

Evaluasi Layanan Taksi Menggunakan *Agent Based Modeling* (ABM)

Silvi Istiqomah^{1a}, Yuniaristanto^{1b}, I Wayan Suletra^{1c}

Abstract. *Taxi services involve the number of taxi and demand. A balance is needed for operated taxi and demand, so that the number of canceled order decreases. This system involves taxi and consumers as agents with various behaviors from their agents, then solved using modeling methods. Agent-based modeling is a feasible method used in this study because it can accommodate the properties and attributes of each agent. From the scenario that has been done, the average number of good fleets to operate is 103 fleets, with the canceled order rate is 1.2% and this model proves that the number of operated taxi is sensitive to the number of requests that exist.*

Keywords. *taxi; demand; agen based modeling*

Abstrak. *Sistem layanan transportasi melibatkan jumlah taksi dan jumlah permintaan yang ada. Hal ini dibutuhkan keseimbangan agar tidak terlalu banyak taksi yang beroperasi dan kekurangan taksi yang mengakibatkan jumlah pembatalan pesanan meningkat. Maka masalah tersebut mengisyaratkan diperlukannya suatu alat analisis berupa model simulasi untuk mengevaluasi jumlah taksi yang beroperasi untuk memenuhi jumlah permintaan yang ada. Sistem tersebut sulit untuk dimodelkan dengan model matematik karena keragaman perilaku yang dapat terjadi, maka perangkat lunak simulasi merupakan salah satu solusi yang digunakan untuk permasalahan ini. Agen Based Modeling merupakan metode pemodelan yang digunakan karena dapat mengakomodasi sifat dan atribut pada setiap agennya. Hasil yang didapatkan adalah jumlah armada optimal yang beroperasi sejumlah 103 armada dengan jumlah pembatalan order 1,2 % dan model ini membuktikan bahwa jumlah armada yang beroperasi sensitif terhadap jumlah permintaan yang ada.*

Kata kunci. *taksi, permintaan, agen based modeling.*

I. PENDAHULUAN

Indonesia dimudahkan dengan adanya perkembangan teknologi. Menurut penelitian *Center of Innovation Policy and Governance*, saat ini laju penetrasi internet Indonesia merupakan yang tertinggi di Asia yang kini sudah mencapai 51% (Agahari dkk., 2018). Hal ini memberi dampak pada penggunaan teknologi, tidak hanya berkembang di sektor komunikasi. Terjadi distraksi pada masyarakat sehingga berpengaruh pada digitalisasi di berbagai bidang, salah satunya adalah transportasi. Kondisi ini yang membuat permintaan terhadap layanan

transportasi taksi konvensional beralih menjadi layanan transportasi taksi *online*. Salanova dkk. (2011) meninjau secara rinci mengenai agregat dan model ekuilibrium layanan taksi. Menurut Ye (2009), munculnya transportasi daring mencerminkan tren segmen *supply* yang cukup kompleks karena persaingan pasar yang lengkap dan kebiasaan konsumsi berubah karena internet. Pada penelitian Kusuma (2017), dijelaskan bahwa salah satu parameter yang memberikan pengaruh signifikan adalah waktu kedatangan penumpang (*arrival order*). Penelitian Grau dkk. (2018) menjelaskan bahwa model baru harus dikembangkan untuk mendukung kebijakan pemerintah dan regulasi perusahaan dalam membuat keputusan dalam cara mengatur jumlah layanan taksi yang optimal untuk beroperasi pada suatu wilayah. Penelitian Liang dkk. (2017) menjelaskan bahwa penentuan rute kendaraan sesuai dengan fungsi maksimalisasi keuntungan sementara tergantung pada waktu perjalanan dinamis yang bervariasi dengan aliran *autonomus taxi* (AT). Penelitian ini dilakukan pada KOSTI Solo

¹ Departemen Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami No 36A, Jebres, Kota Surakarta, 57126.

