

**PERBANDINGAN DAMPAK METODE KERJA PIER HEAD
MENGUNAKAN SOSROBAHU, *CAST IN SITU* DAN
SEGMENTAL TERHADAP PENGGUNA JALAN
(Studi kasus Proyek Jalan Tol Jakarta Cikampek II Elevated)**

Nurayni¹ dan Pio Ranap Tua Naibaho,²

Email : ayni2718@gmail.com

¹ Mahasiswa Magister Teknik Sipil Tama Jagakarsa

² Dosen Magister Teknik Sipil Tama Jagakarsa

Abstrak

Tol Jakarta Cikampek merupakan jalan tol dari Cawang menuju Cikampek, jalan tol tersebut termasuk jalan tol yang volume lalu lintasnya cukup padat sehingga sering terjadi kemacetan. Untuk mengurangi tingkat kemacetan tersebut diperlukan beberapa metode salah satunya yaitu membangun jalan tol di atas jalan tol (jalan tol Jakarta – Cikampek II *Elevated*). Pembangunan jalan tol Jakarta Jakarta – Cikampek II (*Elevated*) di bangun di atas jalan tol yang sudah beroperasi dengan volume lalu lintas yang cukup tinggi, sehingga memerlukan beberapa metode yang bisa mengurangi tingkat kemacetan pada jalan tol *existing* ini, salah satunya yaitu metode pier head dengan menggunakan Sosrobahu, *Cast In Situ* dan *Segmental*. Dari hasil survey, analisis dan perhitungan untuk metode Sosrobahu di peroleh karakteristik kemacetan berupa panjang antrian maksimum (nm) sebesar 58 smp, lama kemacetan terjadi (te) sebesar 31 menit, jumlah kendaraan yang terpengaruh kemacetan (ne) sebesar 642 smp, tundaan maksimum (dm) 6.64 menit, dan untuk biaya konsumsi BBM Rp. 614.800,- /1000 km, untuk metode *Cast In Situ* di peroleh panjang antrian maksimum (nm) sebesar 282 smp, lama kemacetan terjadi (te) sebesar 462 menit, jumlah kendaraan yang terpengaruh kemacetan (ne) sebesar 8.637 smp, tundaan maksimum (dm) 5 menit, dan untuk biaya konsumsi BBM Rp. 685.194,- /1000 km dan untuk metode *Seqmental* di peroleh panjang antrian maksimum (nm) sebesar 729 smp, lama kemacetan terjadi (te) sebesar 938 menit, jumlah kendaraan yang terpengaruh kemacetan (ne) sebesar 16.447 smp, tundaan maksimum (dm) 15 menit, dan untuk biaya konsumsi BBM Rp. 734.8314,- /1000 km.

Kata kunci: Tol Jakarta – Cikampek II *Elevated*, karekteristik kemacetan dan BOK

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan tol Jakarta - Cikampek adalah sebuah jalan tol dari Cawang menuju Cikampek. Jalan tol ini mempunyai beberapa gerbang tol yaitu Cawang, Halim, Pondok Gede Barat, Pondok Gede Timur, Cikunir, Bekasi Barat, Bekasi Timur, Tambun, Cibitung, Cikarang Utama, Cikarang Barat, Cibatu, Cikarang Timur, Karawang Barat, Karawang Timur, Dawuan, Kalihurip, Cikampek dan Cikopo. Dan melintasi Kota Jakarta Timur, Kota dan Kabupaten Bekasi, Kabupaten Karawang, dan Kabupaten Purwakarta. ([id.m.wikipedia.org/wiki/Jalan Tol Jakarta - Cikampek](http://id.m.wikipedia.org/wiki/Jalan_Tol_Jakarta_-_Cikampek)).

Volume Lalu lintas yang melewati jalan Tol Jakarta – Cikampek *Eksisting* pada tahun 2015 (berdasarkan data PT. Jasa Marga (Persero) Tbk, paling besar pada ruas Cikunir – Bekasi Barat yaitu sebesar 254.724 kendaraan/hari, sedangkan paling kecil ada pada ruas Kalihurip – Cikampek yaitu sebesar 49.453 kendaraan/hari. Jika jumlah tersebut di konfersikan kedalam satuan mobil penumpang (smp/jam) sesuai Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) dan dengan nilai $k = 10\%$ maka di peroleh masing – masing sebesar 27.715 smp/jam untuk ruas Cikunir – Bekasi Barat dan 5.465 smp/jam untuk ruas Kalihurip – Cikampek. Sehingga diperoleh nilai kapasitas jalan Tol Jakarta – Cikampek *existing* ($C = 23.000$ smp/jam/lajur untuk ruas Cikunir – Bekasi Barat dan $C = 18.400$ smp/jam/lajur) dan di peroleh derajat kejenuhan (DS) 1.21

untuk ruas Cikunir – Bekasi Barat dan 0,30 untuk ruas Kalihurip – Cikampek. Dari data tersebut, dapat dilihat tingkat pelayanan jalan terhadap volume/kapasitas (V/C). yaitu tingkat pelayanan termasuk golongan F ($V/C > 1$) dengan karekteristik arus terhambat (berhenti, antrian, macet) untuk ruas Cikunir – Bekasi Barat dan tingkat pelayanan B ($V/C 0,20 - 0,44$) dengan karekteristik arus stabil untuk ruas Kalihurip – Cikampek. Jalan tol Jakarta - Cikampek saat ini (*existing*) mengalami kepadatan atau kemacetan yang cukup parah, sehingga diperlukan beberapa alternatif untuk mengurangi kemacetan yang terjadi, salah satunya pembangunan ruas baru diatas jalan tol *existing*, dengan ini rencana akan di bangun ruas jalan Tol Jakarta – Cikampek II diatasnya (*elevated*).

Pembangunan jalan Tol Jakarta – Cikampek II *Elevated* didesain sepanjang 38 Km, dimulai dari titik awal kawasan Simpang Susun Cikunir sampai dengan Simpang Susun Karawang Barat, yaitu dari KM. 9+500 - 47+500. Pembangunan ini dibagi menjadi 2 (dua) area kerja yaitu area 1 (satu) wilayah kerja PT. Waskita Karya dari KM. 9+500 - 28+450 dan area 2 (dua) wilayah kerja PT. Acset Indonusa Tbk dari KM. 28+450 - 47+500m.

Pekerjaan kontruksi pada jalan Tol Jakarta – Cikampek II *Elevated* direncanakan berada diatas Ruas Jalan Tol Jakarta - Cikampek *Existing*, pekerjaan kontruksi ini memanfaatkan median jalan tol *existing* untuk penempatan posisi tiang pondasi atau pilar (*pier head*) strukturnya sehingga

menghindari pembebasan tanah yang membutuhkan waktu cukup lama.

