

TUGAS AKHIR - TM184835

ANALISA NUMERIK KARAKTERISTIK ALIRAN UDARA PADA ANGKUTAN UMUM KOTA (ANGKOT) SURABAYA DAN IMPLIKASINYA PADA PENYEBARAN VIRUS COVID-19

PUGUH PAMBUDI

NRP 0211184000042

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Tri Yogi Yuwono, DEA

NIP 196001291987011001

Co-Pembimbing

Nur Ikhwan, S.T., M.Eng.,

NIP 196709151995121001

Program Studi Sarjana

Departemen Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022

TUGAS AKHIR - TM184835

**ANALISA NUMERIK KARAKTERISTIK ALIRAN
UDARA PADA ANGKUTAN UMUM KOTA
(ANGKOT) SURABAYA DAN IMPLIKASINYA
PADA PENYEBARAN VIRUS COVID-19**

PUGUH PAMBUDI

NRP 0211184000042

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Tri Yogi Yuwono, DEA

NIP 196001291987011001

Co-Pembimbing

Nur Ikhwan, S.T., M.Eng.,

NIP 196709151995121001

Program Studi Sarjana

Departemen Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022

FINAL PROJECT - TM184835

**NUMERICAL ANALYSIS OF AIRFLOW
CHARACTERISTICS IN SURABAYA PUBLIC
TRANSPORTATION (ANGKOT) AND ITS
IMPLICATIONS FOR THE SPREAD OF THE
COVID-19 VIRUS**

PUGUH PAMBUDI

NRP 0211184000042

Advisor

Prof. Dr. Ir. Tri Yogi Yuwono, DEA

NIP 196001291987011001

Co-Advisor

Nur Ikhwan, S.T., M.Eng.,

NIP 196709151995121001

Undergraduate Study Program

Department of Mechanical Engineering

Faculty of Industrial Technology and Systems Engineering

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA NUMERIK KARAKTERISTIK ALIRAN UDARA PADA ANGKUTAN
UMUM KOTA (ANGKOT) SURABAYA DAN IMPLIKASINYA PADA
PENYEBARAN VIRUS COVID-19**

TUGAS AKHIR

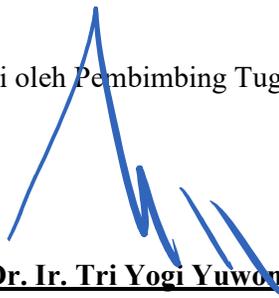
Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Teknik Mesin
Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Puguh Pambudi

NRP. 0211184000042

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Prof. Dr. Ir. Tri Yogi Yuwono, DEA

NIP. 196001291987011001

SURABAYA

2022

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA NUMERIK KARAKTERISTIK ALIRAN UDARA PADA ANGKUTAN UMUM KOTA (ANGKOT) SURABAYA DAN IMPLIKASINYA PADA PENYEBARAN VIRUS COVID-19

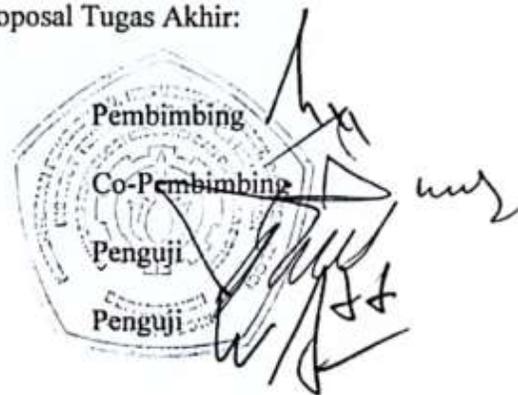
TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
Memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Teknik Mesin
Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : **Puguh Pambudi**
NRP. 0211184000042

Disetujui oleh Tim Penguji Proposal Tugas Akhir:

1. Prof. Dr. Ir. Tri Yogi Yuwono, DEA
2. Nur Ikhwan, ST. Meng
3. Prof. Ir. Sutardi, M.Eng., PhD.
4. Dr. Wawan Aries Widodo, S.T.. M.T.



SURABAYA

Juli, 2022

APPROVAL SHEET

NUMERICAL ANALYSIS OF AIRFLOW CHARACTERISTICS IN SURABAYA PUBLIC TRANSPORTATION (ANGKOT) AND ITS IMPLICATIONS FOR THE SPREAD OF THE COVID-19 VIRUS

FINAL PROJECT

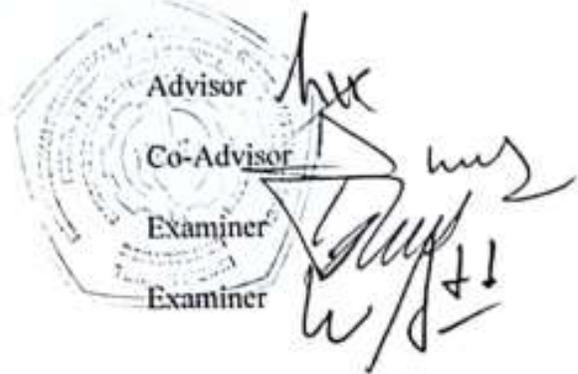
Submitted to fulfil one of the requirements
for obtaining a Bachelor of Engineering degree at
Undergraduate Study Program
Department of Mechanical Engineering
Faculty of Industrial Technology and Systems Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : **Puguh Pambudi**

NRP. 0211184000042

Approved by Final Project Examiner Team :

1. Prof. Dr. I. Tri Yogi Yuwono, DEA
2. Nur Ikhwan, ST. Meng
3. Prof. Ir. Sutardi, M.Eng., PhD.
4. Dr. Wawan Aries Widodo, S.T., M.T.



SURABAYA

Juli, 2022

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Puguh Pambudi / 0211184000042

Departemen : Teknik Mesin

Dosen Pembimbing / NIP : Prof. Dr. Ir. Tri Yogi Yuwono, DEA / 196001291987011001

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "Analisa Numerik Karakteristik Aliran Udara Pada Angkutan Umum Kota (Angkot) Surabaya Dan Implikasinya Pada Penyebaran Virus Covid-19" adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 8 Juli 2022

Mengetahui
Dosen/Pembimbing



(Prof. Dr. Ir. Tri Yogi Yuwono, DEA)

NIP. 196001291987011001

Mahasiswa



(Puguh Pambudi)

NRP. 0211184000042

STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

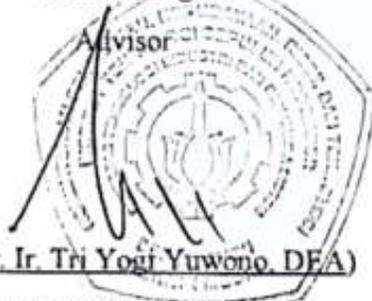
Name of student / NRP : Puguh Pambudi / 0211184000042
Department : Mechanical Engineering
Advisor / NIP : Prof. Dr. Ir. Tri Yogi Yuwono, DEA / 196001291987011001

hereby declare that the Final Project with the title of "Numerical Analysis Of Airflow Characteristics In Surabaya Public Transportation (Angkot) And Its Implications For The Spread Of The Covid-19 Virus" is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific writing.

