

ESTIMASI PERIODE RAMP-UP LALU LINTAS JALAN TOL DALAM KOTA (INNER CITY TOLL ROAD'S RAMP-UP TRAFFIC ESTIMATION PERIOD)

Yussi Meviany¹⁾, Tri Basuki Joewono²⁾, Andreas Wibowo³⁾

^{1),2),3)} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan
^{1),2),3)} Jln. Ciumbeuleuit 94, Bandung
e-mail: ¹⁾yussi141@gmail.com, ²⁾vftribas@unpar.ac.id, ³⁾andreaswibowo1@yahoo.de
Diterima: 2 Agustus 2019; direvisi: 28 Oktober 2019; disetujui: 18 Desember 2019.

ABSTRAK

Dalam rangka meningkatkan pembangunan, pemerintah secara masif melakukan pembangunan infrastruktur jalan tol. Sumber pendanaan investasi jalan tol dengan skema KPBU sebagian besar berasal dari pinjaman, sehingga menuntut investor untuk dapat mengatur cash flow agar selalu dapat melakukan pembayaran utang. Pendapatan memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap cash flow, sedangkan pendapatan itu sendiri sangat bergantung kepada volume lalu lintas. Keakuratan peramalan volume lalu lintas sebagai refleksi dari pendapatan memiliki peranan penting dalam menentukan studi kelayakan investasi jalan tol. Salah satu sumber risiko dalam proyek transportasi adalah durasi serta signifikansi dari periode transisi antara awal operasi sampai pada saat tingkat lalu lintas stabil, periode ini dikenal dengan istilah periode ramp-up. Studi ini menggunakan data bulanan volume lalu lintas pada 4 ruas studi kasus sebagai entri data dan menggunakan bantuan perangkat lunak Minitab dalam melakukan analisis. Dari analisis regresi diketahui profil distribusi volume lalu lintas yang menggambarkan jalan tol di Indonesia adalah model dengan bentuk konkaf yang artinya volume lalu lintas memiliki kecenderungan meningkat dari waktu ke waktu dan rasio pertumbuhan lalu lintas yang signifikan terjadi diawal pembukaan layanan. Dari hasil analisis uji-F diketahui JORR memiliki durasi ramp-up paling singkat yaitu 9 bulan dan BORR, Waru-Juanda dan Bali Mandara masing-masing 42, 44 dan 48 bulan.

Kata Kunci: ramp-up, jalan tol, pertumbuhan lalu lintas, uji F, regresi, risiko lalu lintas

ABSTRACT

In order to increase development, the Government is massively builds toll road infrastructure. Sources of funding for toll road investments under the Public Private Partnerships (PPP) schemes are mostly derived from loans, thus requiring investors to manage cash flow in order to service debts on time. Revenue has a very significant effect on cash flow, while revenue itself is highly dependent on traffic volume. Hence, the accuracy of forecasting the amount of traffic as a reflection of revenue has an important role in determining the feasibility study of toll road investment. The risk in transportation projects is the duration and significance of the transition period from the initial/start operation to the stable traffic level, this period is known as the ramp-up period. This study uses monthly data on 4 cases study as data entry and analysing in the 'Minitab' software. From the regression analysis it is known that the profile of the traffic distribution at toll roads in Indonesia is a concave model which means that the amount of traffic has a tendency to increase from time to time and a significant traffic growth ratio significantly occurs from the start of service opening. The F-test analysis statistically known JORR has the shortest ramp-up duration of 9 months and BORR, Waru-Juanda and Bali Mandara respectively 42, 44 and 48 months.

Keywords: ramp-up, toll road, traffic growth, heuristic F-test, regression, traffic risk.

PENDAHULUAN

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) terus mendorong penyelesaian ruas-ruas tol baru di berbagai wilayah. Pembangunan jalan tol yang masif dilakukan bertujuan untuk meningkatkan konektivitas antar wilayah guna menurunkan biaya logistic sebagai amanat Nawa Cita Pemerintahan Presiden Joko Widodo dan Wakil Presiden Jusuf Kalla (2015-2019). Menurut Menteri PUPR, Basuki Hadimuljono bahwa melalui skema Kerja Sama Pemerintah dengan Badan Usaha (KPBU), pemerintah bertujuan mengatasi ketimpangan pendanaan (*financial gap*) infrastruktur, terutama jalan tol demi ketepatan waktu penyelesaiannya, sehingga dapat memberikan manfaat nyata bagi negara dan masyarakat.

Kelayakan proyek investasi proyek jalan tol dengan menggunakan skema KBPU ditentukan oleh keakuratan peramalan volume lalu lintas sebagai refleksi dari pendapatan. Beberapa atau bahkan semua proyek investasi jalan tol menggunakan dana pinjaman, sehingga para lembaga pemberi kredit atau pinjaman akan sangat memperhatikan kinerja proyek yang didanai, terutama pada saat awal-awal tahun operasi. Hal ini dikarenakan volume lalu lintas pada awal-awal tahun operasi masih berfluktuasi secara acak tidak menentu, sehingga jumlah pendapatan menghadapi risiko ketidakpastian. Potensi kesulitan yang akan dihadapi sangat besar bahkan dapat berimplikasi pada kegagalan pembayaran utang (*default*). Oleh karena itu, akurasi dan keandalan dalam peramalan volume lalu lintas sangat diperlukan untuk dapat menggambarkan risiko dan ketidakpastian proyek investasi jalan tol. (Dharmawan, et al. 2019).

