

Perencanaan Gerbang Tol Sigli – Banda Aceh

Benediktus Wisnumurti dan Hera Widyastuti
Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: hera@ce.its.ac.id

Abstrak—Jalan tol merupakan jalan yang bebas hambatan, dikarenakan pengguna jalan semakin hari semakin meningkat maka dari itu pembangunan jalan tol bisa menjadi salah satu solusi dari kemacetan yang terjadi di jalan eksisting. Metode yang digunakan dalam perencanaan gerbang tol Sigli – Banda Aceh adalah antrian berlajur-tunggal dengan disiplin antrian *First In First Out*. Hasil dari perencanaan gerbang tol Sigli – Banda Aceh pada tahun 2021 gerbang tol Padang Tiji untuk arah masuk dan keluar terdapat 1 GTO, 1 GTO Khusus, dan 1 OBU. Gerbang tol Seulimeum untuk arah masuk dan keluar terdapat 2 GTO, 1 GTO Khusus, dan 1 OBU. Gerbang tol Jantho untuk arah masuk dan keluar terdapat 2 GTO, 1 GTO Khusus, dan 1 OBU. Gerbang tol Indrapuri untuk arah masuk dan keluar terdapat 1 GTO, 1 GTO Khusus, dan 1 OBU. Gerbang tol Blang Bintang untuk arah masuk dan keluar terdapat 1 GTO, 1 GTO Khusus, dan 1 OBU. Gerbang tol Kuta Baro untuk arah masuk dan keluar terdapat 1 GTO, 1 GTO Khusus, dan 1 OBU. Gerbang tol Baitussalam untuk arah masuk dan keluar terdapat 1 GTO, 1 GTO Khusus, dan 1 OBU. Pada tahun 2031 terdapat peningkatan jumlah gardu tol sesuai dengan pertumbuhan volume kendaraan.

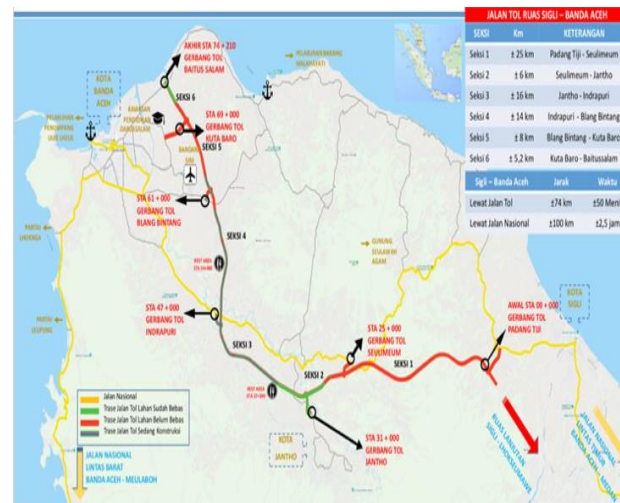
Kata Kunci—Perencanaan Gerbang Tol, Gerbang Tol Sigli – Banda Aceh.

I. PENDAHULUAN

JALAN tol merupakan jalan yang bebas hambatan, dikarenakan pengguna jalan semakin hari semakin meningkat maka dari itu pembangunan jalan tol bias menjadi salah satu solusi dari kemacetan yang terjadi di jalan eksisting. Pembangunan jalan tol dalam 4,5 tahun terakhir ini telah beroperasi sepanjang 949 km. Pembangunan jalan tol bertujuan untuk meningkatkan konektivitas dan merangsang pertumbuhan ekonomi di berbagai wilayah yang ada di Indonesia,

Pulau Sumatera merupakan pulau terbesar ketiga di Indonesia yang sedang mengalami pertumbuhan ekonomi setiap tahunnya. Pada tahun 2019 kontribusi wilayah Pulau Sumatera terhadap perekonomian nasional diperkirakan dapat mencapai 21,63 persen, dengan laju pertumbuhan ekonomi sebesar 5,02 persen [1]. Salah satu provinsi yang menjadi penunjang pertumbuhan perekonomian di Sumatera adalah Provinsi Aceh yaitu sektor pertanian, sektor perdagangan, sektor konstruksi, dan sektor pertambangan [2]. Untuk menunjang pemerataan ekonomi yang ada di Pulau Sumatera diperlukannya fasilitas transportasi. Fasilitas transportasi yang diperlukan adalah jalan yang bebas hambatan seperti jalan tol. Dengan pertumbuhan ekonomi yang ada di Sumatera, Pemerintah membangun Jalan Tol Trans Sumatera.