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

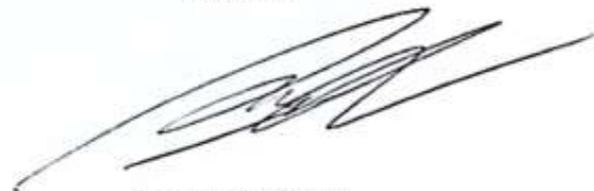
Surabaya, 8th July 2022

Acknowledge

Advisor

(Prof. Dr. Ir. Tri Yogi Yuwono, DEA)

NIP. 196001291987011001

Student



(Puguh Pambudi)

NRP. 0211184000042

ABSTRAK
ANALISA NUMERIK KARAKTERISTIK ALIRAN UDARA PADA ANGKUTAN
UMUM KOTA (ANGKOT) SURABAYA DAN IMPLIKASINYA PADA
PENYEBARAN VIRUS COVID-19

Nama Mahasiswa : PUGUH PAMBUDI
NRP : 0211184000042
Departemen : Teknik Mesin FTIRS-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr.Ir. Tri Yogi Yuwono, DEA.
Co-Pembimbing : Nur Ikhwan, S.T., M.Eng.

Virus *Covid-19* yang muncul pertama kali pada akhir tahun 2019 di Wuhan, China telah menjadi perhatian dunia sampai saat ini. Hal ini dikarenakan banyaknya kasus kematian ini selain disebabkan oleh virus *Covid-19*, dan juga cepatnya laju penularan covid-19 yang sulit dikendalikan. Sejak munculnya covid-19, masyarakat wajib untuk mematuhi protokol kesehatan yang ketat wajib seperti menggunakan masker, menjaga jarak, mencuci tangan, dan membatasi interaksi sosial. Interaksi sosial dapat terjadi di lingkungan kerja, lingkungan pendidikan, dan kegiatan sehari-hari. Untuk mencegah penularan covid-19, pemerintah juga menganjurkan untuk menghindari keramaian, dan mengurangi penggunaan kendaraan umum. Namun, dikarenakan masih banyaknya penggunaan kendaraan umum, dan juga situasi perekonomian yang mulai membaik, maka penggunaan kendaraan umum tidak dapat dihindari. Berdasarkan kasus tersebut, maka penting untuk dilakukan analisis karakteristik aliran udara di dalam kabin angkutan umum guna mengetahui kemungkinan penyebaran virus *Covid-19* pada angkutan umum. Maka pada tugas akhir ini akan dilakukan simulasi numerik pada Angkutan Umum Kota (Angkot) Surabaya

Untuk menganalisa karakterististik aliran di dalam kabin Angkot Surabaya, dalam tugas akhir ini, dilakun simulasi numeric menggunakan perangkat lunak komersial ANSYS FLUENT 19.1. Pemodelan simulasi pada penelitian ini yaitu angkot dengan inlet kecepatan udara dari sisi depan untuk merepresentasikan angin saat berkendara. Variasi yang dilakukan pada penelitian ini meliputi variasi kecepatan udara, yaitu 30 km/jam dan 40 km/jam. Selain itu, juga divariasikan beberapa konfigurasi bukaan jendela (ventilasi) pada angkot. Selanjutnya, guna memvalidasi pemodelan komputasi yang digunakan dalam simulasi ini dibandingkan dengan hasil eksperimental yang dilakukan di dalam *wind tunnel*.

Berdasarkan hasil simulasi, disimpulkan bahwa kecepatan kendaraan dan bukaan jendela berpengaruh terhadap penyebaran covid-19 dalam kabin angkutan umum. Berdasarkan hasil simulasi dari 2 kecepatan kendaraan dan 6 variasi bukaan jendela dan dilihat dari 3 titik sumber injeksi variasi yang relatif aman ialah variasi 3 dengan kecepatan kendaraan 30 km/jam dan variasi 6 dengan kecepatan kendaraan 40 km/jam.

Kata kunci: Covid-19, angkot, kecepatan angin, ventilasi, simulasi numerik.

ABSTRACT
**NUMERICAL ANALYSIS OF AIRFLOW CHARACTERISTICS IN SURABAYA
PUBLIC TRANSPORTATION (ANGKOT) AND ITS IMPLICATIONS FOR THE
SPREAD OF THE COVID-19 VIRUS**

Student's Name : PUGUH PAMBUDI
NRP : 0211184000042
Department : Teknik Mesin FTIRS-ITS
Supervisor : Prof. Dr.Ir. Tri Yogi Yuwono, DEA.
Co-Supervisor : Nur Ikhwan, S.T., M.Eng.

The Covid-19 virus that first appeared at the end of 2019 in Wuhan, China has become a global concern until now. This is due to the large number of death cases caused by the Covid-19 virus, and also the rapid rate of transmission of covid-19 which is difficult to control. Since the emergence of covid-19, people are required to adhere to strict mandatory health protocols such as wearing masks, maintaining distance, washing hands, and limiting social interactions. Social interactions can occur in the work environment, educational environment, and daily activities. To prevent the transmission of covid-19, the government also recommends avoiding crowds, and reducing the use of public transportation. However, because there are still many uses of public vehicles, and also the economic situation is starting to improve, the use of public vehicles cannot be avoided. Based on this case, it is important to analyze the characteristics of airflow in the cabin of public transportation to determine the possibility of spreading the Covid-19 virus on public transportation. So, in this final project, numerical simulations will be carried out on Surabaya City Public Transportation (Angkot).

To analyze the flow characteristics in the Surabaya Angkot cabin, in this final project, numerical simulations were carried out using ANSYS FLUENT 18.2 commercial software. Simulation modeling in this study is an angkot with an air velocity inlet from the front side to represent the wind while driving. Variations made in this study include variations in air speed, namely 30 km/h and 40 km/h. In addition, several configurations of window openings (vents) on the angkot were also varied. Furthermore, in order to validate the computational modeling used in this simulation, it is compared with experimental results conducted in the wind tunnel.

Based on the simulation results, it is concluded that vehicle speed and window openings affect the spread of covid-19 in public transportation cabins. Based on the simulation results of 2 vehicle speeds and 6 variations of window openings when viewed from 3 injection source points, the relatively safe variations are variation 3 and a vehicle speed of 30 km/h and variation 6 with a vehicle speed of 40 km/h.

Keywords: angkot, covid-19, numerical simulation, ventilation, wind speed.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan yang Maha Esa, karena berkat limpahan Rahmat dan Hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Dengan selesainya laporan ini, tidak lupa pula penulis sampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu kelancaran penyusunan laporan ini, antara lain:

1. Prof. Dr.Ir. Tri Yogi Yuwono, DEA. selaku dosen pembimbing dan Bapak Nur Ikhwan, S.T., M.Eng. selaku dosen co-pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan nasihatnya dalam menyelesaikan tugas akhir ini,
2. Prof. Ir. Sutardi, M.Eng., PhD., Prof. Dr. Ing. Herman Sasongko dan Dr. Wawan Aries Widodo, S.T., M.T selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini,
3. Orang tua dan kakak penulis yang selalu mendukung, memberi nasihat, memberi saran, serta mendoakan penulis dalam setiap pengerjaan tugas akhir ini,
4. Teman-teman satu asistensi, dan satu Angkatan.