Dari sekian banyak risiko, risiko volume lalu lintas termasuk risiko yang paling sulit diprediksi (Wibowo 2010). Risiko ini merupakan salah satu risiko yang signifikan dalam berinvestasi pada infrastruktur jalan tol. Dari berbagai penelitian yang dilakukan pada 104 studi kasus menunjukkan bahwa rata-rata volume lalu lintas tahun pertama prediksi lebih besar *overestimate* daripada volume lalu lintas aktual sebesar 20%-30% dari studi kelayakan. Ketidakakuratan dalam meramalkan volume lalu lintas dapat dianggap sebagai risiko lalu lintas (*traffic risk*) (Bain and Polakovic 2010).

Salah satu dampak risiko dalam proyek jalan tol adalah durasi dan signifikansi dari periode transisi antara awal operasi sampai pada saat tingkat lalu lintas stabil, periode ini dikenal dengan istilah periode *ramp-up*. Selama periode ini pengguna jalan belajar tentang fasilitas baru dan keuntungan yang mungkin ditawarkan (Ortuzar and Willumsen 2011). Oleh karena itu, periode *ramp-up* ini merefleksikan risiko dan ketidakpastian investasi proyek jalan tol dalam ukuran dimensi yaitu skala, durasi dan *extend to catch up* (Bain and Wilkins 2002).

Studi ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai profil distribusi lalu lintas dan berapa lama berapa periode *ramp-up* jalan tol dalam kota di Indonesia, sehingga dapat membantu pihak pemerintah maupun swasta untuk melakukan evaluasi investasi proyek jalan tol serta dapat dijadikan referensi dalam proses koreksi terhadap prediksi lalu lintas pada saat proses perencanaan.

KAJIAN PUSTAKA

Jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat No 10/PRT/M/2018) (2018). Sampai dengan studi ini dilaksanakan, Terdapat 44 jalan tol beroperasi dan 40 jalan tol dalam Perjanjian Pengusahaan Jalan Tol (PPJT).

Risiko Volume Lalu Lintas

Bukti empiris mengenai kinerja lalu lintas menunjukkan ketidakakuratan dalam memprediksi volume lalu lintas sering terjadi. Beberapa penelitian menyimpulkan bahwa ketidakakuratan tersebut memiliki perbedaan yang signifikan. Muller (1996) melakukan studi terhadap 14 tol di Amerika; 10 dari 14 jalan tol memiliki pendapatan aktual rata-rata berbeda dari perkiraan awal sebesar 20 hingga 75 persen. Hanya satu jalan tol yang diteliti oleh Muller memiliki perbedaan positif, di mana pendapatan aktual melebihi jumlah perkiraan (Bull, Mauchan and Wilson 2017).

Odeck and Morten (2017) melakukan penelitian pada 68 ruas jalan tol dengan metode evaluasi ekonometrik, ditemukan bahwa deviasi rata-rata antara lalu lintas aktual dan prediksi

relatif rendah yaitu 4%, dan rata-rata pencapaian lalu lintas aktual sebesar 77% dapat dicapai dalam tahun kelima dari pembukaan layanan Odeck and Morten (2017).

Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya sumber risiko menurut World Bank pada tahun 2005 ditunjukkan oleh Tabel 1. *Error* adalah sumber ketidakakuratan yang paling umum terjadi pada saat tahap perhitungan perkiraan lalu lintas. *Uncertainty* atau ketidakpastian adalah risiko yang bergantung oleh kondisi atau situasi yang terjadi di masa yang akan datang, dan bias dapat terjadi karena kontribusi dari kesalahan dan ketidakpastian itu sendiri.

Tabel 1. Sumber Risiko Pada Investasi Jalan Tol

Sumber Risiko	Faktor Risiko
ERROR	Kesalahan pengumpulan data
	Kesalahan pemodelan
	Kesalahan estimasi
UNCERTAINTY	<i>Ramp-up</i>
	Pertumbuhan sosial ekonomi
	Pertumbuhan jumlah perjalanan
BIAS	Delusi (bias optimis)
	Distorsi (salah persepsi)

Ramp-Up

Bain and Wilkins (2002) mengatakan beberapa jalan tol yang memiliki kinerja buruk memiliki karakteristik yang sama dan banyak diantaranya yang secara langsung mencerminkan ketidakpastian dimasa depan yang sangat besar. Periode *ramp-up* adalah cerminan kinerja lalu lintas selama tahun-tahun awal dan juga mencerminkan ketidakpastian proyek dalam skala tertentu dan mencerminkan tingkat pencapaiannya.