Jalan Tol Trans Sumatera adalah jalan tol penghubung kota-kota yang ada di Pulau Sumatera. Salah satu bagian dari Jalan Tol Trans Sumatera adalah Jalan Tol Sigli – Banda Aceh. Jalan Tol Sigli – Banda Aceh memiliki panjang 74,82 km. Jalan Tol Sigli – Banda Aceh terbagi menjadi enam seksi



Gambar 1. Lokasi Gerbang Tol Sigli – Banda Aceh.
(Sumber : PT Hutama Karya)

yakni seksi I Padang Tiji – Seulimeum (25,2 km), seksi II Seulimeum – Jantho (6,1 km), seksi III Jantho – Indrapuri (16 km), seksi IV Indrapuri – Blang Bintang (14,7 km), seksi V Blang Bintang – Kuta Baro (7,7 km), dan seksi VI Kuta Baro – Baitussalam (5 km).

Di dalam perencanaan jalan tol seharusnya sudah direncanakan agar bebas hambatan, tetapi sering ditemuinya kemacetan yang terjadi. Salah satu faktor dari kemacetan tersebut dikarenakan jumlah kendaraan yang masuk jalan tol meningkat sehingga terjadinya antrian pada gerbang tol. Dibutuhkan perencanaan gerbang tol yang optimal agar jalan tol sesuai fungsinya sebagai jalan bebas hambatan. Hal tersebut dimaksudkan agar perpindahan barang dan jasa yang dilakukan tidak terhambat sehingga perekonomian daerah setempat dapat berjalan lancar.

Dari pembahasan diatas, tugas akhir ini bertujuan untuk membuat desain perencanaan gerbang tol yang optimal yang dibutuhkan pada perencanaan gerbang tol Sigli – Banda Aceh.

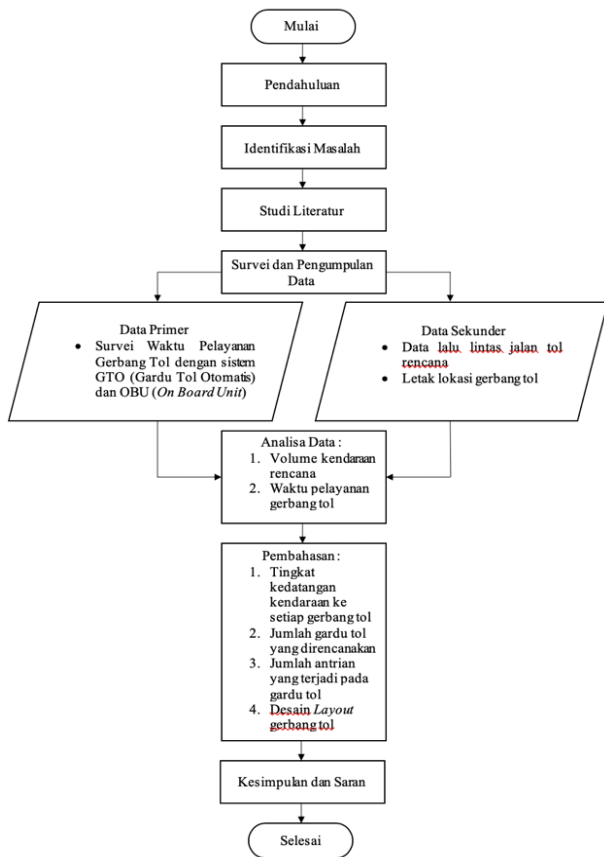
A. Tujuan

Tujuan yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

Mengetahui jumlah tingkat kedatangan kendaraan yang terdistribusi ke tiap gerbang tol pada tahun 2021. Mengetahui jumlah gardu tol Sigli – Banda Aceh yang direncanakan apabila gerbang tol direncanakan dengan sistem GTO (Gardu Tol Otomatis) dan sistem OBU (*On Board Unit*) pada tahun 2021. Mengetahui jumlah panjang antrian pada tahun 2021. Mengetahui jumlah tingkat kedatangan, jumlah gardu tol, jumlah panjang antrian pada 10 tahun kemudian.

B. Lokasi Studi

Lokasi yang akan ditinjau dalam tugas akhir ini berada di jalan tol Sigli – Banda Aceh direncanakan tujuh gerbang tol yang letak lokasinya bisa dilihat pada Gambar 1.



Gambar 2. Diagram Alir Metodologi.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Studi Literatur

Pada tahap studi literatur ini yang dimaksud adalah mencari bahan pembelajaran dari literatur-literatur yang menunjang penyusunan tugas akhir tentang Perencanaan Gerbang Tol Sigli – Banda Aceh. Literatur-literatur yang dimaksud bisa berupa peraturan, jurnal, buku ajar, dan sumber lainnya yang membahas tentang perencanaan gerbang tol. Diagram alir metodologi dapat dilihat pada Gambar 2.