Dalam penyusunan laporan ini tentunya masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga laporan yang penulis susun ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, 05 Juli 2022
Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Angkutan Umum	4
2.2 Coronavirus	6
2.3 Aliran Fluida.....	7
2.4 <i>Computational Fluid Dynamics</i>	8
2.4.1 <i>Pre-processing</i>	9
2.4.2 <i>Solver</i>	9
2.4.3 <i>Post Processing</i>	9
2.5 ANSYS FLUENT.....	9
2.5.1 <i>Modelling Turbulence</i>	10
2.6 Penelitian Terdahulu.....	11
2.6.1 Penelitian Mengenai Simulasi Aliran Udara di Dalam Mobil Penumpang.....	11
2.6.2 Penelitian Mengenai Kondisi Kadar Udara di Dalam Bus.....	13
2.6.3 Penelitian Mengenai Penyebaran Droplet di Dalam Bus	15
2.6.4 Penelitian Mengenai Penyebaran Droplet kasus Tanpa Gejala	17
BAB III METODOLOGI	19
3.1 Tahap-Tahap Penelitian Tugas Akhir.....	19
3.2 Studi Literatur.....	21
3.3 Pengambilan Data.....	21
3.5 Domain Permodelan	22
3.6 Meshing	23
3.7 Simulasi Fluent.....	23
3.7.1 <i>Solver</i>	23
3.7.2 <i>Model</i>	23
3.7.3 <i>Boundary Conditions</i>	24
3.7.4 <i>Solutions Methods</i>	24
3.8 <i>Post Processing</i>	25
3.9 <i>Grid Independence Test</i>	25
3.10 Variasi Simulasi.....	27
3.11 Validasi Hasil Simulasi dengan Eksperimen.....	28
3.11.1 Membuat Model Eksperimen	28
3.11.2 Melakukan Pemasangan <i>Pitot Tube</i>	28
3.11.3 Pengujian dan Pengambilan Data pada <i>Wind Tunnel</i>	30
3.11.4 Hasil Validasi	31

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1 Bukaan Jendela Variasi 1	32
4.1.1 Penyebaran <i>Droplet</i> Kecepatan Kendaraan 30 km/jam.....	35
4.1.2 Penyebaran <i>Droplet</i> Kecepatan Kendaraan 40 km/jam.....	39
4.2 Bukaan Jendela Variasi 2	42
4.2.1 Penyebaran <i>Droplet</i> Kecepatan Kendaraan 30 km/jam.....	45
4.2.2 Penyebaran <i>Droplet</i> Kecepatan Kendaraan 40 km/jam.....	49
4.3 Bukaan Jendela Variasi 3	53
4.3.1 Penyebaran <i>Droplet</i> Kecepatan Kendaraan 30 km/jam.....	56
4.3.2 Penyebaran <i>Droplet</i> Kecepatan Kendaraan 40 km/jam.....	60
4.4 Bukaan Jendela Variasi 4	63
4.4.1 Penyebaran <i>Droplet</i> Kecepatan Kendaraan 30 km/jam.....	66
4.4.2 Penyebaran <i>Droplet</i> Kecepatan Kendaraan 40 km/jam.....	71
4.5 Bukaan Jendela Variasi 5	76
4.5.1 Penyebaran <i>Droplet</i> Kecepatan Kendaraan 30 km/jam.....	80
4.5.2 Penyebaran <i>Droplet</i> Kecepatan Kendaraan 40 km/jam.....	86
4.6 Bukaan Jendela Variasi 6	90
4.6.1 Penyebaran <i>Droplet</i> Kecepatan Kendaraan 30 km/jam.....	93
4.6.2 Penyebaran <i>Droplet</i> Kecepatan Kendaraan 40 km/jam.....	96
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	99
5.1 Kesimpulan.....	99
5.2 Saran	100
DAFTAR PUSTAKA.....	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Penggunaan Angkutan Umum di Indonesia	1
Gambar 2. 1 Berbagai Jenis Transportasi Publik di Indonesia.....	4
Gambar 2.2 Bus Suroboyo	5
Gambar 2.3 Becak	5
Gambar 2.4 Bus Antar Kota	6
Gambar 2.5 Angkot Rute K.....	6
Gambar 2.6 Boundary Layer pada Aliran Melewati Plat Datar	7
Gambar 2.7 Aliran Laminar dan Turbulen	8
Gambar 2.8 User interface ANSYS Fluent 19.1	10
Gambar 2.9 Domain Permodelan dan Variasi pada Penelitian Mathai et al	11
Gambar 2.10 Kontour Tekanan pada Bagian Luar Mobil	12
Gambar 2.11 Streamline dari Variasi Jendela Kiri Belakang dan Kanan Depan Terbuka.....	12
Gambar 2.12 Model Geometri Bus yang Digunakan dalam Penelitian	13
Gambar 2.13 Distribusi Waktu Residual dari Udara di Dalam Kabin Bus	14
Gambar 2.14 Domain Komputasi.....	15
Gambar 2.15 Distribusi Droplet hasil Simulasi.....	16
Gambar 2.16 Boundary Condition pada Penelitian	17
Gambar 2.17 Aliran Droplet pada Berbagai Variasi	17
Gambar 2.18 Jarak Droplet ke Mulut Penumpang	18
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian	20
Gambar 3.2 Gambar Teknik dari Angkot Surabaya	21
Gambar 3.3 3D Modeling yang Digunakan untuk Simulasi	22
Gambar 3.4 Domain Permodelan pada Ansys Fluent	22
Gambar 3.5 Meshing	23
Gambar 3. 6 Boundary Condition Pada Simulasi.....	24
Gambar 3.7 Post Processing Kontour Tekanan Hasil Simulasi	25
Gambar 3.8 Lokasi Pengambilan Data Grid Independence Test.....	26
Gambar 3.9 Grafik Grid Independence Test	26
Gambar 3.10 Lokasi Penyemprotan Partikel Covid-19.....	27
Gambar 3.11 Parameter Partikel Covid-19.....	28
Gambar 3.12 Model Angkot Hasil 3D Printing.....	28
Gambar 3.13 Pemasangan Pitot Tube pada Model.....	29
Gambar 3.14 Manometer.....	29
Gambar 3.15 Flowchart Pengujian	30
Gambar 3.16 Pengujian pada Wind Tunnel.....	31
Gambar 4.1 Bukaan Jendela Variasi 1.....	32
Gambar 4.2 Distribusi Tekanan dan Kecepatan Udara pada Variasi Bukaan Jendela 1 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam	33
Gambar 4.3 Distribusi Tekanan dan Kecepatan Udara pada Variasi Bukaan Jendela 1 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam	34
Gambar 4.4 Penyebaran Udara Titik 4 pada Variasi Bukaan Jendela 1 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam	35
Gambar 4.5 Penyebaran Udara Titik 6 pada Variasi Bukaan Jendela 1 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam	37
Gambar 4.6 Penyebaran Udara Titik 8 pada Variasi Bukaan Jendela 1 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam	38
Gambar 4.7 Penyebaran Udara Titik 4 pada Variasi Bukaan Jendela 1 dengan Kecepatan	