Pada periode *ramp-up* karakteristik pertumbuhan lalu lintas sangat tinggi. Akhir periode *ramp-up* ditandai oleh pertumbuhan lalu lintas tahunan yang tampak lebih stabil dan lebih sesuai dengan pola lalu lintas yang diperkirakan. Periode *ramp-up* mencerminkan bahwa pengguna ruas jalan belum mengenali layanan baru, belum mengetahui keuntungan menggunakan layanan tersebut, ketinggalan informasi dan keengganan untuk membayar, *ramp-up* memiliki tiga dimensi, yaitu:

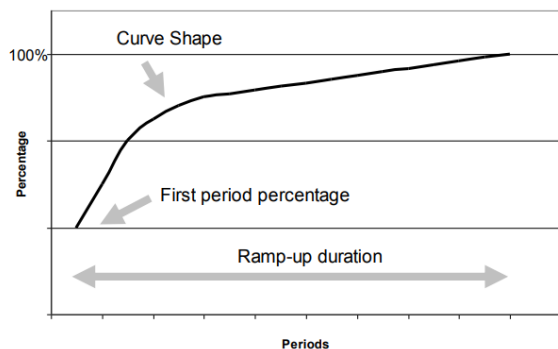
1. Skala *ramp-up* (rasio volume lalu lintas aktual dengan peramalan)
2. Durasi *ramp-up* (dari seketika bisa sampai lebih dari 5 tahun)
3. *Extent of catch up* atau tingkat pencapaian terhadap prediksi (setelah mengalami volume lalu lintas yang rendah, sampai sejauh mana volume lalu lintas dapat mengejar ramalan tahun selanjutnya)

Secara umum, data volume lalu lintas suatu ruas dibagi menjadi dua bagian. Apabila efek *ramp-up* berukuran kecil maka periode *ramp-up* cenderung lebih mudah diprediksi/diketahui. Namun jika efek *ramp-up* berukuran besar, periode *ramp-up* akan semakin sulit diketahui dan semakin sulit juga mencapai volume lalu lintas peramalan. Hasil penelitian dari 10 studi kasus yang dilakukan Bain and Wilkins (2002), menunjukkan durasi *ramp-up* paling singkat 2 tahun dan paling panjang 8 tahun.

Kesimpulan dari studi Bain and Wilkins ini yang berkaitan dengan *ramp-up* adalah; terdapat kesalahan sistematis pada proses peramalan lalu lintas yang mencerminkan optimisme bias; profil *ramp-up* dapat mencerminkan ketidakpastian proyek dalam skala dan tingkat mengejar ketinggalan terhadap peramalan; dan durasi *ramp-up* tetap bersifat spesifik proyek (tidak tergantung pada konsultan peramalan lalu lintas).

Pada tahun 2010 D'Este mengamati bagaimana profil *ramp-up* pada jalan tol apabila digratiskan pada saat jalan tol di bulan pertama beroperasi. Studi kasus yang pada penelitian ini adalah ruas jalan tol di Australia. Segera setelah pembukaan fasilitas atau layanan transportasi baru, terdapat periode penyesuaian dimana semua pola perjalanan menyeimbangkan terhadap rute perjalanan baru. Selama periode ini, sebenarnya permintaan kurang dari permintaan yang diharapkan dalam kondisi stabil/seimbang/ ekuilibrium, tetapi seiring dengan berjalannya waktu, selisih antara volume lalu lintas awal pembukaan dengan volume lalu lintas stabil akan semakin kecil dan pada akhirnya menghilang. Proses ini disebut dengan periode *ramp-up*. Untuk mengetahui profil periode *ramp-up*, harus dilakukan pengamatan secara konsisten dari mulai tahap awal pengoperasian fasilitas atau layanan

transportasi baru, dan harus menjadi bagian rutin dari proses prediksi permintaan, terutama untuk jalan tol.



Sumber: D'Este (2010)

Gambar 1. Profil Tipikal *Ramp-up* (bentuk konkaf)

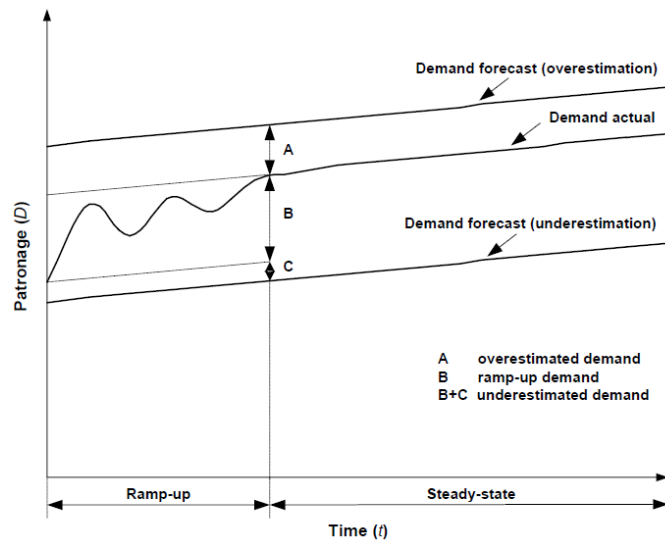
Gambar 1 menunjukkan profil tipikal *ramp-up* untuk fasilitas atau layanan transportasi baru, seperti jalan tol. Dapat diperhatikan bahwa *ramp-up* biasanya diukur dalam rasio permintaan perjalanan aktual dengan permintaan perjalanan perkiraan. Harus diperhatikan bahwa mungkin juga terdapat hal lain yang mendasari perubahan dalam permintaan perjalanan, misalnya faktor elastisitas tarif atau biaya operasional kendaraan, tetapi hal ini adalah masalah yang berbeda. Pada tahap pembukaan fasilitas baru, pengamatan jumlah perjalanan akan mencerminkan *ramp-up* dan faktor perilaku pengguna.