1.2 Identifikasi Masalah

Pekerjaan konstruksi pembangunan jalan Tol Jakarta – Cikampek II *Elevated* memanfaatkan median jalan tol *existing* untuk penempatan posisi tiang pondasi atau pilar (*pier head*) strukturnya. Posisi tiang pondasi (*pier head*) pada pembangunan Jalan Tol Jakarta - Cikampek II *Elevated* persis berada ditengah – tengah ruas jalan tol *existing* (median jalan) yang sangat padat lalu lintasnya baik di siang hari ataupun malam hari. Sehingga diperlukan beberapa metode kerja untuk memudahkan pekerjaan dan tidak mengganggu lalu lintas di sekitar pembangunan sehingga pelaksanaan pekerjaan bisa berjalan dengan baik dan lancar. Beberapa metode pelaksanaan *pier head* yang digunakan dalam pembangunan jalan Tol Jakarta – Cikampek adalah metode Sosrobahu, *Cast In Situ (Bracket dan shoring)* dan *Segmental (Precast)*.

1.3 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada proyek pembangunan jalan Tol Jakarta – Cikampek Elevated II Adapun peta lokasi penelitian dapat di lihat pada Gambar III.2 berikut:



Gambar. 1 Peta Jalan Tol Jakarta – Cikampek II Elevated

1.4 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini disusun sebagai berikut:

- Bagaimana gambaran metode kerja *Pier Head* menggunakan sosrobahu, *Cast In Situ (Bracket dan shoring)* dan *Segmental (Precast)* di pembangunan Jalan Tol Jakarta – Cikampek II *Elevated* sebagai alternatif menghindari kemacetan lalu lintas di jalan tol Jakarta – Cikampek.
- Bagaimana gambaran panjang antrian bagi pengguna jalan tol Jakarta – Cikampek dengan metode kerja *Pier Head* menggunakan sosrobahu, *Cast In Situ (Bracket dan shoring)* dan *Segmental (Precast)*.
- Bagaimana gambaran waktu tunda kendaraan (berapa menit/kendaraan) bagi pengguna jalan tol Jakarta – Cikampek dengan metode kerja *Pier Head* menggunakan sosrobahu, *Cast In Situ (Bracket dan shoring)* dan *Segmental (Precast)*.
- Bagaimana kerugian pengguna jalan tol terhadap metode kerja *Pier*

Head menggunakan *sosrobahu*, *Cast In Situ (Bracket dan shoring)* dan *Segmental (Precast)* di pembangunan Jalan Tol Jakarta – Cikampek II *Elevated*.

1.5 Batasan Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini di batasi pada :

- a. Lokasi penelitian dilakukan di proyek tol Jakarta – Cikampek II *Elevated* hanya pada ruas jalan tol yang memiliki 4 lajur.
- b. Tinjauan ruas jalan Tol Jakarta - Cikampek adalah satu arah, yaitu ruas jalan yang berasal dari arah Jakarta menuju arah Cikampek.
- c. Objek yang di teliti adalah *Pier Head* menggunakan metode *Sosrobahu*, *Cast In Situ (Bracket dan shoring)* dan *Segmental (Precast)* yang berada di daerah median (tengah) jalan. (jumlah lajur sama, tidak ada tambahan masukan/keluaran kendaraan pada lokasi pier yang ditinjau).
- d. Membandingkan ketiga metode tersebut dari panjang antrian, waktu tunda kendaraan, dan kerugian pengguna jalan tol.
- e. Kerugian pengguna jalan tol yang ditinjau hanya pada nilai bahan bakar minyak (BBM), (lama antrian, waktu tunda dan BBM yang digunakan).
- f. Penelitian ini tidak melihat pada waktu penutupan lajur (*window time*) yang diijinkan.
- g. Penelitian ini tidak melihat golongan kendaraan (golongan I, II, III, IV dan V) pada jalan tol Jakarta – Cikampek *existing*.

- h. Penelitian ini tidak membahas dan menganalisa kekutan bekisting, perancah dan struktur *pier Head*.

1.6 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini yaitu:

- a. Mengetahui teknologi *pier head* dalam pembangunan jembatan layang yang dapat mengurangi tingkat kemacetan pada saat proses pembangunan berlangsung.
- b. Mengetahui metode kerja *Pier head* yang lebih efektif, efisien dan aman di gunakan pada pembangunan jalan yang lalu lintas di sekitarnya padat seperti jalan tol Jakarta – Cikampek.
- c. Mengetahui efektivitas dari panjang antrian dan waktu tunda kendaraan dari ketiga metode pekerjaan *pier head* di Proyek Pembangunan Jalan Tol Jakarta – Cikampek II *Elevated* sehingga mengurangi kerugian pengguna jalan tol .
- d. Mengetahui besarnya biaya kerugian bahan bakar minyak (BBM) bagi pengguna

1.7 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini yaitu :

- a. Menjadi sumber informasi untuk memilih metode kerja *Pier Head* yang efisien dan aman di gunakan pada pembangunan jalan yang lalu lintas di sekitarnya padat seperti jalan tol Jakarta – Cikampek.
- b. Dapat menjadi sumber data sebagai referensi penelitian selanjutnya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

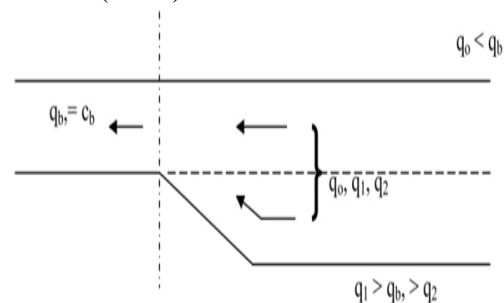
2.1 Pengertian Kemacetan Lalu Lintas

Kemacetan adalah kondisi dimana arus lalu lintas yang lewat pada ruas jalan yang ditinjau melebihi kapasitas rencana jalan tersebut yang mengakibatkan kecepatan bebas ruas jalan tersebut mendekati atau melebihi 0 km/jam sehingga menyebabkan terjadinya antrian. Pada saat terjadinya kemacetan, nilai derajat kejenuhan pada ruas jalan akan ditinjau dimana kemacetan akan terjadi bila nilai derajat kejenuhan mencapai lebih dari 0,5 (MKJI, 1997).