	Kendaraan 40 km/jam	39
Gambar 4.8	Penyebaran Udara Titik 6 pada Variasi Bukaannya Jendela 1 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam	40
Gambar 4.9	Penyebaran Udara Titik 8 pada Variasi Bukaannya Jendela 1 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam	41
Gambar 4.10	Bukaannya Jendela Variasi 2.....	43
Gambar 4.11	Distribusi Tekanan dan Kecepatan Udara pada Variasi Bukaannya Jendela 2 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam	44
Gambar 4.12	Distribusi Tekanan dan Kecepatan Udara pada Variasi Bukaannya Jendela 2 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam	45
Gambar 4.13	Penyebaran Udara Titik 4 pada Variasi Bukaannya Jendela 2 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam	46
Gambar 4.14	Penyebaran Udara Titik 6 pada Variasi Bukaannya Jendela 2 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam	47
Gambar 4.15	Penyebaran Udara Titik 8 pada Variasi Bukaannya Jendela 2 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam	48
Gambar 4.16	Penyebaran Udara Titik 4 pada Variasi Bukaannya Jendela 2 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam	49
Gambar 4.17	Penyebaran Udara Titik 6 pada Variasi Bukaannya Jendela 2 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam	51
Gambar 4.18	Penyebaran Udara Titik 6 pada Variasi Bukaannya Jendela 2 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam	52
Gambar 4.19	Bukaannya Jendela Variasi 3.....	53
Gambar 4.20	Distribusi Tekanan dan Kecepatan Udara pada Variasi Bukaannya Jendela 3 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam	54
Gambar 4.21	Distribusi Tekanan dan Kecepatan Udara pada Variasi Bukaannya Jendela 3 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam	55
Gambar 4.22	Penyebaran Udara Titik 4 pada Variasi Bukaannya Jendela 3 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam	56
Gambar 4.23	Penyebaran Udara Titik 6 pada Variasi Bukaannya Jendela 3 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam	57
Gambar 4.24	Penyebaran Udara Titik 8 pada Variasi Bukaannya Jendela 3 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam	59
Gambar 4. 25	Penyebaran Udara Titik 4 pada Variasi Bukaannya Jendela 3 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam	60
Gambar 4.26	Penyebaran Udara Titik 6 pada Variasi Bukaannya Jendela 3 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam	61
Gambar 4.27	Penyebaran Udara Titik 8 pada Variasi Bukaannya Jendela 3 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam	62
Gambar 4.28	Bukaannya Jendela Variasi 4.....	63
Gambar 4.29	Distribusi Tekanan dan Kecepatan Udara pada Variasi Bukaannya Jendela 4 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam	64
Gambar 4.30	Distribusi Tekanan dan Kecepatan Udara pada Variasi Bukaannya Jendela 4 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam	65
Gambar 4. 31	Penyebaran Udara Titik 4 pada Variasi Bukaannya Jendela 4 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam	66
Gambar 4. 32	Penyebaran Udara Titik 6 pada Variasi Bukaannya Jendela 4 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam	68
Gambar 4. 33	Penyebaran Udara Titik 8 pada Variasi Bukaannya Jendela 4 dengan Kecepatan	

Kendaraan 30 km/jam	70
Gambar 4.34 Penyebaran Udara Titik 4 pada Variasi Bukaannya Jendela 4 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam	72
Gambar 4.35 Penyebaran Udara Titik 6 pada Variasi Bukaannya Jendela 4 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam	73
Gambar 4.36 Penyebaran Udara Titik 8 pada Variasi Bukaannya Jendela 4 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam	75
Gambar 4.37 Bukaannya Jendela Variasi 5.....	77
Gambar 4.38 Distribusi Tekanan dan Kecepatan Udara pada Variasi Bukaannya Jendela 5 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam	78
Gambar 4.39 Distribusi Tekanan dan Kecepatan Udara pada Variasi Bukaannya Jendela 5 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam	79
Gambar 4.40 Penyebaran Udara Titik 4 pada Variasi Bukaannya Jendela 5 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam	80
Gambar 4.41 Penyebaran Udara Titik 6 pada Variasi Bukaannya Jendela 5 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam	82
Gambar 4.42 Penyebaran Udara Titik 8 pada Variasi Bukaannya Jendela 5 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam	84
Gambar 4.43 Penyebaran Udara Titik 4 pada Variasi Bukaannya Jendela 5 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam	86
Gambar 4.44 Penyebaran Udara Titik 6 pada Variasi Bukaannya Jendela 5 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam	88
Gambar 4.45 Penyebaran Udara Titik 4 pada Variasi Bukaannya Jendela 5 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam	89
Gambar 4.46 Bukaannya Jendela Variasi 6.....	90
Gambar 4.47 Distribusi Tekanan dan Kecepatan Udara pada Variasi Bukaannya Jendela 6 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam	91
Gambar 4.48 Distribusi Tekanan dan Kecepatan Udara pada Variasi Bukaannya Jendela 6 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam	92
Gambar 4.49 Penyebaran Udara Titik 4 pada Variasi Bukaannya Jendela 6 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam	93
Gambar 4.50 Penyebaran Udara Titik 6 pada Variasi Bukaannya Jendela 6 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam	94
Gambar 4.51 Penyebaran Udara Titik 8 pada Variasi Bukaannya Jendela 6 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam	95
Gambar 4.52 Penyebaran Udara Titik 4 pada Variasi Bukaannya Jendela 6 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam	96
Gambar 4.53 Penyebaran Udara Titik 6 pada Variasi Bukaannya Jendela 6 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam	97
Gambar 4.54 Penyebaran Udara Titik 8 pada Variasi Bukaannya Jendela 6 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam	98

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Solver.....	23
Tabel 3.2 Model pada Simulasi Fluent	24
Tabel 3.3 Boundary Conditions Simulasi FLUENT.....	24
Tabel 3.4 Solution Methods FLUENT	25
Tabel 3.5 Data Grid Independence Test	26
Tabel 3.6 Variasi yang Dilakukan pada Simulasi.....	27
Tabel 3.7 Hasil Validasi Simulasi.....	31