B. Survei dan Pengumpulan Data

Survei yang dilakukan adalah menghitung volume kendaraan rencana yang akan lewat jalan tol Sigli – Banda Aceh. Untuk tahap pengumpulan data dapat diperoleh di PT. Utama Karya, dan Instansi-instansi terkait. Data yang dikumpulkan terdiri 2 (dua) jenis data yaitu data primer dan data sekunder.

C. Analisis Data

Tahap analisis data adalah tahapan dimana data yang didapatkan dari pengumpulan data direkapitulasi dan diolah kemudian digunakan untuk perhitungan. Data yang akan dianalisis adalah volume kendaraan rencana, dan waktu pelayanan gerbang tol.

D. Analisis Volume Kendaraan

Setelah mendapatkan hasil analisis data volume lalu lintas selanjutnya melakukan perhitungan matriks asal tujuan. Perhitungan matriks asal tujuan menggunakan dua metode perhitungan yaitu metode *sum of square error* dan metode *furness*.

Tabel 1.
Volume Lalu Lintas Jalan Tol Rencana

| Seksi | Tahun | Gol. Kendaraan (Kend./hari) | | | | | Total |
|---------------------------|-------|-----------------------------|------|-----|----|----|-------|
| | | I | II | III | IV | V | |
| Padang Tiji–Seulimeum | 2021 | 6792 | 1150 | 305 | 53 | 34 | 8335 |
| Seulimeum – Jantho | 2021 | 6779 | 1145 | 305 | 53 | 34 | 8315 |
| Jantho – Indrapuri | 2021 | 6773 | 1145 | 303 | 53 | 34 | 8308 |
| Indrapuri – Blang Bintang | 2021 | 1695 | 283 | 75 | 38 | 28 | 2118 |
| Blang Bintang – Kuta Baro | 2021 | 1424 | 229 | 61 | 38 | 28 | 1780 |
| Kuta Baro – Baitussalam | 2021 | 1237 | 155 | 42 | 34 | 28 | 1496 |

(Sumber : PT Utama Karya)

Tabel 2.
Matriks Asal Tujuan Golongan I

| | PT* | S* | J* | I* | BB* | KB* | B* |
|---------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| Padang Tiji | 0 | 3265 | 126 | 7 | 1 | 1 | 1 |
| Seulimeum | 3265 | 0 | 3036 | 159 | 6 | 1 | 1 |
| Jantho | 126 | 3036 | 0 | 3082 | 106 | 13 | 2 |
| Indrapuri | 7 | 159 | 3082 | 0 | 666 | 76 | 7 |
| Blang Bintang | 1 | 6 | 106 | 666 | 0 | 556 | 50 |
| Kuta Baro | 1 | 1 | 13 | 76 | 556 | 0 | 619 |
| Baitussalam | 1 | 1 | 2 | 7 | 50 | 619 | 0 |

*PT – Padang Tiji

*BB – Blang Bintang

*S – Seulimeum

*KB – Kuta Baro

*J – Jantho

*B – Baitussalam

*I – Indrapuri

E. Analisis Waktu Pelayanan

Setelah melakukan survey waktu pelayanan pada gerbang tol Binjai untuk gardu tol otomatis dan gerbang tol JORR S untuk gardu tol *on board unit* kemudian melakukan rekapitulasi data dan didapatkannya waktu pelayanan setiap golongan.

F. Analisis Tingkat Kedatangan

Setelah didapat hasil perhitungan matriks asal tujuan, selanjutnya diolah kembali untuk mendapatkan data arus jam puncak. Untuk merubah matriks asal tujuan menjadi arus jam puncak perlu dikalikan dengan faktor k [3].

$$q_{jp} = LHRT \times k \tag{1}$$

Dimana :

q_{jp} = arus lalu lintas untuk perencanaan (kend/jam)

k = faktor pengubah LHRT menjadi arus lalu lintas puncak (0,11 / Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 no. 3)