Kemacetan lalu lintas terjadi bila ditinjau dari tingkat pelayanan jalan yaitu pada kondisi lalu lintas mulai tidak stabil, kecepatan operasi menurun relatif cepat akibat hambatan yang timbul dan kebebasan bergerak relatif kecil. Pada kondisi ini nilai volume per kapasitas (V/C) lebih besar atau sama dengan 0,80 dan $V/C > 0,80$ jika tingkat pelayanan sudah mencapai E. Aliran lalu lintas menjadi tidak stabil sehingga terjadi tundaan berat yang disebut dengan kemacetan lalu lintas. Jadi kemacetan adalah turunnya tingkat kelancaran arus lalu lintas pada jalan yang ada dan sangat mempengaruhi para pelaku perjalanan, baik yang menggunakan angkutan umum maupun angkutan pribadi. Kemacetan mulai terjadi jika arus lalu lintas mendekati besaran kapasitas jalan dan semakin meningkat apabila arus begitu besarnya sehingga kendaraan sangat berdekatan satu sama lainnya. Kemacetan total terjadi apabila kendaraan bergerak sangat lambat atau kendaraan berhenti.

Kemacetan juga sering terjadi karena adanya penyempitan pada jalur jalan. Penyempitan terjadi apabila arus yang melalui bagian jalan bebas hambatan melampaui kapasitas bagian jalan tersebut. Pada umumnya terjadi karena meningkatnya arus hingga diatas kapasitas normal bagian jalan yang ditinjau ataupun pengurangan sementara kapasitas dibagian jalan yang ditinjau hingga dibawah kapasitas normal. Penyempitan bisa saja bersifat tetap dan sementara.

Penyempitan yang terjadi karena peningkatan arus mendadak hingga melampaui kapasitas normal bagian jalan yang ditinjau. Andaikan arus meningkat dari $q_0 (< c_b)$ hingga $q_1 (> c_b)$ pada waktu t_0 dimana $c_b (=q_b)$ adalah kapasitas pada bagian jalan yang mengalami penyempitan. Misalkan kondisi ini (disebut arus tahap - 1) tetap selama t_1 , yang kemudian menurun hingga $q_2 (< c_b)$ dalam arus tahap - 2. Teori tentang kedua model dapat dilihat di May (1990), Morales (1986), Wirasinghe, (1978), dan McShane and Roess (1990).



Gambar 2. Daerah yang menyempit di jalan bebas hambatan

2.2 Dampak Negatif Kemacetan

Menurut Tamin (2000), masalah lalu lintas atau kemacetan menimbulkan

kerugian yang sangat besar bagi pemakai jalan, terutama dalam hal pemborosan waktu (tundaan), pemborosan bahan bakar, pemborosan tenaga dan rendahnya kenyamanan berlalu lintas serta meningkatnya polusi baik suara maupun polusi udara.

2.3 Kapasitas

Menurut (MKJI,1997) kapasitas dapat didefinisikan sebagai arus maksimum yang dapat dipertahankan persatuan jam yang melewati suatu titik di jalan dalam kondisi yang ada. Untuk jalan dua lajur dua arah, kapasitas didefinisikan untuk arus dua arah (kedua arah kombinasi), tetapi untuk jalan dengan banyak lajur, arus dipisahkan per arah perjalanan dan kapasitas didefinisikan per lajur. Persamaan dasar untuk menentukan kapasitas sesuai dengan MKJI adalah sebagai berikut:

$$C = C_o \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{CS} \quad (2.1)$$

dimana:

C=Kapasitas (smp/jam)

C_o=Kapasitas dasar (smp/jam)

FC_W=Faktor penyesuaian lebar jalan

FC_{SP}=Faktor penyesuaian pemisahan arah (hanya untuk jalan tak terbagi)

FC_{SF} =Faktor penyesuaian hambatan sampling dan bahu jalan

FC_{CS}=Faktor penyesuaian ukuran kota

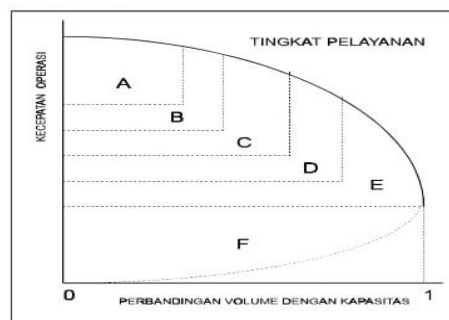
2.4 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik atau pada suatu ruas jalan dalam waktu yang lama (minimal 24 jam) tanpa membedakan arah dan lajur.segmen jalan selama selang waktu tertentu

yang dapat diekspresikan dalam tahunan, harian (LHR), jam-an atau sub jam. Volume lalu-lintas yang diekspresikan dibawah satu jam (sub jam) seperti, 15 menit dikenal dengan istilah rate of flow atau nilai arus. Untuk mendapatkan nilai arus suatu segmen jalan yang terdiri dari banyak tipe kendaraan maka semua tipe-tipe kendaraan tersebut harus dikonversi ke dalam satuan mobil penumpang (smp). Konversi kendaraan ke dalam satuan smp diperlukan angka faktor ekivalen untuk berbagai jenis kendaraan.

2.5 Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan berkaitan dengan kecepatan operasi atau fasilitas jalan, yang tergantung pada perbandingan antara arus terhadap kapasitas. Oleh karena itu, tingkat pelayanan pada suatu jalan tergantung pada arus lalu lintas. Definisi ini digunakan oleh *Highway Capacity Manual*, diilustrasikan dengan gambar berikut yang mempunyai enam buah tingkat pelayanan, yaitu:



Gambar 3. Hubungan antara kecepatan operasi dengan perbandingan volume dengan kapasitas

Pada gambar tersebut dapat didefinisikan sebagai berikut :

- a. Tingkat pelayanan A= Kondisi arus bebas dengan kecepatan tinggi dan volume lalu lintas rendah (Rasio volume terhadap kapasitas (VCR) 0,00 - 0,19)
- b. Tingkat pelayanan B= Kondisi arus stabil, tetapi kecepatan mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas (Rasio volume terhadap kapasitas (VCR) 0,20 – 0,44)
- c. Tingkat pelayanan C = Kondisi arus stabil, tetapi kecepatan dan pergerakan kendaraan dikendalikan (Rasio volume terhadap kapasitas (VCR) 0,45 – 0,74)
- d. Tingkat pelayanan D = Kondisi arus mendekati tidak stabil, tetapi kecepatan masih dapat dikendalikan (Rasio volume terhadap kapasitas (VCR) 0,75 – 0,84)
- e. Tingkat pelayanan E = Kondisi arus tidak stabil, terkadang terhenti volume sudah mendekati kapasitas (tersendat-sendat) (Rasio volume terhadap kapasitas (VCR) 0,85 – 1,00)
- f. Tingkat pelayanan F= Kondisi arus terhambat atau arus dipaksakan, kecepatan rendah. Volume diatas kapasitas antrian panjang (berhenti, antrian, macet) (Rasio volume terhadap kapasitas (VCR) $\geq 1,00$)

2.6 Antrian

Menurut Tamin (2000), antrian pada dasarnya terjadi karena proses pergerakan arus lalu lintas (manusia dan/atau kendaraan) terganggu oleh

adanya suatu kegiatan pelayanan yang harus dilalui, seperti misalnya: antrian kendaraan yang terbentuk di pintu gerbang tol terjadi karena pergerakan arus kendaraan tersebut terpaksa harus terganggu oleh adanya kegiatan pengambilan dan/atau pengembalian (pembayaran) karcis tol.