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Virus *Covid-19* yang muncul pertama kali pada akhir tahun 2019 di Wuhan, China telah menjadi perhatian dunia sampai saat ini. Hal ini dikarenakan banyaknya kasus kematian ini selain disebabkan oleh virus *Covid-19*, dan juga cepatnya laju penularan covid-19 yang sulit dikendalikan. Berdasarkan situs resmi WHO, covid-19 menyebar antar manusia secara langsung, tidak langsung (melalui benda atau permukaan yang terkontaminasi), atau kontak erat dengan orang yang terinfeksi melalui sekresi mulut dan hidung. Sekresi ini meliputi air liur, sekresi pemapasan, atau droplet (percikan). Sekresi ini dikeluarkan dari mulut atau hidung misalnya ketika orang yang terinfeksi batuk, bersin, berbicara, atau bernyanyi. Orang-orang yang berada dalam jarak dekat (1 meter) dengan orang yang terinfeksi dapat tertular COVID-19 ketika percikan yang mengandung infeksi virus masuk ke mulut, hidung atau mata mereka (WHO International 2022). Sejak munculnya covid-19, masyarakat wajib untuk mematuhi protokol kesehatan yang ketat wajib seperti menggunakan masker, menjaga jarak, mencuci tangan, dan membatasi interaksi sosial. Interaksi sosial dapat terjadi di lingkungan kerja, lingkungan pendidikan, dan kegiatan sehari-hari. Untuk mencegah penularan covid-19, pemerintah juga menganjurkan untuk menghindari keramaian, dan mengurangi penggunaan kendaraan umum. Namun, dikarenakan masih banyaknya penggunaan kendaraan umum, dan juga situasi perekonomian yang mulai membaik, maka penggunaan kendaraan umum tidak dapat dihindari. Zhu, Demokritou, & Spengler pada 2010 melakukan penelitian mengenai karakteristik aliran dan komposisi udara di dalam bus transportasi public yang digunakan di Universitas Harvard, dimana ditemukan bahwa masih diperlukan strategi ventilasi yang tepat untuk menurunkan kadar CO₂ di dalam bus. Mathai, Das, Bailey, & Kenneth pada 2021 melakukan penelitian mengenai karakteristik aliran dan potensi penularan virus antara pengemudi-penumpang, dan sebaliknya pada *passanger-car* dengan berbagai konfigurasi ventilasi, didapatkan bahwa dengan membuka semua jendela, maka potensi penularan virus adalah yang paling kecil.



Gambar 1.1 Penggunaan Angkutan Umum di Indonesia

Berdasarkan kasus tersebut, maka diperlukan analisis karakteristik aliran udara di dalam kabin angkutan umum kota (angkot) guna mengetahui kemungkinan penyebaran virus *Covid-19* pada angkot. Tugas akhir ini menggunakan perangkat lunak ANSYS

FLUENT untuk melakukan simulasi numerik. Pemodelan simulasi pada penelitian ini yaitu angkutan umum dengan inlet kecepatan udara dari sisi depan untuk merepresentasikan angin saat berkendara. Variasi yang dilakukan pada penelitian ini meliputi variasi kecepatan udara, yaitu 30 km/jam dan 40 km/jam. Selain itu, juga divariasikan beberapa konfigurasi bukaan jendela (ventilasi) pada angkot. Hasil simulasi yang akan diamati distribusi kecepatan di dalam kabin angkot, distribusi tekanan di dalam kabin angkot, dan juga karakteristik aliran di dalam kabin angkot.

1.2 Rumusan Masalah

Penyebaran covid-19 yang dapat menyebar melalui droplet maupun aerosol mengakibatkan cepatnya penyebaran virus ini. Untuk mencegah penyebaran virus covid-19, pemerintah menganjurkan untuk membatasi kegiatan sosial dan menghindari keramaian. Namun, seiring pulihnya kegiatan ekonomi, maka aktivitas pun meningkat, begitu juga dengan penggunaan transportasi umum. Adapun banyaknya orang di dalam satu kabin transportasi umum ditakutkan dapat mempercepat penyebaran virus covid-19. Pada penelitian ini, akan diamati aliran didalam kabin angkutan umum kota (angkot) Surabaya, dan analisis kemungkinan penyebaran covid-19 pada di dalam kabin angkutan umum. Hipotesa awal pada penelitian ini adalah:

1. Semakin tingginya kecepatan angkutan umum, maka kemungkinan penyebaran virus covid-19 di kabin penumpang akan menurun, hal ini diakibatkan sirkulasi udara akan semakin lebih cepat
2. Penumpang yang menempati daerah bertekanan rendah di dalam angkot akan rentan terhadap penularan covid-19. Dikarenakan pada elevasi dan kecepatan yang sama, udara akan mengalir dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah
3. Konfigurasi bukaan jendela (ventilasi) memungkinkan angin keluar dari kabin dan akan mengurangi potensi penularan covid-19 pada penumpang. Dengan hipotesa bahwa semakin banyaknya jendela yang terbuka maka kemungkinan penyebaran virus covid-19 akan semakin menurun.

Untuk membuktikan hipotesa diatas, maka akan dilakukan penelitian dengan variasi kecepatan 30 km/jam dan 40 km/jam, dan juga akan dilakukan berbagai variasi bukaan jendela (ventilasi) untuk mengetahui karakteristik aliran dan kemungkinan penyebaran virus covid-19

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian Tugas Akhir ini antara lain:

1. Analisa aliran adalah *internal flow*.
2. Fluida yang mengalir adalah udara dengan kondisi *steady flow, incompressible flow*, dan *uniform flow* pada sisi *upstream*.
3. Analisa arah aliran udara yaitu pada aliran satu arah.
4. Proses perpindahan panas diabaikan.
5. Geometri angkutan umum yang digunakan adalah angkutan umum di kota Surabaya.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kemungkinan penyebaran virus Covid-19 pada angkot Surabaya melalui simulasi aliran secara numerik menggunakan perangkat lunak Ansys Fluent 18.2, dengan mempertimbangkan:

1. Pengaruh kecepatan udara terhadap karakteristik aliran dan kemungkinan penyebaran covid-19 di dalam kabin angkutan umum.
2. Pengaruh konfigurasi bukaan jendela terhadap karakteristik aliran kemungkinan penyebaran covid-19 di dalam kabin angkutan umum.

1.5 Manfaat

1. Bagi penulis adalah sebagai sarana untuk penerapan keilmuan yang telah di dapatkan selama berkuliah di Teknik Mesin FTIRS-ITS.
2. Digunakan sebagai referensi bagi pemerintah daerah dalam menentukan kebijakan penggunaan angkutan umum pada kondisi pandemic Covid-19.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Angkutan Umum

Angkutan umum adalah sarana kendaraan atau moda angkutan yang digunakan untuk mengangkut orang atau barang dari suatu tempat ke tempat yang lain dengan dipungut bayaran (Warpani 2002). Salah satu ciri angkutan umum adalah dapat mengangkut banyak orang dan lintasannya tetap sehingga berkaitan dengan pengendalian lalu lintas berupa efisiensi penggunaan jaringan jalan karena pada saat yang sama luasan suatu jalan dapat digunakan oleh orang banyak menggunakan angkutan umum. Selain itu jumlah kendaraan yang melintas di suatu ruas jalan menjadi sedikit sehingga arus lalu lintas menjadi relatif lancar. Angkutan umum penumpang terbagi menjadi 2 yaitu paratransit dan masstransit. Paratransit adalah angkutan umum yang melayani penumpang dengan memiliki ciri tarif dan lintasan rute yang dapat disesuaikan dengan keinginan pengguna jasa, paratransit pada umum tidak memiliki trayek dan jadwal yang tetap, contohnya adalah taksi. *Mass transit* adalah angkutan umum yang menyediakan jasa angkutan untuk mengangkut banyak penumpang dengan trayek, jadwal dan tarif tetap, contohnya adalah bus. **Gambar 2.1** menunjukkan berbagai jenis transportasi publik di Indonesia



Gambar 2. 1 Berbagai Jenis Transportasi Publik di Indonesia

Terdapat empat jenis transportasi publik di Surabaya yaitu Bus Suroboyo, Becak, Bus Antar Kota, dan Angkot.