LHRT = Lalu lintas harian rata-rata

G. Analisis Jumlah Gardu Tol

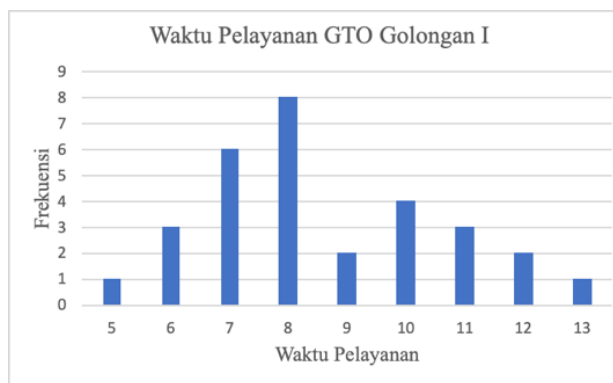
Setelah dilakukan analisis tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan pada setiap gerbang tol Sigli – Banda Aceh, selanjutnya dilakukan analisis intensitas lalu lintas untuk mengetahui intensitas setiap gardu tol yaitu gardu tol otomatis dan gardu tol *On Board Unit*. Untuk menganalisis intensitas lalu lintas gardu tol otomatis dan *On Board Unit* digunakan waktu pelayanan yang didapat dari hasil survei yang telah dilakukan. Gerbang tol Sigli – Banda Aceh direncanakan menggunakan sistem gerbang tol tertutup. Berikut rumus untuk mengetahui jumlah gardu tol (N) :

Tabel 3.
Matriks Asal Tujuan Arus Jam Puncak Golongan I

| | PT | S | J | I | BB | KB | B |
|---------------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|
| Padang Tiji | 0 | 360 | 14 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Seulimeum | 360 | 0 | 334 | 18 | 1 | 1 | 1 |
| Jantho | 14 | 334 | 0 | 340 | 12 | 2 | 1 |
| Indrapuri | 1 | 18 | 340 | 0 | 74 | 9 | 1 |
| Blang Bintang | 1 | 1 | 12 | 74 | 0 | 62 | 6 |
| Kuta Baro | 1 | 1 | 2 | 9 | 62 | 0 | 69 |
| Baitussalam | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 | 69 | 0 |

Tabel 4.
Jumlah Kendaraan Masuk dan Keluar Gerbang Tol

| Gol | Jumlah Kendaraan Masuk dan Keluar Gerbang Tol | | | | | | |
|-------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | PT | S | J | I | BB | KB | B |
| I | 378 | 715 | 703 | 443 | 156 | 144 | 79 |
| II | 68 | 126 | 124 | 78 | 27 | 23 | 14 |
| III | 22 | 37 | 36 | 23 | 10 | 10 | 8 |
| IV | 8 | 10 | 10 | 9 | 8 | 8 | 7 |
| V | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 7 |
| Total | 483 | 896 | 881 | 561 | 209 | 193 | 115 |



Gambar 3. Waktu Pelayanan Golongan I.

$$\rho = \frac{\lambda/N}{\mu} < 1 \tag{2}$$

Jumlah gardu tol diketahui dari rumus diatas yang dimana nilai ρ harus lebih kecil dari satu. Jika nilai $\rho > 1$, hal ini berarti bahwa tingkat kedatangan lebih besar dari tingkat pelayanan. Jika hal ini terjadi, maka dapat dipastikan akan terjadi antrian yang akan selalu bertambah Panjang (tidak terhingga).

H. Analisis Antrian Pada Gerbang Tol

Analisis antrian pada gerbang dilakukan untuk mengetahui panjang antrian dan waktu antrian pada gerbang tol yang direncanakan. Analisis antrian menggunakan jumlah gardu tol yang sama pada analisis intensitas lalu lintas. Perhitungan analisis antrian menggunakan jenis antrian FIFO dengan rumus berikut [4]:

$$n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{\rho}{1 - \rho} \tag{3}$$

$$q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{\rho^2}{1 - \rho} \tag{4}$$

$$d = \frac{1}{(\mu - \lambda)} \tag{5}$$

$$w = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} = d - \frac{1}{\mu} \tag{6}$$

Dimana :

n = jumlah rata-rata kendaraan dalam sistem
 q = jumlah rata-rata kendaraan dalam antrian

Tabel 5.
Laju Pertumbuhan Lalu Lintas Jalan Tol Sigli – Banda Aceh

| Tahun | Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (%) |
|-----------|----------------------------------|
| 2021-2022 | 32.5% |
| 2022-2023 | 27.8% |
| 2023-2024 | 6.5% |
| 2024-2025 | 7.0% |
| 2025-2026 | 7.0% |
| 2026-2027 | 6.5% |
| 2027-2028 | 6.5% |
| 2028-2029 | 6.5% |
| 2029-2030 | 6.0% |
| 2030-2031 | 6.0% |

(Sumber : PT Hutama Karya)

Tabel 6.
Volume Lalu Lintas Jalan Tol Sigli – Banda Aceh Satu Arah Tahun 2021 Golongan I

| Seksi | Golongan I |
|---------------------------|------------|
| Padang Tiji – Seulimeum | 3396 |
| Seulimeum – Jantho | 3390 |
| Jantho – Indrapuri | 3387 |
| Indrapuri – Blang Bintang | 848 |
| Blang Bintang – Kuta Baro | 712 |
| Kuta Baro – Baitussalam | 619 |