^a email: silviistiqomah23@gmail.com

^b email: yuniaristanto@ft.ums.ac.id

^c email: iwayansatya@gmail.com

yang telah mengaplikasikan pemesanan secara konvensional maupun daring dengan menggunakan aplikasi. Jumlah layanan transportasi yang ditawarkan baik konvensional maupun daring sudah sangat banyak sehingga menyebabkan *oversupply*, dan dengan keadaan ini pembatalan order masih berada pada tingkat yang cukup tinggi. Ketidaksiuaian ini dapat menyebabkan pembatalan order, hal terjadi dikarenakan beberapa hal yaitu waktu tunggu konsumen terlalu pendek, pelayanan armada yang kurang memuaskan, kepadatan lalu lintas, serta regulasi pemerintah yang mengatur jumlah armada yang beroperasi pada suatu daerah.

Cuevas dkk. (2016) melakukan penelitian untuk meningkatkan efisiensi sistem transportasi *on-demand* dengan optimisasi *supply* armada, agar dapat memberikan tingkat layanan yang baik bagi pengguna angkutan umum. Fernandez dkk. (2006) melakukan evaluasi skala besar dan empiris dari layanan transportasi taksi yang dinamis dan terdistribusi, hal ini bertujuan untuk mencapai koordinasi antara permintaan konsumen (*demand*) dan ketersediaan armada taksi (*supply*). Maka untuk mengetahui perilaku konsumen dan armada dalam sistem layanan transportasi, dilakukan simulasi agar dapat mengetahui jumlah armada yang optimal untuk beroperasi. Namun penelitian ini membatasi masalah dengan tidak mempertimbangkan keadaan lalu lintas, regulasi pemerintah, maupun kondisi yang terjadi diluar dugaan. Jumlah kendaraan yang tersedia juga dipengaruhi dari waktu tunggu konsumen dalam mendapatkan layanan transportasi (Dia & Javanshour, 2017)

Pada dasarnya sistem transportasi perkotaan terdiri dari sistem angkutan penumpang dan sistem angkutan barang. Sistem angkutan penumpang bisa dikelompokkan menurut penggunaannya dan cara pengoperasiannya (Vuchic, 1981). Angkutan pribadi yaitu angkutan yang memiliki dan dioperasikan oleh dan untuk kepentingan pribadi pemilik dengan menggunakan prasarana baik pribadi maupun prasarana umum. Angkutan umum yaitu angkutan yang dimiliki oleh operator yang bisa digunakan untuk umum dengan persyaratan tertentu. Grau dan Romeu (2015) menjelaskan

bahwa keadaan masyarakat disimulasikan untuk mendapatkan layanan taksi dengan asumsi distribusi permintaan seragam. Grau dkk. (2018) menjelaskan bahwa model baru harus dikembangkan untuk mendukung kebijakan pemerintah dan regulasi perusahaan dalam pembuat keputusan dalam cara mengatur jumlah layanan taksi yang optimal untuk beroperasi pada suatu wilayah. Fagnant dkk. (2015) mensimulasikan armada dengan berbagai ukuran armada dan menentukan ukuran armada yang optimal dari perspektif ekonomi.

Pada penelitian ini, konsumen dan armada adalah agen yang dapat menyebabkan perubahan pada sistem layanan transportasi taksi. Pengelolaan sistem transportasi dan interaksi antar agen dapat diketahui menggunakan salah satu ilmu permodelan. Barrios (2014) dan Li (2011) mengembangkan model simulasi yang bertujuan memodelkan layanan operasi yang rumit. Permodelan yang digunakan adalah *agent based modelling* (ABM). Permodelan ini mampu memodelkan sistem hingga ke entitas terkecilnya. Selain itu, dapat mengakomodasi atribut dan sifat-sifat tertentu dari individu terkecil pada sebuah sistem. Menurut Pidd dkk. (2010), permodelan ini mampu memodelkan sistem hingga ke entitas terkecilnya. Selain itu, dapat mengakomodasi atribut dan sifat-sifat tertentu dari individu terkecil pada sebuah sistem. ABM dipilih karena mampu memodelkan heterogenitas dan adanya ketidakpastian (stokastik) dari sistem kompleks, sehingga ABM merupakan metode yang paling cocok digunakan dalam menyelesaikan permasalahan sistem yang kompleks.