Hal ini hampir sama dengan kasus yang terjadi pada saat penutupan lajur jalan akibat kegiatan suatu kontruksi pembangunan atau perbaikan jalan. Kegiatan tersebut akan menyebabkan gangguan pada proses pergerakan arus kendaraan sehingga mengakibatkan terjadinya antrian kendaraan di mana pada suatu kondisi, antrian kendaraan tersebut akan dapat mengakibatkan permasalahan bagi pengguna (dalam bentuk waktu antrian) maupun pelanggan (dalam bentuk panjang antrian).

Terdapat 4 (empat) parameter utama yang selalu digunakan dalam menganalisa antrian yaitu n , q , d , dan w . Definisi dari setiap parameter tersebut adalah :

n = Jumlah kendaraan atau orang dalam sistem (kendaraan atau orang per satuan waktu)

q = Jumlah kendaraan atau orang dalam antrian (kendaraan atau orang per satuan waktu)

d = Waktu kendaraan atau orang dalam sistem (satuan waktu)

w = Waktu kendaraan atau orang dalam antrian (satuan waktu)

Persamaan berikut merupakan persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung n , q , d , dan w untuk disiplin antrian FIFO

$$n = \lambda / (\mu - \lambda) = \rho / (1 - \rho) \quad (2.2)$$

$$q = \lambda^2 / \mu(\mu - \lambda) = \rho^2 / (1 - \rho) \quad (2.3)$$

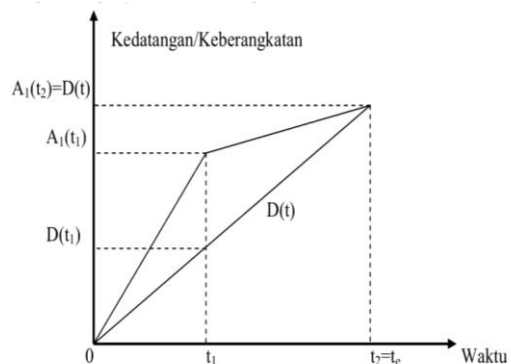
$$d = 1 / (\mu - \lambda) \quad (2.4)$$

$$w = \lambda / \mu(\mu - \lambda) = d^2 - 1/\mu \quad (2.5)$$

Beberapa asumsi yang diperlukan dalam penggunaan disiplin antrian FIFO adalah:

- Persamaan (2.2) sampai dengan (2.5) hanya berlaku untuk lajur tunggal dan dengan nilai $\rho = \lambda/\mu < 1$. Jika nilai $\rho > 1$, maka diharuskan menambah beberapa lajur tunggal (multilajur).
- Jika terdapat lebih dari 1 (satu) lajur (katakan N lajur), maka diasumsikan bahwa tingkat kedatangan (λ) akan membagi dirinya secara merata untuk setiap lajur sebesar λ / N , dimana setiap antrian berlajur tunggal akan dapat menggunakan persamaan (2.2) sampai (2.5).
- Waktu pelayanan antar tempat pelayanan diasumsikan relatif sama atau dengan standar deviasi waktu pelayanan antar tempat pelayanan relatif kecil.

Berdasarkan teori antrian tertentu, kendaraan yang datang (*arrival vehicles*) pada arus tahap - 1 selama t_1 diasumsikan linier dan persamaannya adalah $A_1(t) = q_1.t$ dan juga untuk arus tahap 2 selama $(t_2 - t_1)$ berbentuk $A_2(t) = q_2.t$ Sedangkan kendaraan yang berangkat (*departure vehicles*) baik pada tahap - 1 maupun tahap - 2 mempunyai bentuk $D(t) = q_b.t$.



Gambar 4 Kurva kedatangan dan keberangkatan menurut antrian tertentu

Kendaraan yang tidak dapat melalui daerah sempit selama arus tahap - 1 akan berakumulasi dan menghasilkan antrian. Laju akumulasi dalam antrian yang terjadi adalah $q_1 - q_b$. Dalam arus tahap - 2, antrian kendaraan akan berkurang dengan laju $q_2 - q_b$ karena arus sekarang lebih kecil dibanding kapasitas di daerah sempit. Dari Gambar 2.5 dapat dilihat bahwa panjang antrian maksimum (nm) adalah :

$$nm = A_1(t_1) - D(t_1) \quad (2.6)$$

Bila arus tahap - 2 bertahan cukup lama maka antrian akan hilang pada saat $t = t_2 = t_e$, dimana di titik ini $A_2(t_2) = D(t_2)$. Waktu $t_2 (=t_e)$ ini juga merupakan lamanya kemacetan dan dapat dicari dari lamanya arus tahap - 1 (t_1).

Panjang antrian maksimum (n_m), arus di daerah sempit (q_b), dan arus tahap - 2 (q_2) yaitu :

$$T_e = T_1 \frac{nm}{(q_b - q_2)} \quad (2.7)$$

Jumlah kendaraan yang dipengaruhi oleh kemacetan adalah n_e yaitu jumlah kendaraan yang lepas dari antrian selama periode kemacetan yaitu,

$$n_e = q_b t_e \quad (2.8)$$

Tundaan tiap kendaraan diberikan oleh jarak horizontal antara kurva kedatangan dan keberangkatan dengan asumsi tidak ada penyalipan. Dengan begitu tundaan maksimum (d_m) terjadi pada kendaraan terakhir pada arus tahap - 1 yaitu :

$$dm = \frac{A1(t1)}{q_b} - \frac{A1(t1)}{q1} \quad (2.9)$$

atau,

$$dm = \frac{nm}{q_b} \quad (2.10)$$

Oleh karena itu luas segitiga pada Gambar 2.5. akan memberikan tundaan total (d_t) yaitu :

$$d_t = \frac{1}{2} n_m [t_1 + (t_e - 1)] \quad (2.11)$$

Tundaan rata-rata (d_r) dari semua kendaraan yang terpengaruh oleh kemacetan menjadi,

$$dr = \frac{dt}{n_e} \quad (2.12)$$

2.7 Biaya Operasi Kendaraan (BOK)

Biaya operasi kendaraan (BOK) merupakan suatu nilai menyatakan besaran biaya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan suatu kendaraan pada kondisi lalu lintas dan jalan untuk jenis kendaraan per kilometer jarak tempuh. BOK terdiri atas beberapa komponen, yaitu sebagai berikut :