1. Bus Suroboyo

Bus Soroboyo merupakan sarana transportasi umum terbaru di kota Surabaya. Bus Suroboyo mulai beroperasi pada 7 April 2018. Kapasitas angkut kendaraan ini mencapai 67 penumpang dengan pembagian duduk sesuai warna. Jam operasional bus ini adalah pukul 06.00-22.00 WIB dengan rute Terminal Rajawali—Terminal Purabaya (Bungurasih) dan sebaliknya. Keunggulan lain dari Bus Suroboyo adalah ramah difabel, lansia, dan ibu hamil, karena memiliki tombol khusus di dekat pintu masuk. Keamanan pun ditingkatkan dengan pemasangan 12 CCTV di bagian dalam dan 3 CCTV di luar. **Gambar 2. 2** menunjukkan bentuk dari bus Suroboyo



Gambar 2.2 Bus Suroboyo

2. Becak

Becak merupakan salah satu transportasi tradisional, dimana penggunaannya masih menggunakan tenaga manusia tanpa menggunakan mesin. Biasanya becak digunakan untuk menjangkau tempat wisata yang sempit, dan juga tempat wisata tradisional di Surabaya seperti kawasan Ampel, Tugu Pahlawan, dan Kembang Jepun. Gambar 2.3 menunjukkan gambar becak di kota Surabaya



Gambar 2.3 Becak

3. Bus Antar Kota

Bus antar kota di Surabaya memiliki enam jurusan dengan masing-masing kode. Semua keberangkatan berasal dari Terminal Purabaya (Bungurasih). Kode-kode tersebut meliputi A, D, E, F, P1, P3, P4, P5, P6, P8, CAD, PAC 1, PAC 8. Bus yang digunakan untuk transportasi umum memiliki berbagai ukuran dan bentuk, teman-teman. Ada bus kecil, bus sedang, bus besar satu lantai, bus besar tingkat, hingga bus gandeng. Bentuk bus ada yang landai dan ada yang tinggi. Ada juga yang lebar dan ada juga yang lebih sempit. Ada bus yang kursinya berjajar dari depan ke belakang dan ada juga bus yang kursinya berjajar ke samping. Pada periode pembatasan sosial berskala besar (PSBB) maupun pemberlakuan pembatasan kegiatan masyarakat (PPKM) transportasi umum hanya boleh membawa penumpang sejumlah 50 persen atau separuh dari kapasitas normalnya. Sehingga, kapasitas bus kecil di masa pandemi adalah 15 penumpang, bus sedang 30 penumpang, dan bus gandeng 60 penumpang. **Gambar 2.4** menunjukkan gambar bus antar kota.



Gambar 2.4 Bus Antar Kota

4. Angkot

Angkot di Surabaya memiliki 57 rute yang menjangkau jalan-jalan kecil. Empat terminal utama tempat mode transportasi ini adalah Purabaya, Tambak Oso Wilangun, Joyoboyo, dan Bratang. Sementara itu, ada terminal-terminal khusus tempat keberangkatan angkot, yaitu Menanggal, Keputih, Dukuh Kupang, Benowo, Petekan atau Kalimas Barat, Manukan, Balongsari, Kenjeran, Kedung Cowek, Bulak, Sub Terminal Kasuari, dan pangkalan angkot Lyn yang dikelola oleh paguyuban. Angkot di Surabaya terjangkau mulai dari bagian tengah, selatan, sampai timur kota, sehingga akan memudahkan mobilisasi sobat tiket. Adapun beberapa wisata yang bisa dijangkau adalah Monumen Kapal Selam dan Pantai Kenjeran. **Gambar 2.5** menunjukkan salah satu contoh angkot di Surabaya



Gambar 2.5 Angkot Rute K

2.2 Coronavirus

Menurut Kemenkes RI (2020a), Coronavirus (CoV) adalah keluarga besar virus yang dapat menyebabkan penyakit mulai dari gejala ringan, sedang sampai berat. Virus corona adalah zoonosis (ditularkan antara hewan dan manusia). Penelitian menyebutkan bahwa SARS-CoV ditransmisikan dari kucing luwak (civetcats) ke manusia dan MERS-CoV dari unta ke manusia. Di akhir tahun 2019 telah muncul jenis virus corona baru yakni coronavirus disease 2019 (COVID-19).

Menurut WHO, penyakit coronavirus disease 2019 (COVID-19) adalah penyakit menular yang disebabkan oleh virus corona yang baru ditemukan. Kebanyakan orang yang terinfeksi virus COVID-19 akan mengalami penyakit pernapasan ringan hingga sedang dan

sembuh tanpa memerlukan perawatan khusus. Orang tua dan orang-orang yang memiliki komorbid seperti penyakit kardiovaskular, diabetes, penyakit pernapasan kronis, dan kanker mungkin tertular COVID-19. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) adalah penyakit yang disebabkan oleh turunan coronavirus baru. 'CO' diambil dari corona, 'VI' virus, dan 'D' disease (penyakit). Sebelumnya, penyakit ini disebut '2019 novel coronavirus' atau '2019- nCoV.' Virus COVID-19 adalah virus baru yang terkait dengan keluarga virus yang sama dengan *Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS)* dan beberapa jenis virus flu biasa (UNICEF 2020). Transmisi virus corona dapat menyebar melalui beberapa metode yaitu (Lotfi, Hamblin and Rezaei 2020):

1. Droplet

COVID-19 ditularkan terutama melalui tetesan pernapasan. Menurut WHO, droplet saluran napas memiliki diameter $>5-10 \mu\text{m}$. Ketika seorang pasien batuk atau bersin, droplet yang mengandung virus mungkin dihirup oleh individu yang rentan.

2. Kontak Langsung

Ditemukan bahwa 71,8% penduduk non-lokal memiliki riwayat COVID-19 karena kontak dengan individu dari Wuhan. Lebih dari 1800 dari 2055 (~ 88%) pekerja medis dengan COVID-19 berada di Hubei, menurut laporan dari 475 rumah sakit.