Tabel 7.
Volume Lalu Lintas Jalan Tol Sigli – Banda Aceh Satu Arah Tahun 2031

| Seksi | Gol I | Gol II | Gol III | Gol IV | Gol V |
|---------------------------|-------|--------|---------|--------|-------|
| Padang Tiji – Seulimeum | 9517 | 1611 | 427 | 74 | 48 |
| Seulimeum – Jantho | 9499 | 1604 | 425 | 74 | 48 |
| Jantho – Indrapuri | 9490 | 1604 | 425 | 74 | 48 |
| Indrapuri – Blang Bintang | 2375 | 397 | 105 | 53 | 39 |
| Blang Bintang – Kuta Baro | 1995 | 321 | 85 | 53 | 39 |
| Kuta Baro – Baitussalam | 1733 | 217 | 59 | 48 | 39 |

d = waktu rata-rata kendaraan dalam sistem
 w = waktu rata-rata kendaraan dalam antrian
 λ = tingkat kedatangan
 μ = tingkat pelayanan
 ρ = perbandingan antara tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan

III. ANALISIS DATA DAN HASIL PEMBAHASAN
ANALISIS DATA

A. Data Primer

Survei waktu pelayanan untuk gardu tol otomatis di gerbang tol Medan – Binjai, sedangkan waktu pelayanan gardu *On Board Unit* di gerbang tol JORR S.

B. Data Sekunder

Data yang diperoleh dari PT. Hutama Karya berupa volume lalu lintas jalan tol rencana, trase jalan tol, dan lokasi gerbang tol Sigli – Banda Aceh. Berikut merupakan data volume lalu lintas jalan tol rencana pada tabel 1.

IV. PEMBAHASAN

A. Analisis Matriks Asal Tujuan

Data volume lalu jalan tol rencana diolah menjadi matriks

asal tujuan dengan metode furness dan metode *sum of square error*. Metode *sum of square error* untuk mengukur perbedaan antara volume hasil matriks yang diperoleh dengan volume hasil matriks diperoleh dengan cara perbandingan selisih kuadrat. Berikut hasil matrks asal tujuan golongan I pada tabel 2.

B. Analisis Tingkat Kedatangan

Analisis tingkat kedatangan ini bertujuan untuk mendapatkan arus jam puncak dengan cara mengalikan hasil matriks asal tujuan dikalikan dengan faktor k sebesar 0,11 [3]. Berikut contoh perhitungannya untuk mendapatkan arus jam puncak dan juga hasil matriks asal tujuan arus jam puncak pada tabel 3.

$$q_{jp} = k \times LHRT$$

$$q_{jp} = 3265 \text{ kend./hari} \times 0,11$$

$$q_{jp} = 360 \text{ kend./jam}$$

C. Analisis Jumlah Kendaraan Masuk dan Keluar Gerbang Tol

Setelah mendapatkan arus jam puncak, perhitungan selanjutnya adalah melakukan analisis distribusi kendaraan ke setiap gerbang tol yang akan direncanakan nantinya untuk mengetahui jumlah kendaraan yang masuk dan keluar gerbang tol Sigli – Padang Tiji. Kendaraan di Padang Tiji menuju Seulimeum berjumlah 360 kendaraan. Berarti, kendaraan yang memasuki Padang Tiji 360 kendaraan dan keluar di Seulimeum berjumlah 360 kendaraan. Distribusi kendaraan ke gerbang tol ini dianalisis dengan semua golongan kendaraan golongan I-V.

Setelah didapatkannya perhitungan distribusi kendaraan ke gerbang tol selanjutnya dilakukannya analisis jumlah kendaraan masuk dan keluar gerbang tol. Analisis jumlah kendaraan masuk dan keluar gerbang tol merupakan penjumlahan dari distribusi kendaraan yang masuk dan keluar gerbang tol. Berikut contoh perhitungan untuk golongan I kendaraan yang masuk dan keluar Padang Tiji berjumlah 378 kendaraan didapatkan dari hasil penjumlahan secara vertikal pada perhitungan arus jam puncak, dimana kendaraan yang masuk dan keluar Padang Tiji yaitu $360 + 1 + 1 + 1 + 1 = 378$ kendaraan. Berikut merupakan hasil jumlah kendaraan masuk dan keluar gerbang tol pada tabel 4.