- Biaya tidak tetap (*Running Cost*), biaya yang terdiri dari biaya bahan bakar, biaya oli/pelumas, biaya pemakaian ban, biaya pemeliharaan (servis kecil/besar) dan biaya tak terduga kendaraan
- Biaya tetap, biaya yang terdiri dari biaya asuransi, bunga modal, depresiasi (penyusutan kendaraan)

Dalam penelitian ini BOK yang di tinjau adalah konsumsi bahan bakar

minyak (BBM) yang dihabiskan selama ad annya kegiatan penutupan lajur. Perhitungan BOK menggunakan perhitungan model PCI (*Pacific Consultants International*). Model PCI merupakan penjumlahan dari biaya tidak tetap (*Variable cost*) yang di pengaruhi oleh kecepatan kendaraan dan jenis kendaraan yang digunakan. Persamaan konsumsi BBM dalam model PCI di jalan tol dapat di lihat sebagai berikut :

Gol 1 (Mobil) $Y =$

$$0,04376 \times S^2 - 4,94078 \times S + 207,0484 \quad (2.13)$$

Dimana :

Y = Konsumsi bahan Bakar (liter/1000Km)

S = Kecepatan (km/jam)

2.8 Kepala Pilar (Pier Head)

Kepala pilar (*Pier head*) adalah salah satu struktur dari jembatan layang yang berfungsi sebagai penyalur beban lalu lintas dan *box girder* ke *pier*. Sedangkan *pier* adalah benda yang merupakan penyalur beban dari *pier head* ke *pile cap* yang bertujuan agar beban yang tersalur dari *pier head* dan *box girder* dapat di arahkan dengan baik. Metode pelaksanaan *pier head* dapat dilakukan dengan berberapa cara yaitu :

- Metode *Pier head* Sosrobahu

Metode *Pier head* Sosrobahu merupakan metode pelaksanaan pekerjaan *pier head* dengan teknik memutar *pier head*. Teknik ini dilakukan penginstalan sejajar jalan dibawahnya, kemudian diputar 90° sehingga pembangunannya tidak mengganggu arus lalu lintas di

bawahnya. Teknik ini di anggap membantu pekerjaan dalam membuat jalan layang di kota - kota besar yang memiliki terbatasnya ruang pekerjaan yang diberikan sehingga kegiatan tidak mengganggu kegiatan di sekitar dan arus lalu lintas di sekitar pekerjaan tersebut.

b. Metode *Pier head Cash in situ*

Metode *Pier head Cash in situ* merupakan metode pelaksanaan secara konvensional dimana pengecoran beton dilakukan secara manual dengan bantuan *formwork* dan *support-nya*.

c. Metode *Pier head Precast Segmental*

Metode *Pier head Precast Segmental* merupakan metode pelaksanaan pekerjaan *pier head* yang dilakukan pengecoran di bawah (pabrikasi) kemudian ketika kolom sudah siap menerima beban *pier head* selanjutnya akan dilakukan penginstal.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut

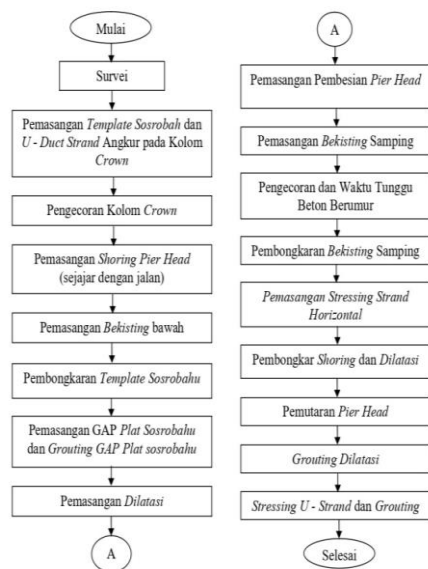


Gambar 5 Diagram Alir Tahapan Penelitian

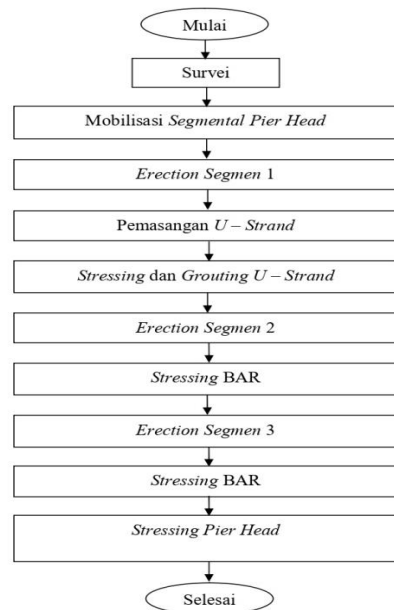
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Metode Kerja Pier Head

Berikut bagan alir metode kerja *pier head* menggunakan *Sosrobahu*, *Cast In Situ* dan *Segmental*



Gambar 5 Bagan alir pekerjaan Pier Head Metode Sosrobahu



Gambar 6 Bagan alir pekerjaan Pier Head Metode Cast In Situ

Dari ketiga metode diatas berdasarkan hasil Survei pada saat penelitian

estimasi penutupan lajur selama pekerjaan pier head berlangsung dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1 Estimasi lama waktu penutupan lajur selama pekerjaan pier Head

	Metode Pier Head		
	Sosrobahu	Cast In Situ	Precast Segmental
Waktu penutupan Lajur	1 jam	16 jam	8 jam

Sumber : hasil survei (2019)

4.2 Analisis Kinerja Jalan Tol

Analisa kinerja jalan tol meliputi panjang antrian, waktu tunda kendaraan (bera menit/kendaraan) dan kerugian pengguna jalan tol (lama antrian, waktu tunda dan BBM yang digunakan). Dari ketiga metode kerja pier head (Sosrobahu, cast in situ dan segmental).

Pengumpulan data dilakukan dengan cara manual dengan bantuan beberapa surveyor yaitu, dua (2) surveyor mengukur arus kendaraan (q) dan dua (2) surveyor mengukur karekteristik kemacetan seperti panjang antrian maksimum (nm), lamanya kemacetan (te), jumlah kendaraan yang di pengaruhi kemacetan (ne), dan waktu tundaan maksimum (dm). waktu yang diperlukan yaitu pada saat berlangsungnya pekerjaan pier head yang menggunakan ketiga metode tersebut dari awal penutupan satu lajur sampai selesainya pekerjaan sehingga jalur kembali normal (tidak ada penutupan satu lajur). Untuk

memudahkan surveyor waktu dibagi setiap 10 menit.