Meskipun profil *ramp-up* standar sudah cukup akurat dalam memperkirakan permintaan perjalanan, namun perlu diperhatikan juga pemahaman yang komprehensif tentang proses perilaku permintaan perjalanan yang mendasarinya, bagaimana perilaku pengguna layanan tersebut dikombinasikan untuk

mengetahui profil peningkatan yang diamati, dan apa saja yang mempengaruhinya. Secara spesifik, alasan dan proses *ramp-up* tidak dapat diketahui dengan baik, tetapi beberapa faktor yang terindikasi dapat mempengaruhi profil *ramp-up* adalah sebagai berikut;

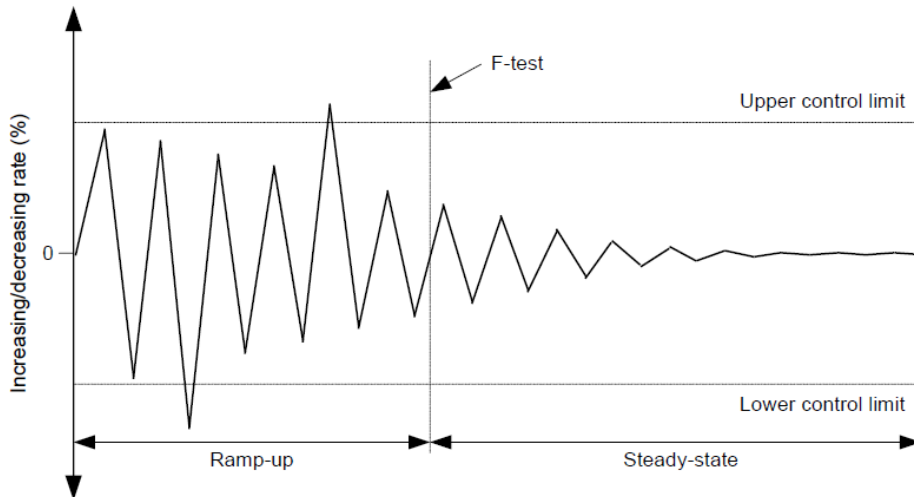
1. Sifat dasar manusia yang cenderung ingin selalu bergerak/berpindah tempat yang sangat melekat dalam perilaku manusia;
2. Kebutuhan untuk melihat proposisi *value for money* sebelum mengubah kebiasaan perjalanan. Misalnya, pada saat sebelum jalan tol tersebut dibuka, manfaat dapat diukur dengan waktu tempuh atau jumlah simpang bersinyal yang dapat dihindari, tetapi untuk sebagian besar pengguna manfaat-manfaat ini tidak dirasakan sepenuhnya sampai jalan tol tersebut dibuka;
3. *Willingness to pay* dari para pengguna;
4. Penggunaan sistem pembayaran (tunai/non tunai)

Studi D'Este ini menemukan profil *ramp-up* aktual di beberapa ruas jalan tol di Sydney dan profil *ramp-up* standar/"tradisional" yang digunakan negara Australia dimana periode *ramp-up* rata-rata dapat dicapai setelah jalan tol beroperasi selama ± 18 bulan dengan bentuk profil konkaf. Pencapaian volume lalu lintas pada bulan pertama berkisar 60% - 75% dari volume lalu lintas rencana, meningkat hingga 90% pada bulan keenam, lalu 95% pada akhir tahun pertama beroperasi, dan periode *ramp-up* berakhir pada bulan kedelapanbelas setelah beroperasi.



Sumber: Chang et al. (2010)

Gambar 2. Diagram Konseptual *Ramp-Up*



Sumber: Chang et al. (2010)

Gambar 3. Diagram Konsep Uji F Studi *Ramp-Up*

Pada tahun 2010, Chang et al menuliskan *ramp-up* adalah penundaan pertumbuhan volume lalu lintas selama periode awal pada layanan transportasi baru. Diagram konseptual untuk memahami efek *ramp-up* dapat dilihat pada Gambar 2. Jumlah permintaan selama periode *ramp-up* biasanya menunjukkan peningkatan yang besar, tetapi sebenarnya kurva berfluktuasi. Karakteristik ini sangat kontras dengan fase *steady-state* atau stabil. Dalam kondisi stabil osilasi permintaan yang drastis tidak mungkin terjadi. Ada juga argumen bahwa *ramp-up* kurang agresif daripada yang diasumsikan. Secara umum, periode *ramp-up* dapat dianggap sebagai risiko

utama dalam prediksi jumlah lalu lintas untuk proyek transportasi. Konsep Uji F studi ini ditunjukkan oleh Gambar 3. Sumbu X menunjukkan urutan waktu dan sumbu Y menunjukkan rasio jumlah permintaan yang dihitung dengan menggunakan persamaan 1, rasio diharapkan dapat menunjukkan osilasi selama periode awal dari layanan baru dan seiring berjalannya waktu tren ini cenderung menurun secara bertahap.

$$V_t = \frac{D_t - D_{t-1}}{D_{t-1}} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- Vt : rasio jumlah permintaan actual
- Dt : jumlah permintaan actual tahun ke t
- Dt-1 : Jumlah permintaan actual tahun ke t-1

HIPOTESIS

Periode ramp-up pada investasi jalan tol dengan karakteristik yang sama dengan studi kasus jalan tol dalam kota memiliki durasi waktu yang relatif sama.

METODOLOGI

Studi ini menggunakan 2 metode analisis yaitu; metode regresi untuk mengetahui model/persamaan yang dapat menggambarkan distribusi lalu lintas dari waktu ke waktu; metode uji hipotesis dengan Uji F, untuk mengetahui batas fase *ramp-up* dan *steady state*.