D. Analisis Waktu Pelayanan

Waktu pelayanan yang digunakan untuk perencanaan gerbang tol Sigli – Banda Aceh dari hasil pelaksanaan survei di gerbang tol Binjai untuk gardu tol otomatis dan di gerbang tol JORR S untuk gardu tol *on board unit*. Berikut merupakan grafik waktu pelayanan golongan I pada gambar 3. Berikut penjelasan dari gambar 3 untuk waktu pelayanan golongan I:

| | |
|----------------------|------------|
| Rata-rata | : 8,67 |
| Median | : 8 |
| Modus` | : 8 |
| Persentase Kumulatif | : 50% = 8 |
| | : 80% = 10 |
| Waktu Pelayanan | : 8 |

Dalam menentukan waktu pelayanan dari setiap golongan kendaraan dilihat dari nilai rata-rata (mean), persentase kumulatif 50%, dan persentase kumulatif 80%. Dan untuk menentukannya dari 3 nilai yang disebutkan sebelumnya diperiksa dengan nilai median dan modus. Setelah itu dicari

nilai yang lebih dekat dengan nilai median dan modus. Sehingga setelah dianalisis waktu pelayanan untuk golongan I 8 detik, golongan II 9 detik, golongan III 12 detik, golongan IV 12 detik, golongan V 13 detik, dan untuk golongan I pada gardu *On Board Unit* 5 detik.

E. Analisis Tingkat Pelayanan

Analisis tingkat pelayanan menggunakan data waktu pelayanan dari tiap golongan dan tingkat kedatangan dari tiap golongan kendaraan. Berdasarkan hasil survey waktu pelayanan melalui CCTV yang dilakukan pada gerbang tol Binjai dan gerbang tol JORR S memberikan hasil bahwa kendaraan golongan I yang masuk ke gardu tol otomatis khusus golongan I direncanakan dengan proporsi 55%, 30% masuk ke gardu tol otomatis dan 15% masuk ke gardu tol *On Board Unit*.

Berikut merupakan contoh perhitungan tingkat pelayanan untuk Gerbang Tol Padang Tiji pada gardu tol otomatis (GTO) masuk yang dapat dilalui semua golongan kendaraan pada tahun 2021.

1) Waktu Pelayanan :

- 1. Golongan I = 8 detik = 450 kend/jam
- 2. Golongan II = 9 detik = 400 kend/jam
- 3. Golongan III = 12 detik = 300 kend/jam
- 4. Golongan IV = 12 detik = 300 kend/jam
- 5. Golongan V = 13 detik = 276,92 kend/jam
- 6. Golongan I OBU = 5 detik = 720 kend/jam

2) Tingkat Kedatangan :

- 1. Golongan I = $378 \times 30\% = 113,4$ kend/jam
- 2. Golongan II = 68 kend/jam
- 3. Golongan III = 22 kend/jam
- 4. Golongan IV = 8 kend/jam
- 5. Golongan V = 7 kend/jam

Berikut contoh perhitungan tingkat pelayanan pada gardu tol otomatis di gerbang tol Padang Tiji :

$$\mu = \frac{(113 \times 450) + (68 \times 400) + (22 \times 300) + (8 \times 300) + (7 \times 277)}{113 + 68 + 22 + 8 + 7}$$

$$= 408 \text{ kend/jam}$$

F. Analisis Intensitas Gerbang Tol

Perencanaan intensitas gerbang tol kendaraan untuk golongan I menggunakan proporsi yang masuk pada gardu tol otomatis, gardu tol otomatis khusus, dan gardu tol *on board unit* sedangkan untuk golongan II – golongan V semua masuk ke sistem tol otomatis. Berikut contoh analisis intensitas lalu lintas pada gerbang tol Padang Tiji tahun 2021 arah masuk :

1) Gardu Tol Masuk dan Keluar

| | |
|--|---|
| Jumlah (N) GTO khusus Gol. I | = 1 |
| Jumlah (N) gardu tol otomatis | = 1 |
| Jumlah gardu <i>On Board Unit</i> | = 1 |
| λ_1 GTO khusus Gol. I | = $378 \times 55\%$ = 208 kend/jam |
| λ_2 gardu tol otomatis | = $(378 \times 30\%) + (68 + 22 + 8 + 7)$ = 218 kend/jam |
| λ_3 gardu <i>On Board Unit</i> | = $378 \times 15\%$ = 57 kend/jam |
| μ_1 GTO khusus Gol. I | = 450 kend/jam |
| μ_2 gardu tol otomatis | = 408 kend/jam |
| μ_3 gardu <i>On Board Unit</i> | = 720 kend/jam |

1. Gardu Tol Otomatis Khusus Gol. I :

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1/N_1}{\mu_1} = \frac{208/1}{450} = 0,462 < 1 \text{ (OK)}$$

2. Gardu Tol Otomatis :

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2/N_2}{\mu_2} = \frac{218/1}{408} = 0,535 < 1 \text{ (OK)}$$

3. Gardu Tol *On Board Unit* :

$$\rho_3 = \frac{\lambda_3/N_3}{\mu_3} = \frac{57/1}{720} = 0,079 < 1 \text{ (OK)}$$

Dikarenakan ρ_1 , ρ_2 , dan ρ_3 yang dianalisis < 1 , maka intensitas lalu lintas pada gerbang tol Padang Tiji arah masuk aman.