Berdasarkan karakteristik Jalan Tol Jakarta Cikampek Existing di peroleh nilai kapasitas sebagai berikut :

- a. C_o : 1650 smp/jam
- b. FC_w : 1
- c. FC_{SP} : 1
- d. FC_{SF} : 0.95
- e. FC_{Cs} : 1

Berdasarkan data - data di atas dengan menggunakan persamaan 2.1 pada bab 2 yaitu di peroleh nilai kapasitas (C) sebesar 1568 smp/jam, 261 smp/10 menit.

karakteristik kemacetan seperti panjang antrian maksimum (nm), lamanya kemacetan (te), jumlah kendaraan yang di pengaruhi kemacetan (ne), dan waktu tundaan maksimum (dm), dan analisis model antrian berdasarkan persamaan 2.6 sampai persamaan 2.12. Untuk lebih jelasnya hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1 Karakteristik kemacetan akibat adanya penutupan satu lajur (penyempitan lajur) pada arah Cikampek menggunakan *Pier Head* Metode Sosrobahu

	Notasi	Satuan	Pier Head Metode Sosrobahu		
			P. 03	P. 10	P. 40
Arus	q_1	smp/60 menit /4 lajur	1326	1309	1309
		smp/10 mnt/4 lajur	221	218	218
	q_2	smp/30 menit /4 lajur	609	603	599
		smp/10 mnt/4 lajur	203	201	200
karakteristik kemacetan	nm	Smp	65	73	71
	te	menit	60	60	60
	ne	smp	1261	1236	1238
	dm	menit	10	10	10
	q_0	smp/10 menit	210	206	206
Analisis antrian	$A_1(t)$	smp/10 mnt/4 lajur	221	218	218
	$A_2(t)$	smp/10 mnt/4 lajur	203	201	200
	D(t)	smp/10 mnt/4 lajur	210	206	206
	t_1	10 menit	1	1	1
	nm	smp	11	12	12
	te	menit	25	34	28
	ne	smp	528	707	573
	dm	menit	3.09	3.54	3.44
	Dt	smp - menit	1360	2089	1642
Dr	menit	2.58	2.95	2.87	

Sumber : Hasil survei dan analisis (2019)

Tabel 2 Karakteristik kemacetan antara teori dan kenyataan *Pier Head* Menggunakan Metode Sosrobahu

Karakteristik	Pier Head Metode Sosrobahu								
	Teori			Kenyataan			Perbedaan		
	P. 03	P. 10	P. 40	P. 03	P. 10	P. 40	P. 03	P. 10	P. 40
nm (smp)	11	12	12	65	73	71	54	61	59
te (menit)	25	34	28	60	60	60	35	26	32
ne (smp)	528	707	573	1261	1236	1238	733	529	665
dm (menit)	3.09	3.54	3.44	10	10	10	6.91	6.46	6.56
Dt (skr - menit)	1360	2089	1642	-	-	-	-	-	-
Dr (menit)	2.58	2.95	2.87	-	-	-	-	-	-
Rata-rata (nm)	12			70			58		
Rata-rata (te)	29			60			31		
Rata-rata (ne)	603			1245			642		
Rata-rata (dm)	3.36			10			6.64		

Sumber : Hasil survei dan analisis (2019)

Tabel 3 Karakteristik kemacetan akibat adanya penutupan satu lajur (penyempitan lajur) pada arah Cikampek menggunakan Pier Head Metode Cast In Situ

	Notasi	Satuan	Metode Cast In Situ		
			P. 29	P. 44	P. 45
Arus	q1	smp/960 menit /4 lajur	17,363	16,720	18,610
		smp/10 mnt/4 lajur	181	174	194
	q2	smp/480 menit /4 lajur	8081	7638	8439
		smp/10 mnt/4 lajur	168	159	176
karakteristik kemacetan	nm	smp	783	563	864
	te	menit	960	960	960
	ne	smp	16,580	16,157	17,746
	dm	menit	10	10	10
	qb	smp/10 menit	173	168	185
Analisis antrian	A1(t)	smp/10 mnt/4 lajur	181	174	194
	A2(t)	smp/10 mnt/4 lajur	168	159	176
	D(t)	smp/10 mnt/4 lajur	173	168	185
	t1	10 menit	1	1	1
	nm	smp	8	6	9
	te	menit	29	16	20
	ne	smp	496	276	369
	dm	menit	45.34	33.45	46.74
	Dt	smp - menit	1172	481	898
Dr	menit	2.36	1.74	2.43	

Sumber : Hasil survei dan analisis (2019)

Tabel 4 Karakteristik kemacetan akibat adanya penutupan satu lajur (penyempitan lajur) pada arah Cikampek menggunakan Pier Head Metode Segmental

	Notasi	Satuan	Metode Cast In Situ		
			P. 29	P. 44	P. 45
Arus	q1	smp/960 menit /4 lajur	17,363	16,720	18,610
		smp/10 mnt/4 lajur	181	174	194
	q2	smp/480 menit /4 lajur	8081	7638	8439
		smp/10 mnt/4 lajur	168	159	176
karakteristik kemacetan	nm	smp	783	563	864
	te	menit	960	960	960
	ne	smp	16,580	16,157	17,746
	dm	menit	10	10	10
	qb	smp/10 menit	173	168	185
A1(t)	smp/10 mnt/4 lajur	181	174	194	

Tabel 5 Karakteristik kemacetan antara teori dan kenyataan Pier Head Menggunakan Metode Seqmental

	Notasi	Satuan	Metode Cast In Situ		
			P. 29	P. 44	P. 45
Arus	q1	smp/960 menit /4 lajur	17,363	16,720	18,610
		smp/10 mnt/4 lajur	181	174	194
	q2	smp/480 menit /4 lajur	8081	7638	8439
		smp/10 mnt/4 lajur	168	159	176
karakteristik kemacetan	nm	smp	783	563	864
	te	menit	960	960	960
	ne	smp	16,580	16,157	17,746
	dm	menit	10	10	10
	qb	smp/10 menit	173	168	185
Analisis antrian	A1(t)	smp/10 mnt/4 lajur	181	174	194
	A2(t)	smp/10 mnt/4 lajur	168	159	176
	D(t)	smp/10 mnt/4 lajur	173	168	185
	t1	10 menit	1	1	1
	nm	smp	8	6	9
	te	menit	29	16	20
	ne	smp	496	276	369
	dm	menit	45.34	33.45	46.74
	Dt	smp - menit	1172	481	898
	Dr	menit	2.36	1.74	2.43