Grau dkk. (2018) mengatakan bahwa hanya beberapa model simulasi mampu lebih memahami karakteristik operasional pasar taksi, salah satunya adalah model simulasi taksi berbasis agen. ABMS merupakan simulasi berbasis komputer untuk memodelkan semua perilaku entitas (agen) yang terlibat dalam dunia nyata dengan harapan interaksi antar entitas dapat menghasilkan atau menggambarkan sifat utama yang dapat digunakan lagi sebagai alat bantu untuk eksplanatori atau prediksi dalam

mengambil keputusan di dunia nyata (Macal & North, 2010).

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan jumlah armada yang optimal untuk beroperasi melayani permintaan yang ada dengan pemodelan simulasi pada ruang dua dimensi kontinu dengan menggunakan pendekatan pemodelan berbasis agen. Hal ini dilakukan untuk meminimalkan pembatalan order yang disebabkan karena jumlah taksi yang beredar dalam melayani masyarakat.

II. METODE PENELITIAN

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam menyelesaikan penelitian ini. Tahap pertama yang dilakukan adalah perumusan masalah yang telah ditentukan yaitu untuk mengevaluasi jumlah permintaan dan armada layanan transportasi taksi dengan *agent based model* untuk mengelola *supply* dengan minimasi pembatalan pesanan dalam sistem layanan transportasi taksi. Setelah perumusan masalah dilakukan, maka dilakukan pengambilan data mengenai jumlah order setiap satuan waktu. Chang (2009) menjelaskan bahwa data historis permintaan dapat digunakan untuk memprediksi distribusi *demand*. Data ini merupakan data sekunder yang menjadi representasi jumlah *demand* dalam 24 jam dalam satu bulan.

Setelah itu adalah menggambarkan sistem yang akan dibuat pada penelitian ini. Penentuan karakteristik sistem ini dilakukan agar dapat menginformasikan tujuan dan hasil yang ingin dicapai dengan batasan-batasan yang telah ditentukan. Data yang digunakan adalah data permintaan pada setiap waktu. Kemudian menjadi

distribusi yang menjadi input pada model. Batasan pada pemodelan ini hanya mengakomodasi sistem layanan transportasi yang melibatkan taksi dan konsumen. Keluaran pada simulasi ini adalah jumlah pembatalan pesanan dan pesanan yang terpenuhi. Dari data tersebut dapat dianalisis jumlah *driver* yang dibutuhkan untuk memenuhi *demand* yang tersebar untuk meminimalisir pembatalan pesanan.

Kemudian dilakukan formulasi model. Tahap pertama adalah memformulasikan masalah. Pada tahap ini perlu dikenali masalah yang ada, obyek yang menjadi fokus analisa adalah jumlah armada yang beroperasi, variabel yang terlibat adalah jam kerja armada taksi dan tingkat pelayanan yang diberikan, dan ukuran performansi yang dicapai adalah jumlah pembatalan order yang ada. Kedua, mengumpulkan data informasi dan data penunjang pemodelan sistem yang diinputkan setelah model disusun. Tahap selanjutnya adalah memilih *software* untuk *coding command* dan mengembangkan model. *Software* yang digunakan untuk menyelesaikan pemodelan ini adalah NetLogo, programming *software* ini sesuai kustomisasi dengan pendekatan *syntax*.

Perilaku agen yang digambarkan pada model sesuai dengan Tabel 1. Perilaku ini yang akan menggambarkan sistem sehingga didapatkan jumlah konsumen yang terlayani dan jumlah pembatalan pesanan yang ada. Hal itu disebabkan karena pelayanan yang diberikan oleh jumlah taksi yang beroperasi. Alur *running* simulasi yang terjadi mengikuti diagram alir model simulasi pada Gambar 1.