Langkah-langkah metode regresi yang dapat ditempuh untuk menentukan persamaan empirik adalah sebagai berikut:

1. Membuat grafik plot data berdasarkan data yang tersedia
2. Meramalkan bentuk persamaan yang paling sesuai, secara garis besar metode regresi ada dua macam yaitu linier dan nonlinier
3. Mengevaluasi nilai tetapan-tetapan (output) berdasarkan data yang ada
4. Mengevaluasi kesesuaian persamaan model terhadap data empirik. Secara sederhana, persamaan empirik dianggap sesuai jika memiliki error yang paling kecil dan memiliki bentuk kurva yang paling mirip dengan data.

Untuk menetapkan batas fase *ramp-up* dan *steady state* dilakukan uji F untuk menentukan apakah varians atau standar variasi dari kedua kelompok berbeda. Tujuan pengujian pada studi ini adalah untuk menemukan titik heteroskedastisitas dengan cara trial and error. Dengan demikian ketika uji F pada saat t menunjukkan kedua kelompok data memiliki varians yang sama maka fase *ramp-up* ditentukan sampai t-1; jika tidak, uji F dilakukan kembali dengan t=t+1 dengan anggapan fase ramp-up masih berlanjut.

Pengumpulan Data dan Studi Kasus

Data jumlah lalu lintas bulanan didapat dari data transaksi PT. Jasa Marga yang dipublikasikan di laman resmi PT. Jasa Marga.

Dengan data yang terbatas dipilih ruas-ruas jalan tol dalam kota yang memiliki data jumlah lalu lintas dari mulai bulan pertama beroperasi, maka pada studi ini dipilih 4 ruas jalan tol yaitu: *Bogor Outer Ring Road* (BORR); *Jakarta Outer Ring Road* (JORR) W2N yang keduanya terletak di wilayah Jabodetabek; Waru-Juanda; Nusa Dua-Ngurah Rai-Benoa (Bali Mandara) yang keduanya terletak di wilayah luar Jabodetabek.

Jakarta Outer Ring Road (JORR)

Jalan tol JORR W2 Utara yang menghubungkan Meruya sampai Ulujami sepanjang 7,67 km dibangun dan dioperasikan oleh PT. Marga Lingkar Jakarta. Pembangunan dilaksanakan pada periode tahun 2009 sampai dengan 2013 dan dioperasikan secara penuh sejak 21 Juli 2014. Sebelumnya pengoperasian dilakukan secara bertahap, tahap I segmen Meruya - Ciledug sepanjang 5,59 km pada tanggal 4 Januari 2014 dan tahap II segmen Ciledug - Ulujami sepanjang 2,08 km pada tanggal 21 Juli 2014. Jalan tol ini digratiskan selama 1 minggu sejak diresmikan.

Jumlah lalu lintas bulanan rata-rata 2.098.190 dan rasio pertumbuhan bulanan rata-rata 3,16%. Ruas ini termasuk pada kategori dalam kota dan Jabodetabek. Terdapat kenaikan jumlah lalu lintas hingga 72% ketiga seksi Ciledug-Ulujami mulai beroperasi, namun ketika terdapat kenaikan tarif jumlah lalu lintas tidak mengalami perubahan yang signifikan.

Bogor Outer Ring Road (BORR)

BORR adalah jalan tol sepanjang 11 KM yang melingkari kota Bogor, menghubungkan Sentul Selatan hingga Simpang Salabenda. Jalan tol ini dibangun dan dikelola oleh PT Marga Sarana Jabar. Secara keseluruhan BORR ini akan melintasi 11 desa/kelurahan di Kota Bogor dan 1 desa di Kabupaten Bogor dioperasikan secara bertahap, yaitu: Seksi 1 (3,85 KM) diresmikan pada tanggal 23 November 2009; Seksi 2A (1,95 KM) beroperasi pada tanggal 30 Mei 2014; Seksi 2B (2,65 KM) beroperasi pada 7 Juni 2018; Dan seksi III ditargetkan selesai pada akhir tahun 2019. Terdapat penyesuaian tarif pada bulan Desember 2011 dan implementasi jalan tol pada bulan Oktober 2017.

BORR memiliki jumlah lalin bulanan rata-rata 1.059.826 dan rasio pertumbuhan bulanan rata-rata 1,59%. Ruas ini tidak

mengalami lonjakan jumlah lalu lintas yang signifikan ketika terdapat perubahan, baik itu penambahan ruas, maupun ketika terdapat kenaikan tarif dan implementasi E-toll.

Waru-Juanda

Jalan Tol sepanjang 12 km ini melintasi Surabaya dan Sidoarjo dengan gerbang tol di 6 lokasi yaitu Menanggal, Berbek 1, Berbek 2, Tambaksumur 1, Tambaksumur 2 dan Juanda. Jalan tol ini diresmikan penggunaannya pada tanggal 27 Maret 2008. Jalan tol ini terintegrasi dengan Jalan Tol Surabaya-Mojokerto, Jalan Tol Surabaya – Gempol/Porong, Jalan Tol Aloha – Wonokromo – Perak, dan arteri Middle Eastern Ring Road (MERR). Jalan tol ini diharapkan memperlancar akses dari dan menuju Bandara Juanda serta mengatasi kemacetan di sekitar Bundaran Waru, Jl. Jemur Andayani, Jl. Brigjen Katamso dan Jl. Raya Wadungasri yang selama ini merupakan simpul-simpul kemacetan di kawasan Surabaya Selatan dan Sidoarjo.