Sumber : Hasil survei dan analisis (2019)

Karakteristik	Analisis			Kenyataan			Perbedaan		
	P. 29	P. 44	P. 45	P. 29	P. 44	P. 45	P. 29	P. 44	P. 45
nm (skr)	8	6	9	783	563	864	775	557	855
te (menit)	29	16	20	960	960	960	931	944	940
ne (skr)	496	276	369	16,580	16,157	17,746	16,084	15,881	17,377
dm (menit)	45.34	33.45	46.74	10	10	10	35.34	23.45	36.74
rata - rata (nm)	8			737			729		
rata - rata (te)	22			960			938		
rata - rata (ne)	380			16,828			16,447		
rata - rata (dm)	42			10			32		

	Notasi	Satuan	Pier Head Metode Seqmental		
			P. 308	P. 311	P. 312
Arus	q1	smp/480 menit /4 lajur	9,217	9,165	9,425
		smp/10 mnt/4 lajur	192	191	196
	q2	smp/240 menit /4 lajur	4332	4262	4284
		smp/10 mnt/4 lajur	181	178	179
karakteristik kemacetan	nm	smp	279	334	252
	te	menit	480	480	480
	ne	smp	8,938	8,831	9,173
	dm	menit	10	10	10
	qb	smp/10 menit	186	184	191
Analisis Model antrian	A1(t)	smp/10 mnt/4 lajur	192	191	196
	A2(t)	smp/10 mnt/4 lajur	181	178	179
	D(t)	smp/10 mnt/4 lajur	186	184	191
	t1	10 menit	1	1	1
	nm	smp	6	7	5
	te	menit	20	21	14
	ne	smp	376	384	271
	dm	menit	14.98	18.15	13.19
	Dt	smp - menit	587	726	372
	Dr	menit	1.56	1.89	1.37

Sumber : Hasil survei dan analisis (2019)

Sumber : Hasil survei dan analisis (2019)

Karakteristik	Analisis			Kenyataan			Perbedaan		
	P. 308	P.311	P.312	P. 308	P.311	P.312	P. 308	P.311	P.312
nm (smp)	6	7	5	279	334	252	273	327	247
te (menit)	20	21	14	480	480	480	460	459	466
ne (smp)	376	384	271	8,938	8,831	9,173	8,562	8,447	8,902
dm (menit)	14,98	18,15	13,19	10	10	10	4,98	8,15	3,19
rata - rata (nm)	6			288			282		
rata - rata (te)	18			480			462		
rata - rata (ne)	344			8,981			8,637		
rata - rata (dm)	15			10			5		

Sumber : Hasil survei dan analisis (2019)

Sumber : Hasil survei dan analisis (2019)

Berdasarkan hasil perhitungan panjang antrian maksimum (nm), lama kemacetan terjadi (te), jumlah kendaraan yang terpengaruh kemacetan (ne) dan tundaan maksimum (dm) yang telah dilakukan dari ketiga metode pier head tersebut dapat dilihat dalam tabel berikut

Karakteristik kemacetan antara teori dan kenyataan pada ketiga metode *Pier Head*

Karakteristik	<i>Pier Head</i> Metode <i>Sosrobahu</i>			<i>Pier Head</i> Metode <i>Segmental</i>			<i>Pier Head</i> Metode <i>Cast In Situ</i>		
	Analisis	Kenyataan	Perbedaan	Analisis	Kenyataan	Perbedaan	Analisis	Kenyataan	Perbedaan
Rata - rata (nm)	12	70	58	8	737	729	6	288	282
Rata - rata (te)	29	60	31	22	960	938	18	480	462
Rata - rata (ne)	603	1,245	642	380	16,828	16447	344	8,981	8,637
Rata - rata (dm)	3,36	10	6,64	42	10	32	15	10	5

Sumber : Hasil survei dan analisis (2019)

4.3 Analisa Biaya Operasi Kendaraan (BOK) Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM)

Analisa perhitungan konsumsi bahan bakar minyak (BBM) diperlukan data kecepatan kendaraan akibat adanya penyempitan pada lajur. Data kecepatan kendaraan pada penelitian ini diperoleh dengan cara melakukan survei lalu lintas, yaitu dengan bantuan 2 surveyor. Berikut data hasil survey yang telah dilakukan pada pekerjaan *pier head* menggunakan ketiga metode kerja dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Dari data kecepatan pada tabel IV.14 sampai Tabel IV.16 di atas dapat dihitung konsumsi BBM dengan menggunakan persamaan 2.16 pada Bab II dan berdasarkan harga bahan bakardari PT. Pertamina pada tahun 2019 sebesar Rp. 7.650,00/liter. Sehingga diperoleh rata – rata biaya yang dikeluarkan pengguna jalan akibat adanya penutupan lajur pada pekerjaan *pier head* dengan menggunakan metode *sosrobahu* sebesar Rp. 614.141,20 /1000 km, metode *cast in situ* sebesar Rp. 685.194,46 /1000 km dan metode *segmental* sebesar Rp. 734.314,55 /1000 km. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1 Hasil Perhitungan Biaya Konsumsi Bahan Bakar akibat adanya penutupan lajur pada pekerjaan ketiga metode *pier head*

Metode <i>Pier Head</i>	Pier	Kecepatan	Konsumsi BBM	Harga BBM	Biaya konsumsi BBM
		km/jam	(liter/1000 km)	(liter)	(Rp/1000 km)
Sosrobahu	P. 03	39.4	80.3752	7650	Rp. 614,870.22
	P. 10	39.5	80.0984	7650	Rp. 612,752.38
	P. 40	39.4	80.3661	7650	Rp. 614,800.99
Rata - Rata		39.4	80.2799	7650	Rp. 614,141.20
Cast in situ	P. 29	34.0	89.5941	7650	Rp. 685,394.59
	P. 44	34.2	89.1767	7650	Rp. 682,201.44
	P. 45	33.9	89.9330	7650	Rp. 687,987.36
Rata - Rata		34.0	89.6	7650	Rp. 685,194.46
Segmental	P. 308	29.1	100.2953	7650	Rp. 767,259.38
	P. 311	32.4	92.8125	7650	Rp. 710,015.89
	P. 312	31.5	94.8586	7650	Rp. 725,668.40
Rata - Rata		31.0	96.0	7650	Rp. 734,314.55

Sumber : Hasil survei dan analisis (2019)