3. Kontak Tidak Langsung

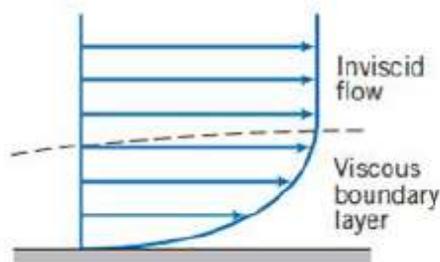
Hal ini terjadi ketika droplet mengandung COVID-19 mendarat di permukaan meja, gagang pintu, telepon, dan benda mati lainnya. Virus itu dipindahkan dari permukaan ke selaput lendir dengan jari yang terkontaminasi menyentuh mulut, hidung, atau mata. Penelitian telah memperkirakan bahwa COVID-19 dapat bertahan hingga 5 hari pada suhu 20°C , kelembaban 40-50%, dan dapat bertahan hidup kurang dari

4. Transmisi Aerosol

Lingkungan tertutup dengan kondisi buruk ventilasi, aerosol dapat bertahan di udara selama 24-48 jam dan menyebar dari beberapa meter hingga puluhan meter. Namun, belum ada bukti kuat untuk aerosol penularan. WHO juga menganggap bahwa rute ini memerlukan penyelidikan lebih lanjut.

2.3 Aliran Fluida

Fluida merupakan sebuah zat yang akan terdeformasi secara terus menerus jika dikenai tegangan geser, fluida dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu cairan dan gas. Aliran fluida dapat diartikan sebagai gerakan dari fluida melalui suatu penampang, pada saat fluida melewati suatu penampang akan terbentuk suatu *boundary layer* yang memisahkan antara *viscous flow* dan *inviscid flow*. (Pritchard and Mitchell 2015). **Gambar 2.6** menunjukkan *boundary layer* pada aliran melewati plat datar.



Gambar 2.6 *Boundary Layer* pada Aliran Melewati Plat Datar

Boundary layer merupakan lapisan yang terbentuk ketika fluida mengalir mengenai sebuah benda padat, dimana daerah di dalam boundary layer adalah daerah dimana tegangan geser sangat berpengaruh dan daerah di luar *boundary layer* dimana tidak ada pengaruh tegangan geser. Berdasarkan bilangan Reynoldnya, maka aliran fluida dapat dibedakan menjadi tiga yaitu aliran laminer, transisi, dan turbulen aliran tersebut dibedakan berdasarkan nilai Reynolds.

1. Aliran laminar

Aliran laminar merupakan aliran dimana fluida bergerak secara halus atau disebut laminar, contohnya adalah disaat air mengalir pada kran dengan bukaan yang kecil.

$$Re < 5 \times 10^5 \text{ untuk aliran external}$$

$$Re < 2300 \text{ untuk aliran internal}$$

2. Aliran transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Berikut bilangan Reynolds untuk aliran transisi:

$$Re = 5 \times 10^5 \text{ untuk aliran external}$$

$$Re = 2300 \text{ untuk aliran internal}$$

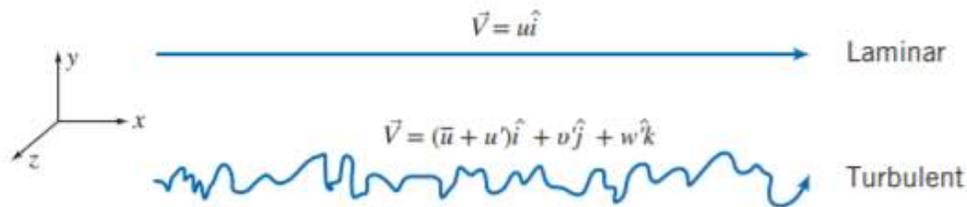
3. Aliran turbulen

Aliran turbulen merupakan aliran dimana pergerakan partikel fluida bergerak secara bebas secara tiga dimensi, dimana pada umumnya pada aliran di dalam pipa hal ini tidak diinginkan karena akan meningkatkan *pressure drop* dari aliran.

$$Re > 5 \times 10^5 \text{ untuk aliran external}$$

$$Re > 2300 \text{ untuk aliran internal}$$

Berikut merupakan **Gambar 2.7** yang menunjukkan visualisasi perbedaan aliran laminar dan turbulen.



Gambar 2.7 Aliran Laminar dan Turbulen

2.4 Computational Fluid Dynamics

Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah analisis sistem yang melibatkan aliran fluida, perpindahan panas dan fenomena terkait seperti reaksi kimia melalui simulasi berbasis komputer. CFD seringkali digunakan dan mencakup berbagai area aplikasi industri dan non-industri. Analisa CFD disusun berdasarkan algoritme numeric yang dapat digunakan untuk masalah aliran fluida. Semua Analisis CFD mengandung tiga elemen utama yaitu *pre-processor*, *solver*, dan *post-processor* (Malalasekara, 2007).

2.4.1 *Pre-Processing*

Pre-processing terdiri dari masukan masalah aliran ke program CFD oleh operator dan transformasi masukan ini ke dalam bentuk yang cocok untuk digunakan oleh *solver*. Aktivitas operator di tahap pra-pemrosesan meliputi:

1. Pendefinisian Geometri yang akan dikomputasi
2. Pembuatan grid (*control volume* atau elemen)
3. Penentuan fenomena fisik dan kimia yang akan dimodelkan
4. Pendefinisian properti fluida yang akan digunakan
5. Pendefinisian kondisi batas yang sesuai dengan permodelan.

Hasil solusi untuk masalah aliran (kecepatan, tekanan, suhu, dll.) ditentukan di node dalam setiap sel. Secara umum, semakin besar jumlah sel maka solusi yang didapatkan akan semakin baik dan semakin akurat. Dalam mendapatkan hasil yang baik dan akurat juga mempunyai konsekuensi pada kebutuhan komputer dan waktu yang lebih banyak (Malalasekara,2007).

2.4.2 *Solver*

Solver adalah tahap penyelesaian masalah oleh *software* CFD. Penyelesaian masalah aliran tersebut diselesaikan secara algoritma numerik. Secara garis besar algoritma numerik terdiri dari langkah-langkah berikut:

1. Integrasi persamaan yang mengatur aliran fluida di semua kontrol volume dari sebuah domain
2. Diskritisasi yaitu pengonversian persamaan integral yang dihasilkan menjadi sistem persamaan aljabar.
3. Solusi persamaan aljabar dengan metode iterasi.

2.4.3 *Post Processing*

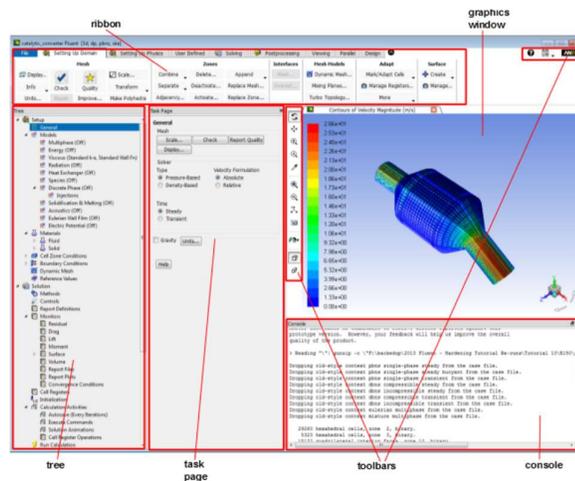
Hasil pada perhitungan menggunakan CFD saat ini dilengkapi dengan visualisasi data yang serbaguna seperti :

1. Domain geometri dan tampilan *grid*
2. *Vector plot*
3. Kontur plot
4. 2D dan 3D *surface plot*
5. *Particle tracking*
6. Animasi gerakan (translasi, rotasi, dll.)