Waru-Juanda memiliki jumlah lalu lintas bulanan rata-rata 1.080.925 dan rasio pertumbuhan bulanan rata-rata 1,73%. Ruas ini mengalami penurunan jumlah lalu lintas sebesar 19% ketika terjadi kenaikan tarif pada bulan Juni 2014.

Bali Mandara

Dikenal dengan nama Jalan Tol Bali Mandara, Ruas ini merupakan jalan tol pertama di Provinsi Bali yang menghubungkan Nusa Dua, Bandar Udara Internasional Ngurah Rai dan Benoa. Jalan tol ini memiliki panjang total 12,7 km dan sebagian besar berada di atas laut. Jalan tol ini diresmikan pada tanggal 23 September 2013 dan pemberlakuan tarif mulai tanggal 01 Oktober 2013. Tujuan dibangun jalan ini adalah untuk mengurai kemacetan di Bali selatan. Sebelum adanya jalan tol ini satu-

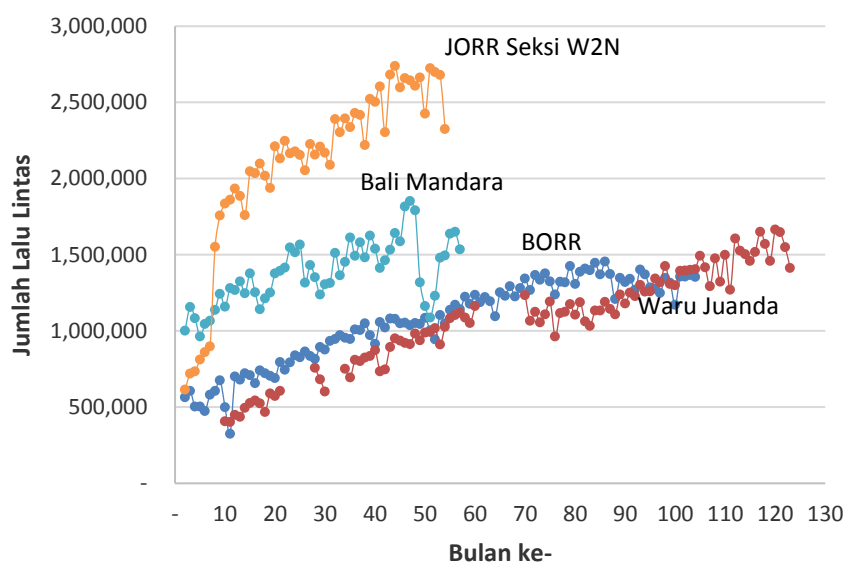
satunya akses yang menghubungkan wilayah utara dan selatan Bali hanyalah jalan By Pass I Gusti Ngurah Rai. Maka jika akses ini terganggu, hubungan antara utara dan selatan akan terputus.

Jumlah lalu lintas bulanan rata-rata 1.380.841 dan rasio lalu lintas bulanan rata-rata 1,03%. Ruas ini mengalami penurunan hingga 26% ketika terjadi kenaikan harga dan implementasi E-toll.

PEMBAHASAN

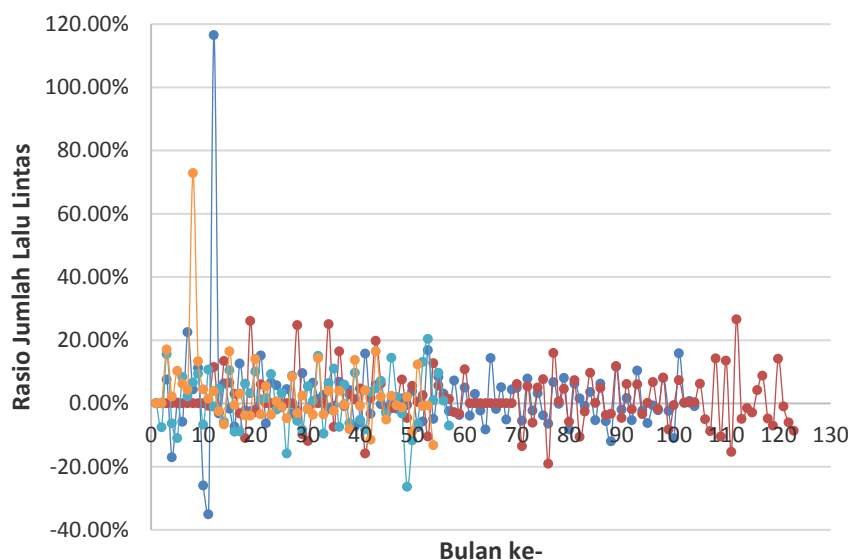
Periode *ramp-up* ini sudah diterapkan pada tahap perencanaan/studi kelayakan infrastruktur jalan tol di Indonesia, namun dalam penentuannya belum ada dasar dan acuan yang jelas. Keterbatasan data dapat menyebabkan ketidakakuratan hasil penelitian, namun demikian studi ini dapat memberikan gambaran kepada para ahli ketika menentukan durasi periode *ramp-up* pada saat melakukan peramalan jumlah lalu lintas pada jalan tol, khususnya tol dalam kota.