Setelah *coding command* tersusun maka verifikasi, sistem ini harus dipastikan bahwa algoritma yang digunakan dalam sistem sudah

Tabel 1. Hasil identifikasi perilaku agen

No	Agent	Perilaku
1	Konsumen	<ul style="list-style-type: none"> - Memesan dengan maksimal waiting time 30 menit - Membatalkan pesanan jika tidak ada <i>pick up</i>
2	Armada	<ul style="list-style-type: none"> - Mencari konsumen dengan bergerak bebas - Mem <i>pick-up</i> konsumen yang paling dekat dengan armada - Setiap mencari konsumen, jam kerja akan berkurang - Jam kerja habis, maka armada akan digantikan oleh armada lain sebagai agen baru - Armada akan aktif sesuai dengan penilaian konsumen dan jumlah permintaan yang ada

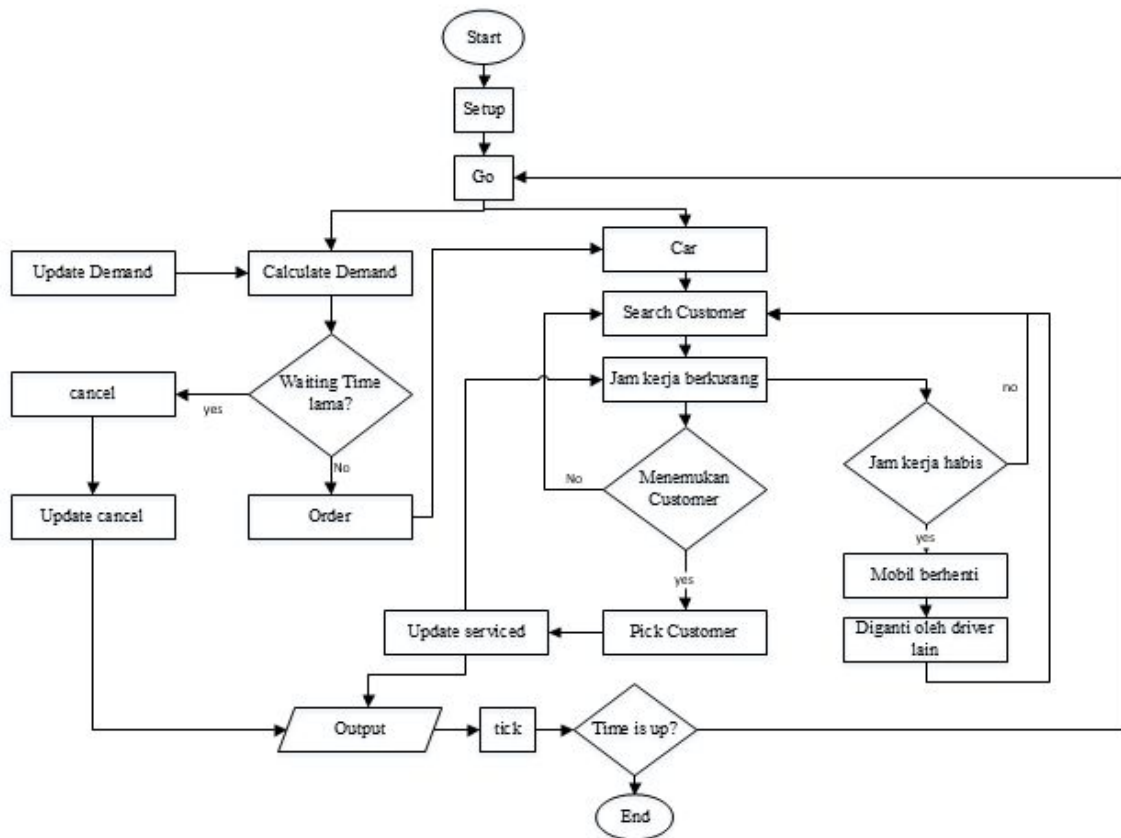
benar dengan *debugging* kode yang telah disusun pada *software* NetLogo. Verifikasi ini dilakukan menggunakan fitur *check* pada *software* NetLogo. Hal ini dilakukan agar dapat memastikan bahwa *code* sudah berjalan dengan baik.