G. Analisis Antrian Pada Gerbang Tol

Analisis antrian pada gerbang tol menggunakan rumus *First In First Out* (FIFO). Analisis antrian pada gerbang untuk mengetahui panjang antrian dan waktu antrian pada gerbang tol. Analisis antrian menggunakan data jumlah gardu tol yang sama dengan data analisis intensitas lalu lintas. Berikut contoh analisis antrian lalu lintas pada gerbang tol Padang Tiji tahun 2021 arah masuk :

1) Gardu Tol Masuk dan Keluar

| | |
|--|----------------|
| Jumlah (N) GTO khusus Gol. I | = 1 |
| Jumlah (N) gardu tol otomatis | = 1 |
| Jumlah gardu <i>On Board Unit</i> | = 1 |
| λ_1 GTO khusus Gol. I | = 208 kend/jam |
| λ_2 gardu tol otomatis | = 218 kend/jam |
| λ_3 gardu <i>On Board Unit</i> | = 57 kend/jam |
| μ_1 GTO khusus Gol. I | = 450 kend/jam |
| μ_2 gardu tol otomatis | = 408 kend/jam |
| μ_3 gardu <i>On Board Unit</i> | = 720 kend/jam |
| ρ_1 | = 0,462 |
| ρ_2 | = 0,535 |
| ρ_3 | = 0,079 |

1. Gardu Tol Otomatis Khusus Gol. I :

$$n = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0,462}{1 - 0,462} = 0,86 \approx 1 \text{ kend}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0,462^2}{1 - 0,462} = 0,4 \approx 1 \text{ kend} < 10 \text{ kend}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{450 - 208/1} \times 3600 = 14,87 \text{ detik}$$

$$w = d - \left(\frac{1}{\mu} \times 3600\right) = 14,87 - \left(\frac{1}{450} \times 3600\right) = 6,87 \text{ detik}$$

2. Gardu Tol Otomatis :

$$n = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0,535}{1 - 0,535} = 0,15 \approx 1 \text{ kend}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0,535^2}{1 - 0,535} = 0,62 \approx 1 \text{ kend} < 10 \text{ kend}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{408 - 218/1} \times 3600 = 18,96 \text{ detik}$$

$$w = d - \left(\frac{1}{\mu} \times 3600\right) = 18,96 - \left(\frac{1}{408} \times 3600\right) = 10,14 \text{ detik}$$

3. Gardu Tol *On Board Unit* :

$$n = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{0,079}{1 - 0,079} = 0,09 \approx 1 \text{ kend}$$

$$q = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{0,079^2}{1 - 0,079} = 0,01 \approx 1 \text{ kend} < 10 \text{ kend}$$

$$d = \frac{1}{\mu - \lambda/N} \times 3600 = \frac{1}{720 - 57/1} \times 3600 = 5,43 \text{ detik}$$

$$w = d - \left(\frac{1}{\mu} \times 3600\right) = 5,43 - \left(\frac{1}{720} \times 3600\right) = 0,43 \text{ detik}$$

Setelah dilakukan analisis, nilai $q < 10$ pada semua gerbang tol Sigli – Banda Aceh maka panjang antrian pada gerbang tol dinyatakan aman.

H. Perencanaan Gerbang Tol Sigli – Banda Aceh Tahun 2031

Perencanaan gerbang tol Sigli – Banda Aceh pada tahun 2031 dilakukan untuk mengetahui kemampuan gerbang tol dalam melayani kendaraan yang lewat dengan jumlah kendaraan yang meningkat dari tahun 2021. Perhitungan dan data perencanaan menggunakan urutan pengerjaan yang sama dengan perhitungan sebelumnya. Berikut contoh perhitungan lalu lintas harian 2031 dengan data laju pertumbuhan lalu lintas pada tabel 5 dan volume lalu lintas jalan tol tahun 2021 pada tabel 6.

| | |
|-----------------|--------------------------------|
| LHR 2021 – 2022 | = 3396 + (3396 x 32,5%) = 4500 |
| LHR 2022 – 2023 | = 4500 + (4500 x 27,8%) = 5751 |
| LHR 2023 – 2024 | = 5751 + (5751 x 6,5%) = 6124 |
| LHR 2024 – 2025 | = 6124 + (6124 x 7,0%) = 6553 |
| LHR 2025 – 2026 | = 6553 + (6553 x 7,0%) = 7012 |
| LHR 2026 – 2027 | = 7012 + (7012 x 6,5%) = 7468 |
| LHR 2027 – 2028 | = 7468 + (7468 x 6,5%) = 7953 |
| LHR 2028 – 2029 | = 7953 + (7953 x 6,5%) = 8470 |
| LHR 2029 – 2030 | = 8470 + (8470 x 6,0%) = 8978 |
| LHR 2030 – 2031 | = 8978 + (8978 x 6,0%) = 9517 |