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan data hasil penelitian yang sudah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Teknologi pembangunan *pier head* dalam pembangunan Tol Jakarta - Cikampek yang dapat mengurangi kemacetan yaitu metode pekerjaan *pier head* menggunakan Sosrobahu, berdasarkan hasil perhitungan, metode Sosrobahu menghasilkan nilai paling kecil dibandingkan dengan dua metode lainnya, yaitu diperoleh panjang antrian maksimum (nm) sebesar 58 smp, lama kemacetan terjadi (te) sebesar 31 menit, jumlah kendaraan yang terpengaruh kemacetan (ne) sebesar 642 smp dan tundaan maksimum (dm) sebesar 7 menit, metode *Cast In Situ* panjang antrian maksimum (nm) sebesar 282 smp, lama kemacetan terjadi (te) sebesar 462 menit, jumlah kendaraan yang terpengaruh kemacetan (ne) sebesar 8.637 smp dan tundaan maksimum (dm) sebesar 5 menit, dan metode *Seqmental* panjang antrian maksimum (nm) sebesar 729 smp, lama kemacetan terjadi (te) sebesar 938 menit, jumlah kendaraan yang terpengaruh kemacetan (ne) sebesar 16.447 smp dan tundaan maksimum (dm) sebesar 32 menit.
- b. Metode kerja *pier head* Sosrobahu adalah metode kerja *pier head* yang lebih efektif, efisien dan aman digunakan karena metode ini hanya memerlukan waktu penutupan lajur selama 1 jam. Berdasarkan analisis dan dari hasil perhitungan metode ini juga menghasilkan nilai panjang antrian maksimum (nm), lama kemacetan terjadi (te), jumlah kendaraan yang terpengaruh kemacetan (ne) dan tundaan maksimum (dm) paling kecil di bandingkan metode *Cast in Situ* dan metode *Seqmental*.
- c. Dari ketiga metode *pier head* pada pembangunan jembatan layang Tol Jakarta – Cikampek II *Elevated*, metode sosrobahu lebih efektivitas dari panjang antrian dan waktu tunda kendaraan dibandingkan dengan metode *Cast In Situ* dan metode *Seqmental*.
- d. Berdasarkan hasil perhitungan biaya penggunaan bahan bakar minyak (BBM) bagi pengguna jalan akibat adanya penutupan lajur untuk metode *pier head* Sosrobahu sebesar Rp. 614.141,20 /1000 km, metode *cast in situ* sebesar Rp. 685.194,46 /1000 km dan metode

segmental sebesar Rp. 734.314,55 /1000 km. Metode sosrobahu lebih kecil atau lebih sedikit mengalami kerugian di bandingkan dua metode lainnya.

5.2 Saran

5.3

Terdapat beberapa saran yang perlu diperhatikan terkait dengan penelitian ini, yaitu :

- Perlu dilakukan studi kelanjutan dengan waktu survei yang panjang dan memperhitungkan kerugian tidak hanya berdasarkan biaya konsumsi bahan bakar minyak (BBM) saja.
- Perlu dilakukan manajemen trafik sehingga untuk mengurangi waktu penutupan lajur sepanjang pekerjaan pier head berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengatur Jalan Tol (BPJT) , Jalan Tol Jakarta Cikampek, 2017
- Budi D. Sinulingga, Pembangunan Kota Tinjauan Regional dan Lokal, Penerbit Pustaka Sinar Harapan, 1999
- Bukhari, et al, 1997, Rekayasa Lalu Lintas, Bidang Studi Teknik Transportasi, Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Darusalam Banda Aceh.
- Erlang, A.K. 1913, *Solution of Some Problem in the Theory of Probability of Significance in Automatic Telephone Exchange*.
- Etty Soesilowati. (2008). Dampak Pertumbuhan Ekonomi Kota Semarang Terhadap Kemacetan Lalu lintas di Wilayah Pinggiran dan Kebijakan yang Ditempuhnya. Jejak, Vol.1, No. 1, h. 9-17
- Hobbs, F. D. 1995, Perencanaan dan Teknik lalu Lintas, cetakan pertama, Gadjah Mada University Press-Yogyakarta
- Kakiay, Thomas J. (2004). “Dasar Teori Antrian”, Penerbit ANDI, Yogyakarta
- May, A.D., 1990, *Traffic Flow Fundamentals*, Englewood Cliffs: Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- McShane, W. and R.P. Roess, 1990, *Traffic Engineering*, Englewood Cliffs: Prentice-Hall Inc, New Jersey.
- Meyer, M.D and Miller E.J, 1984, *Urban Transportation Planning: A DecisionOriented Approach*. McGraw-Hill, New York.
- Morales, J.M., 1986, *Analytic Procedures for Estimating Freeway Traffic Congestion, Public Roads*, Vol.50 No.2, Washington, D.C.
- Morlok, E.K. 1995, Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi, Cetakan Keempat, Erlangga-Jakarta
- MKJI. (1997). Manual Kapasitas Jalan Indonesia. Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia. Jakarta. Indonesia.
- Pasaribu, Andreas Partogi. 2009. Faktor Penyebab Terjadinya Klaim yang Mempengaruhi Kinerja Waktu Proyek Konstruksi Jalan Tol di Jabodetabek.
- Pradono dan Handini, Manfaat Investasi Pembangunan Jalan Tol Bandung Intra Urban dari Perspektif Makro, Jurnal Tata

- Loka, Volume 13, Nomor 2, Mei 2011
16. PT. Jasa Marga (Persero) tbk. Volume Lalu Lintas Tol Jakarta – Cikampek, (2015)
 17. Santoso, Idwan. (1997). Manajemen Lalu-lintas Perkotaan, Bandung: Badan Penerbit ITB.
 18. Sukirman, Silvia. 1994. Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan. Bandung: Penerbit NOVA.
 19. Syafatuun. 2009. Investasi dengan Pembangunan Jalan Tol Baru Akan Menyediakan Transportasi yang Lebih Efisien dan Memacu Investasi Sektor Lain yang Kan Mempercepat Pertumbuhan Ekonomi. Jakarta: Dapertemen Pendidikan dan ITB.
 20. Tamin, O.Z. 2000, Perencanaan dan Pemodelan Tranportasi, Edisi kedua, ITB, Bandung
 21. Wirasinghe, S.C., 1978, Determination of Traffic Delays from Shockwave Analysis, *Transportation Research*, Vol.12:343-348.
 22. (Detik.com,2018). [https://m.detik.com>infrastruktur>target 1.852 km jalan tol di 2019](https://m.detik.com>infrastruktur>target%201.852%20km%20jalan%20tol%20di%202019)
 23. (id.m.wikipedia.org/wiki/Jalan_Tol_Jakarta_-_Cikampek)