Tahap selanjutnya adalah validasi model. Validasi ini dilakukan dengan membandingkan kondisi nyata dan kondisi dalam model. Input jumlah konsumen yang order layanan transportasi pada kondisi nyata akan dibandingkan dengan konsumen yang order

layanan transportasi yang dihasilkan dari *running* model. Dilakukan uji statistik yang bertujuan untuk mengetahui apakah hasil simulasi berbeda signifikan dengan kondisi aktual.

Gambar 2 menunjukkan bahwa hasil pengujian statistik dengan *paired t-test* mendapatkan hasil *p-value* sebesar 0,123. Karena *p-value* $> \alpha$, maka data hasil simulasi dengan data aktual tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Model pun dinilai valid.

Dilakukan beberapa replikasi agar dapat menggambarkan bahwa perubahan hasil dari



Gambar 1. Diagram alir model simulasi

Paired T for kondisi aktual - model

	N	Mean	StDev	SE Mean
permintaan daerah biasa	720	20,842	13,291	0,495
model permintaan bias	720	19,836	12,551	0,468
Difference	720	1,006	17,487	0,652

95% CI for mean difference: (-0,274; 2,285)

T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 1,54 P-Value = 0,123

Gambar 2. Hasil *paired t-test* data permintaan aktual dan simulasi

simulasi tidak begitu signifikan, sehingga dapat dipastikan bahwa data yang dihasilkan merupakan data yang valid. Maka pada tahap ini model sudah tervalidasi sesuai dengan kondisi nyata.

Tabel 2. Hasil perhitungan replikasi

Replikasi	Rata-rata service
1	34
2	35
3	35
4	33
5	34
Mean	34,20
Standar Deviasi	0,84
KV	0,02

Perhitungan koefisien variansi yang menunjukkan seberapa besar nilai simpangan baku relatif terhadap rata-ratanya. Variansi yang baik berapa pada rentang $0 < KV < 1$, nilai koefisien variansi pada perhitungan tersebut menunjukkan bahwa hasil dari 5 replikasi yang telah dilakukan cukup homogen dengan KV 0,02.

Perilaku sistem dan analisisnya diteliti kemudian dilakukan pengembangan skenario untuk menjawab pertanyaan formulasi masalahnya. Dengan demikian diperoleh gambaran optimal sistem melalui modelnya yang dijadikan pertimbangan untuk perbaikan sistem nyatanya.

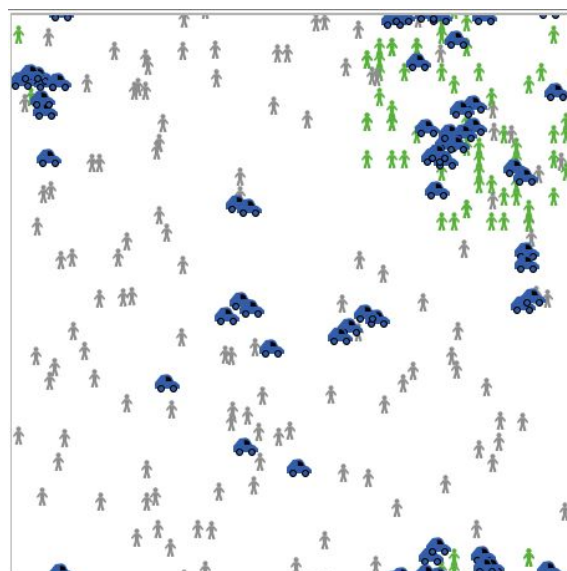
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengevaluasi jumlah permintaan dan armada layanan transportasi taksi dengan *agent based model* untuk minimasi pembatalan pesanan dalam sistem layanan transportasi taksi. Jumlah permintaan yang ada akan mengikuti distribusi yang telah ditentukan, ini akan menjadi input dalam model simulasi sehingga sistem dapat mengetahui jumlah armada yang nantinya dibutuhkan dan jumlah pembatalan order yang terjadi.