Dilakukan cara yang sama seperti cara di atas untuk semua golongan kendaraan dan semua arah untuk mendapatkan lalu lintas harian rata-rata pada tahun 2031. Berikut merupakan volume lalu lintas jalan tol tahun 2031 pada tabel 7. Setelah didapatkannya volume lalu lintas jalan tol pada tahun 2031 selanjutnya dianalisis seperti perhitungan sebelumnya sampai mendapatkan jumlah gardu tol yang direncanakan.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan pada perencanaan gerbang tol Sigli – Banda Aceh sebagai berikut :

1) Jumlah tingkat kedatangan kendaraan yang terdistribusi ke tiap gerbang tol Sigli – Banda Aceh tahun 2021:

Gerbang tol Padang Tiji, tingkat kedatangan kendaraan arah masuk dan keluar sebesar 483 kend/jam. Gerbang tol Seulimeum, tingkat kedatangan kendaraan arah masuk dan keluar sebesar 896 kend/jam. Gerbang tol Jantho, tingkat kedatangan kendaraan arah masuk dan keluar sebesar 881 kend/jam. Gerbang tol Indrapuri, tingkat kedatangan kendaraan arah masuk dan keluar sebesar 561 kend/jam. Gerbang tol Blang Bintang, tingkat kedatangan kendaraan arah masuk dan keluar 209 kend/jam. Gerbang tol Kuta Baro, tingkat kedatangan kendaraan arah masuk dan keluar 193 kend/jam. Gerbang tol Baitussalam, tingkat kedatangan kendaraan arah masuk dan keluar 115 kend/jam.

2) *Jumlah gardu pada gerbang tol Sigli – Banda Aceh tahun 2021:*

Gerbang tol Padang Tiji arah masuk dan keluar terdapat 1 gardu tol otomatis, 1 gardu tol otomatis khusus, dan 1 gardu tol *on board unit*. Gerbang tol Seulimeum dan Jantho arah masuk dan keluar terdapat 2 gardu tol otomatis, 1 gardu tol otomatis khusus, dan 1 gardu tol *on board unit*. Gerbang tol Indrapuri, Blang Bintang, Kuta Baro, dan Baitussalam arah masuk dan keluar terdapat 1 gardu tol otomatis, 1 gardu tol otomatis khusus, dan 1 gardu tol *on board unit*.

3) *Panjang Antrian kendaraan pada gerbang tol Sigli – Banda Aceh tahun 2021:*

Gerbang tol Padang Tiji, panjang antrian kendaraan arah masuk dan keluar terdapat 1 kendaraan pada gardu tol otomatis, 1 kendaraan pada gardu tol otomatis khusus, dan 1 kendaraan pada gardu tol *on board unit*. Gerbang tol Seulimeum, panjang antrian kendaraan arah masuk dan keluar terdapat 1 kendaraan pada gardu tol otomatis, 7 kendaraan pada gardu tol otomatis khusus, dan 1 kendaraan pada gardu tol *on board unit*. Gerbang tol Jantho, panjang antrian kendaraan arah masuk dan keluar terdapat 1

kendaraan pada gardu tol otomatis, 6 kendaraan pada gardu tol otomatis khusus, dan 1 kendaraan pada gardu tol *on board unit*. Gerbang tol Indrapuri, Blang Bintang, Kuta Baro, dan Baitussalam panjang antrian kendaraan arah masuk dan keluar terdapat 1 kendaraan pada gardu tol otomatis, 1 kendaraan pada gardu tol otomatis khusus, dan 1 kendaraan pada gardu tol *on board unit*.

4) *Jumlah tingkat kendaraan yang masuk gerbang tol*

Jumlah tingkat kendaraan yang masuk gerbang tol pada tahun 2031 meningkat maka dari itu terjadinya pertumbuhan tingkat kedatangan, jumlah gardu tol, dan panjang antrian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, “Pemutakhiran Rencana Kerja Pemerintah Tahun 2019.” Jakarta, 2018.
- [2] Bank Indonesia, “Laporan Perekonomian Provinsi Aceh.” Banda Aceh, 2019.
- [3] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, “Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia.” Jakarta, 2014.
- [4] O. Z. Tamin, *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi contoh soal dan aplikasi*. Bandung: Penerbit ITB, 2003.