunakan moda mobil penumpang. Hal ini dikarenakan banyaknya faktor yang direduksi dari transportasi berbahan bakar minyak ke transportasi berbahan listrik.

H. Analisis Biaya Investasi ART

Analisis biaya investasi kereta ART diperlukan untuk

mendapatkan nilai pendapatan dan waktu perkiraan balik modal. Dalam perencanaan ini, analisis biaya investasi yang akan direncanakan mencakup biaya pembelian ART, biaya pembangunan ART, dan perhitungan pendapatan ART.

1) Biaya Pembelian dan Pembangunan ART

Biaya pembelian dan pembangunan ART mengacu pada proposal biaya pembangunan *trackless tram* di Melbourne, Australia dimana estimasi biaya pembangunannya mencapai Rp 230.604.740.362 per km dan sudah termasuk dalam biaya jalan, pembelian kendaraan, dan *recharge point*.

Setelah dilakukan perhitungan pembangunan ART, didapatkan nilai biaya investasi ART pada rute Bandara – Sanur sebesar Rp 3.226.830.445.075,00 dan pada rute Bandara – Nusa Dua sebesar Rp 2.765.620.964.350,00.

2) Analisis Perhitungan Pendapatan ART

Perhitungan pendapatan ART menggunakan analisis variasi penumpang pada Bandara Internasional Ngurah Rai. Analisis variasi penumpang berdasarkan jumlah penumpang pesawat dengan memperhitungkan jumlah penerbangan dari kedatangan dan keberangkatan selama satu hari.

Didapatkan bahwa jam puncak pergerakan pesawat terjadi pada pukul 12:00 – 12:59 dimana terjadi 40 pergerakan. Selain itu, jumlah penumpang pesawat setiap jamnya dapat memenuhi kapasitas maksimal dari ART. Sehingga didapatkan nilai pendapatan ART sebesar Rp 29.925.000,00 per hari dan membutuhkan perkiraan waktu balik modal selama 295 tahun. Perkiraan waktu balik modal tersebut hanya berdasarkan dari penjualan tiket.

3) Perhitungan Pengurangan Emisi

Dikatakan bahwa 1 liter bahan bakar minyak (BBM) setara dengan 1,2 kWh listrik. Emisi karbon 1 liter BBM setara dengan 2,4 kg CO₂, sedangkan 1,2 kWh listrik setara dengan 1,02 kg CO₂.

Setelah dilakukan perhitungan pengurangan emisi dengan asumsi kendaraan bergerak selama 15 jam sehari, maka penggunaan energi listrik untuk sebuah transportasi dapat mengurangi emisi karbondioksida (CO₂) hingga 43% untuk satu mobil. Perhitungan pengurangan emisi karbon dapat dilihat pada Tabel 4.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, didapatkan rute rencana yang akan dilewati oleh transportasi massal berupa ART yaitu rute Bandara – Sanur dan rute Bandara – Nusa Dua. Kedua rute rencana tersebut sudah sesuai dengan spesifikasi ART. Selain itu, dengan dilakukan analisis *travel time* dan *travel cost* untuk kedua moda rencana didapatkan nilai perbandingan dimana *travel time* untuk moda mobil penumpang lebih cepat dan *travel cost* untuk moda ART jauh lebih murah. Kemudian didapatkan nilai biaya pembelian dan pembangunan ART untuk kedua rute rencana terbilang sangat mahal dan membutuhkan waktu yang cukup lama untuk balik modal.

Dengan adanya perencanaan ART ini, maka akan memberikan nilai efektifitas dan efisiensi bagi pengguna perjalanan transportasi massal. Selain itu, dengan adanya transportasi massal berbasis listrik akan mengurangi emisi karbon dengan sangat efisien. Namun, dalam merencanakan kereta bandara berbasis ART perlu dilakukan perincian biaya

investasi yang lebih mendalam sehingga mendapatkan angka yang akurat. Selain itu, sebaiknya perlu dilakukan perhitungan peningkatan tarif ART setiap tahunnya sehingga dapat meningkatkan biaya pendapatan ART.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Y. E. Pramana, "Tingkat aksesibilitas transportasi publik di Kota Yogyakarta," *Reka Ruang*, vol. 1, no. 1, pp. 7–16, 2018, doi: 10.33579/rkr.v1i1.775.
- [2] M. Fidel, *Perencanaan Transportasi untuk Mahasiswa, Perencana, dan Praktisi*. Jakarta: Erlangga, 2004.
- [3] O. Z. Tamin, *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, 2nd ed. Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2000.
- [4] J. B. M. Direktorat, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, vol. 1, no. I. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997. doi: 10.1021/acsami.7b07816.