Penentuan *agent* pada simulasi, *agent* yang dibuat pada simulasi ini ada 2 yaitu konsumen dan armada taksi. Kedua *agent* ini memiliki perilaku yang berbeda, *agent* bisa melakukan order atau pesanan dan *agent driver* bisa melakukan pencarian konsumen selama masih

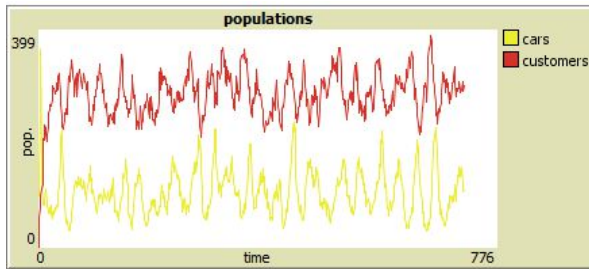
dalam waktu kerjanya serta dapat melayani konsumen.

Pengembangan skenario dilakukan, taksi akan melayani konsumen dengan jarak paling dekat. Taksi akan lebih banyak ditemukan pada daerah dengan kapasitas permintaan tinggi dibanding daerah lainnya. Dengan pengelompokan wilayah yang dilakukan, maka taksi dapat memperkirakan daerah dengan permintaan yang tinggi, sehingga waktu tunggu konsumen tidak tinggi yang menyebabkan konsumen membatalkan pesanan. Pembatalan pesanan ini yang menjadi salah satu masalah yang akan diselesaikan.



Gambar 3. Tampilan visual simulasi pada NetLogo

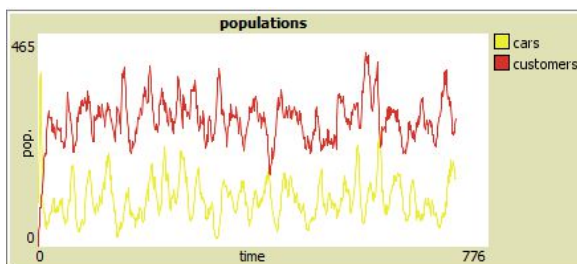
Gambar 3 menunjukkan hasil visual dari penyebaran permintaan dan beroperasinya armada yang ada. Penyebaran ini menunjukkan wilayah yang ramai dengan permintaan, sehingga armada yang beroperasi juga mempunyai perkiraan pangkalan agar dapat *pick* dengan waktu yang cepat. Hal ini membantu armada agar dapat melayani dengan meminimalisir *cancelled order*. Dari skenario pertama yang dijalankan adalah waktu kerja dari armada selama 8 jam. Dengan skenario ini didapatkan hasil pada Gambar 4, jumlah rata-rata armada yang beroperasi pada setiap jamnya adalah 97 armada dengan pembatalan order sebanyak 136 dalam satu bulan, dan konsumen yang terlayani adalah 11.554 dalam satu bulan.



Gambar 4. Hasil simulasi dengan jam kerja 8 jam

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa jumlah armada yang beroperasi mengikuti pola perilaku pada konsumen. Hal ini tidak hanya dipengaruhi oleh jam kerja armada, namun penilaian pelayanan dari konsumen juga berpengaruh pada beroperasinya armada untuk melayani konsumen. Jika penilaian pelayanan semakin buruk, maka konsumen tidak akan memilih armada tersebut untuk melayaninya. Hal ini ditunjukkan oleh skenario yang kedua dengan hasil jumlah pembatalan mencapai 153 dalam satu bulan dan jumlah konsumen yang terlayani hanya 9.528 dalam satu bulan. Dalam skenario yang kedua ini, jumlah armada yang beroperasi hanya 97 armada.

Dari skenario ketiga yang dijalankan adalah waktu kerja dari armada selama 12 jam. Dengan skenario ini didapatkan hasil pada Gambar 5, didapatkan jumlah rata-rata armada yang beroperasi pada setiap jamnya adalah 103 armada dengan pembatalan order sebanyak 136 dalam satu bulan, dan konsumen yang terlayani adalah 11.633 dalam satu bulan.