Plotting jumlah kendaraan aktual dari awal operasi pada keempat ruas ditunjukkan oleh Gambar 4. Dapat dilihat pada gambar bahwa jumlah lalu lintas di keempat ruas memiliki kecenderungan meningkat dari waktu ke waktu, walaupun terdapat fluktuasi setiap bulannya. Fluktuasi ditentukan oleh rasio yang dihitung dengan menggunakan persamaan 1 dan *plotting* rasio ditunjukkan oleh Gambar 5, secara visual dapat dilihat pada gambar ada beberapa titik dengan nilai rasio yang sangat signifikan beberapa bulan setelah pembukaan, hal ini dipengaruhi oleh terjadinya perubahan kebijakan/*milestone* pada ruas yang sudah beroperasi. Perubahan yang dicatat pada studi ini adalah penyesuaian harga dan implementasi E-toll.



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 4. Grafik Distribusi Lalu Lintas Pada Empat Ruas



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 5. Rasio Fluktuasi Lalu Lintas Bulanan Pada Empat Ruas

Rekapitulasi hasil analisis regresi dan uji-F ditunjukkan oleh Tabel 1. Keempat model terpilih memiliki nilai parameter R-sq yang baik dimana nilainya lebih besar dari 50% dan nilai Signifikasi-F dari keempat ruas memiliki nilai mendekati nol, artinya variabel input memiliki pengaruh yang signifikan kepada variabel output.

Kemudian dilakukan *plotting* berdasarkan model terpilih di keempat ruas dan ditunjukkan oleh Gambar 6. Dari gambar dapat

dilihat bahwa bentuk kurva paling cocok dalam menggambarkan profil distribusi lalu lintas jalan tol dalam kota di Indonesia adalah model dengan bentuk kurva konkaf. Bentuk kurva ini dapat menjelaskan bahwa pertumbuhan lalu lintas yang signifikan terjadi sesaat setelah jalan tol dibuka lalu kemudian pertumbuhan lalu lintas mengalami penurunan sampai suatu saat pertumbuhan lalu lintas tersebut menjadi sangat kecil dan cenderung stabil.

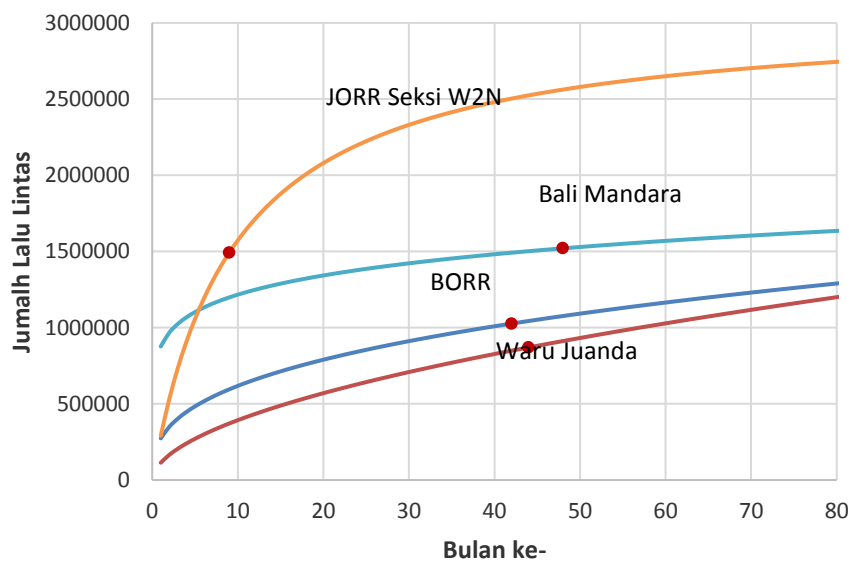
Studi ini dengan telah berhasil menemukan batas antara periode *ramp-up* dan *steady state*. Tol JORR memiliki durasi *ramp-up* yang paling singkat yaitu 9 bulan, sedangkan tol BORR, Waru-Juanda dan Bali Mandara, masing-masing memiliki durasi *ramp-up* yang mirip yaitu 42, 44 dan 48 bulan. Terdapat tiga ruas jalan tol ini memiliki kemiringan/*gradien* kurva yang mirip, hanya ruas JORR memiliki kemiringan yang paling curam, hal ini menunjukkan bahwa JORR memiliki rasio

pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan ruas lain di awal pembukaannya.

Terdapat perbedaan durasi *ramp-up* JORR dan ketiga ruas lainnya sekitar 40 bulan, perbedaan ini dapat dikatakan signifikan, maka diperlukan analisis yang lebih detail berkaitan dengan karakteristik jalan tol, misalkan jalan tol dalam kota yang terletak di area Jakarta Bogor Depok Tangerang Bekasi (Jabodetabek) dan non Jabodetabek.

Tabel 1. Rekapitulasi hasil analisis regresi dan uji-f

No	Nama Ruas	Durasi Ramp-Up (Bulan)	Model	Persamaan	R-sq	Sig-F
1	BORR	42	Power (konkaf)	$Y = 273523 * X^{0,353932}$	91,92%	5,19E-64
2	Waru-Juanda	44	Power (konkaf)	$Y = 114091 * X^{0,537015}$	93,93%	5,84E-95
5	Bali Mandara	48	Power (konkaf)	$Y = 876921 * X^{0,142203}$	50,73%	2,21E-23
6	JORR	9	Michael-Menten (konkaf)	$Y = 3071496 * \frac{X}{(9,52999 + X)}$	92,01%	7,97E-20



(ket: dot = batas periode *ramp-up* dan *steady state*)

Sumber: Hasil Analisis

Gambar 6. Grafik Model Distribusi Lalu Lintas Bulanan

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Jalan tol dalam kota di Indonesia yang diwakili oleh BORR, JORR, Waru-Juanda dan Bali-Mandara memiliki profil distribusi lalu lintas berbentuk konkaf yang artinya pertumbuhan signifikan terjadi sesaat setelah pelayanan jalan tol dibuka, kemudian pertumbuhan lalu lintas mengalami penurunan

dan pada akhirnya jumlah lalu lintas tidak berubah secara signifikan. Saat itulah ruas jalan tol sudah berada pada periode *steady state*.

Periode *ramp-up* JORR, BORR, Waru-Juanda dan Bali Mandara masing-masing 9, 42, 44 dan 48 bulan. Walaupun secara statistik periode *ramp-up* pada jalan tol sudah dapat diidentifikasi, namun tetap diperlukan penilaian tertentu dari profesional dalam menentukan periode *ramp-up* suatu ruas.

Studi ini belum sepenuhnya memenuhi pengetahuan akan kebutuhan informasi mengenai *ramp-up* di Indonesia. Namun, studi ini dengan metode yang dijelaskan di atas telah berhasil menemukan durasi periode *ramp-up* dan gambaran profil distribusi lalu lintas pada empat ruas jalan tol dalam kota dan hasil studi ini dapat dimanfaatkan para profesional pada saat melakukan perkiraan lalu lintas infrastruktur jalan tol.

Saran

Terdapat beberapa saran yang mungkin dapat menjadi pertimbangan untuk pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu pada studi ini tidak tersedia data volume lalu lintas pada saat perencanaan/studi kelayakan. Oleh karena itu untuk penelitian selanjutnya agar menyertakan data perencanaan dalam mengidentifikasi periode *ramp-up* sebagai entri data, sehingga dapat ditemukan profil *ramp-up* dan durasi *ramp-up* dengan metode yang berbeda, dan hasilnya dapat dibandingkan dengan studi ini.

Data yang semakin panjang pada suatu ruas dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik dan akurat, maka dapat dilakukan studi yang sama/*update* atau dengan menggunakan metode alternatif lainnya di masa yang akan datang dan diharapkan dapat memberikan model dan durasi *ramp-up* secara umum maupun sesuai dengan kategori tertentu (contoh: luar kota/dalam kota; Jabodetabek/Non Jabodetabek).

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada para dosen pembimbing dari Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan bimbingan dan dukungan, serta para dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan dan saran.

DAFTAR PUSTAKA

Bain, Robert, dan Michael Wilkins. 2002. *Traffic Risk In Start-Up Toll Facilities*. UK: Standar & Poor's, McGraw-Hill International (UK) Ltd.

Bain, Robert, dan Lidia Polakovic. 2010. *Traffic Forecasting Risk Study Update: 2005: Throught Ramp-Up And Beyond*. Standard & Poor's Financial Services.

Bank, The World. 2005. "Demand Forecasting Error." *Transport Note No. TRN-12*.

Bull, Matt, Anita Mauchan, dan Lauren Wilson. 2017. *Toll-Road PPPs; Identifying, Mitigating and Managing Traffic Risk*. PPIAF, World Bank Group.

Chang, Justin S., Ki- Min Kim, Sung- Bong Chung, dan Kyu- Hwa Jung. 2010. "Patronage Ramp-Up Analysis Model Using a Heuristic F-Test." *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*.

D'Este, Glen. 2010. "What Happens To Toll Road Ramp-Up Profile When There Is An Initial Toll-Free Period, And The Broader Implications For Demand Forecasting." *Australasian Transport Research Forum 2010*.

Dharmawan, Weka Indra, Ade Sjafruddin, Russ Bona Frazila, dan Febri Zukhruf. 2019. "Developing Model Of Toll Road Traffic Forecasting During Ramp-Up Period." *MATEC Web of Conferences* 270. ConCERN-2-2018. 03016.

Flyvbjerg, Bent. 2005. "Measuring Inaccuracy In Travel Demand Forecasting: Methodological Considerations Regarding Ramp Up And Sampling." *Transportation Research A; Policy And Practice Vol. 39, No. 6* 522-530.

<http://bpjt.pu.go.id/konten/progress/beroperasi>.

<https://www.google.co.id/maps>.

<http://www.jasamarga.com/public/id/home.aspx>.

<https://www.minitab.com/en-us/support/>.

<https://www.instagram.com/p/BpB0eBoh-AR/?igshid=kw0l6a1z1okd>.

Odeck, James, and Morten Welde. 2017. "The Accuracy Of Toll Road Traffic Forecast; An Econometric Evaluation." *Transportation Research Part A* 73-85.

Ortuzar, Juan de Dios, dan G Luis Willumsen. 2011. *Modeling Transport 4th Edition*. A John Wiley and Sons, Ltd., Publication.

Indonesia. 2018. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat No 10/PRT/M/2018 Tentang Tempat Istirahat dan Pelayanan Jalan Tol*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat.

Wibowo, Andreas. 2010. "Opsi Terminasi Sebagai Instrumen Dukungan Pemerintah Untuk Proyek Infrastruktur Berisiko Permintaan Tinggi." *Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil Vol. 22 No. 3 Desember 2015* 191.