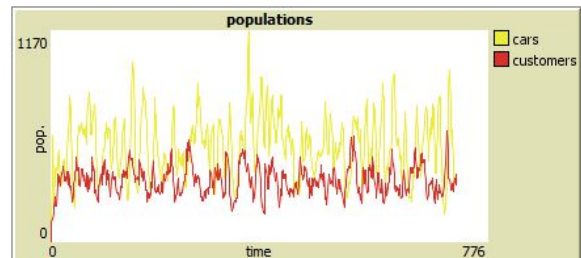


Gambar 5. Hasil simulasi dengan jam kerja 12 jam

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa jumlah armada yang beroperasi mengikuti pola perilaku pada konsumen. Dibandingkan dengan skenario 1 dan skenario 2, grafik jumlah mobil dan jumlah konsumen tidak memiliki *range* yang

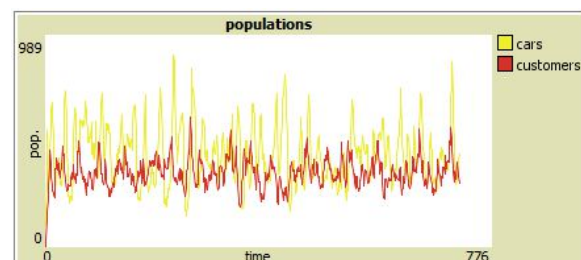
cukup jauh. Pada penilaian pelayanan yang tidak cukup baik, jumlah pembatalan yang terdapat pada skenario ini mencapai 152 dengan jumlah konsumen yang terlayani adalah 10.140. Armada yang beroperasi pada skenario ini hanya 61 armada.

Skenario selanjutnya adalah mengenai jumlah order yang masuk. Tingkatan *demand* pada skenario menggunakan rata-rata *demand* mencapai 50 dengan standar deviasi 35, hal ini menunjukkan bahwa jumlah layanan yang dilakukan sebanyak 55.511 perjalanan dengan jumlah pembatalan 171. Pada skenario ini didapatkan hasil pada Gambar 6, rata-rata armada yang beroperasi sebanyak 527 armada.



Gambar 6. Hasil simulasi jumlah *demand* dengan rata-rata 50

Sedangkan pada *demand* dengan rata-rata *demand* 45 dengan standar deviasi 30, jumlah layananyang dilakukan sebanyak 47.052 perjalanan dengan jumlah pembatalan 172. Pada skenario ini didapatkan hasil pada Gambar 7, rata-rata armada yang beroperasi sebanyak 444 armada.



Gambar 7. Hasil simulasi jumlah *demand* dengan rata-rata 45

Dari skenario adanya perubahan *demand* yang ada, model tetap menekan jumlah pembatalan order dengan menambah armada yang beroperasi untuk memenuhi jumlah permintaan

yang ada. Peningkatan layanan yang terjadi cukup drastis, namun jumlah pembatalan order tidak berubah secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa model juga sensitif terhadap jumlah *demand* yang ada.

Dari beberapa skenario di atas menunjukkan bahwa jumlah armada cukup signifikan untuk melayani permintaan yang ada, namun dengan jumlah armada yang berbeda tidak mempengaruhi jumlah pembatalan order secara signifikan. Jumlah rata-rata armada yang beroperasi yang baik adalah 103 pada *demand* kondisi saat ini. Jumlah armada akan sensitif terhadap jumlah *demand* yang ada, hal ini ditunjukkan oleh dua skenario yang meningkatkan rata-rata permintaan. Hal ini dilakukan agar *driver* memiliki utilitas yang tinggi sehingga dapat meminimalisir waktu tunggu untuk mendapatkan pelanggan, dan mempunyai waktu istirahat yang cukup agar dapat memberikan layanan yang baik bagi konsumen.

IV. SIMPULAN

Penelitian ini telah menghasilkan pemodelan simulasi dan kerangka pemrograman untuk pergerakan konsumen dan armada layanan transportasi taksi pada ruang dua dimensi kontinu dengan menggunakan pendekatan pemodelan berbasis agen. Sehingga dapat diadaptasi untuk kasus sistem nyata yang melibatkan pergerakan kendaraan.

Hasil *running* dari beberapa skenario yang telah dilakukan menunjukkan bahwa armada yang baik untuk beroperasi adalah 103 armada pada *demand* kondisi nyata. Model menunjukkan bahwa jumlah armada yang beroperasi sensitif terhadap jumlah permintaan yang ada, dan model ini berusaha untuk meningkatkan pelayanan dan tetap menekan jumlah pembatalan agar tidak meningkat.

Model ini membutuhkan pengembangan yang mengakomodasi wilayah permintaan sehingga dapat mengalokasikan jumlah armada pada suatu wilayah.

DAFTAR PUSTAKA

- Agahari, W.; Nugraha, L.K.; Usmani, M.L. (2017) *Innovation Outlook: Ekonomi Digital di Indonesia*. Center of Innovation Policy and Governance. (Diakses 12 Juli 2018, dari <http://cipg.or.id>)
- Barrios, J.A.; Doig, J.C. (2014). *Fleet sizing for flexible carsharing systems: a simulation-based approach*. In: Proceedings of Transportation Research Board 93rd Annual Meeting.
- Chang, H.; Tai, Y.; Hsu, J.Y. (2009). "Context-aware taxi demand hotspots prediction". *International Journal of Business Intelligence and Data Mining*, 5 (1), 3-18.
- Cuevas, V.; Salanova, J.M.; Estrada M. (2016). "Management of on-demand transport services in urban contexts: Barcelona case study". *Transportation Research Procedia*, 13, 155-165
- Dia, H.; Javanshour, F. (2017). "Autonomous shared mobility-on-demand: Melbourne pilot simulation study", *Transportation Research Procedia*, 22, 285-296.
- Fagnant, D.J.; Kockelman, K.M. (2015). "Dynamic ride-sharing and optimal fleet sizing for a system of shared autonomous vehicles." *Transportation Research Board 94th Annual Meeting*. No. 15-1962.
- Fernandez, J.E.; Ch, J.D.C.; Briones, J.M. (2006). "A diagrammatic analysis of the market for cruising taxis", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 42 (6), 498-526.
- Grau, J.M.S.; Romeu, M.A.E. (2015). "Agent based modelling for simulating taxi services". *Procedia Computer Science*, 52, 902-907. doi: 10.1016/j.procs.2015.05.162}
- Grau, J.M.S.; Estrada, M.; Tzenosa, P.; Aifandopoulou, G. (2018). "Agent based simulation framework for the taxi sector modeling". *Procedia Computer Science*, 130, 294-301. doi: 10.1016/j.procs.2018.04.042
- Kusuma, P.D. (2017). "Online motorcycle taxi simulation by using multi agent system". *International Journal of Applied Engineering Research*, 12 (19), 9199-9208.
- Li, L. (2011). *Design and Analysis of a Carsharing System Offering One-way Journeys*. Master Thesis. University of Wisconsin-Milwaukee.
- Liang, X.; Correia, G.H.A.; Arem, B. (2017). "An optimization model for vehicle routing of automated taxi trips with dynamic travel times". *Transportation Research Procedia*, 27, 736-743. doi: 10.1016/j.tpro.2017.12.045

- Macal, C.M.; North, M.J. (2010). "Tutorial on agent-based modelling and simulation". *Journal of Simulation*. 4, 151-162. doi: 10.1057/jos.2010.3
- Pidd, M.; Seibers, P.O.; Macal, C.M.; Garnett, J.; Buxton, D. (2010) "Discrete-event simulation is dead, long live agent-based simulation". *Journal of Simulation*, 4 (3), 204-210. doi: 10.1057/jos.2010.14
- Salanova, J.M.; Estrada, M.; Aifadopoulou, G.; Mitsakis, E. (2011). "A review of the modeling of taxi services". *Procedia and Social Behavioral Sciences* #20, 150-161.
- Vuchic, V.R. (1981). *Urban Public Transportation Systems and Technology*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Ye, Z.Y. (2009). "Management of Hong Kong Taxi Industry". *Traffic & Transportation*, 03.