2.5 ANSYS FLUENT

ANSYS Fluent adalah program komputer canggih untuk permodelan aliran fluida, perpindahan panas, dan bahan kimia reaksi dalam geometri yang kompleks. ANSYS Fluent ditulis dalam bahasa C computer. FLUENT menggunakan metode finite-volume method untuk menyelesaikan persamaan fluida. Hal tersebut mencakup penggunaan berbagai model fisis seperti incompressible/compressible, inviscid/viscous, laminar/turbulent, dan lain-lain.

Gambar 2.8 menunjukkan tampilan dari ANSYS Fluent 19.1



Gambar 2.8 User interface ANSYS Fluent 19.1

2.5.1 Modelling Turbulence

Turbulensi adalah gerakan acak tiga dimensi yang tidak stabil yang diamati pada fluida dengan suhu sedang hingga tinggi dan bergantung pada bilangan Reynolds. Pada umumnya aliran teknis didasarkan pada cairan dengan viskositas rendah, hampir semuanya bersifat turbulen. *ANSYS FLUENT* menyediakan permodelan aliran turbulen menjadi berbagai model sebagai berikut.

1. Spalart-allamars Model

Model *Spalart-Allmaras* adalah model satu persamaan yang relatif sederhana yang memecahkan model transportasi persamaan untuk viskositas pusaran arus kinematik (turbulen). Model *Spalart-Allmaras* dirancang secara khusus untuk aplikasi aeronautika dan ruang angkasa yang melibatkan aliran yang dibatasi dinding.

2. Model k- ϵ

Merupakan model turbulensi dengan dua persamaan yang memungkinkan kecepatan turbulen (*turbulent velocity*) dan disipasi turbulen (ϵ) ditentukan secara independen. Dorongan asli untuk model K-epsilon adalah untuk memperbaiki model panjang pencampuran, serta menemukan alternatif untuk menentukan skala panjang turbulen secara aljabar dalam aliran kompleksitas sedang hingga tinggi. Model k-epsilon telah terbukti berguna untuk aliran lapisan geser bebas dengan gradien tekanan yang relatif kecil.

3. Model RNG k-epsilon

Model RNG dikembangkan menggunakan metode *Re-Normalization Group* (RNG) untuk menormalkan ulang persamaan Navier-Stokes, untuk memperhitungkan efek skala gerakan yang lebih kecil. Pendekatan RNG, yang merupakan teknik matematika yang dapat digunakan untuk mendapatkan model turbulensi yang mirip dengan k-epsilon, menghasilkan bentuk modifikasi dari persamaan epsilon yang mencoba untuk menjelaskan skala gerak yang berbeda melalui perubahan pada istilah produksi. Selain itu model RNGk-epsilon efektif untuk model dengan bilangan *Reynolds* rendah dan aliran yang memiliki *swirling*.

4. Model Realizable k-epsilon

Model ini adalah pengembangan dari model k-epsilon dan mengandung formula baru untuk viskositas turbulen. Model ini memenuhi beberapa batasan matematis pada bilangan *Reynolds*, konsisten dengan bentuk fisik aliran turbulen.

5. Model k-omega Standar

Model k-omega adalah model dua persamaan yang mencakup persamaan transport tambahan untuk mewakili sifat aliran turbulen. Hal ini memungkinkan untuk memperhitungkan efek fluida seperti konveksi dan difusi energi turbulen. Permodelan ini digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada bilangan *Reynolds* rendah, aliran *compressible*, dan *shear flow spreading*. Permodelan ini juga dapat menampilkan transisi aliran lamiran menuju aliran turbulen.

6. Model k-omega SST

Model ini telah dirancang untuk menghindari sensitivitas aliran bebas dari model k-omega standard. Model k-omega SST telah dikalibrasi secara akurat dapat diandalkan untuk peristiwa-peristiwa seperti aliran dengan *adverse pressure gradient*, *airfoils*, *transonic shock wave* dan lain-lain dibanding model k-omega standar.

7. Model Reynolds Stress (RSM)

Model ini mengatasi efek yang tidak dapat ditangani oleh *Eddy-Viscosity* yaitu stabilisasi turbulensi karena rotasi yang kuat dan merampingkan kelengkungan seperti dalam aliran siklon. Model ini memberikan hasil perhitungan lebih akurat untuk aliran kompleks namun dengan konsekuensi waktu perhitungan yang lebih lama untuk mencapai konvergensi.

8. Model Large Eddy Simulation

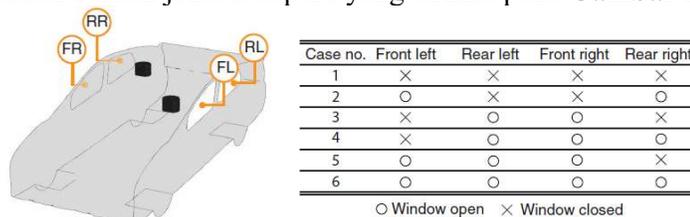
Large Eddy Simulation merupakan pendekatan antara RANS dengan DNS. Model ini memiliki pengaruh yang terbatas pada industri simulasi. Hal ini dikarenakan persyaratan resolusi yang terlalu tinggi untuk lapisan batas di dekat dinding. Penggunaan model ini hanya direkomendasikan untuk aliran yang memiliki lapisan batas dinding tidak relevan dan tidak perlu diselesaikan atau untuk aliran di mana lapisan batasnya berlapis karena bilangan *Reynolds* yang rendah (ANSYS. Inc, 2017).

2.6 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan beberapa referensi penelitian terdahulu yang digunakan untuk menunjang penelitian ini.

2.6.1 Penelitian Mengenai Simulasi Aliran Udara di Dalam Mobil Penumpang

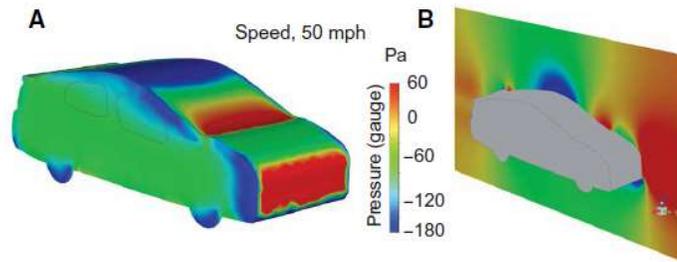
Penelitian ini dilakukan oleh (Mathai, et al. 2021). Dimana penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi penularan virus melalui aerosol antara pengemudi ke penumpang, dan sebaliknya dengan berbagai variasi bukaan jendela pada mobil penumpang. Pada penelitian ini Mathai et al melakukan permodelan CFD pada mobil penumpang, dimana diambil mobil Toyota Prius. Penumpang dan pengemudi dimodelkan sebagai silinder dengan enam variasi bukaan jendela seperti yang terlihat pada **Gambar 2.9** dibawah ini.



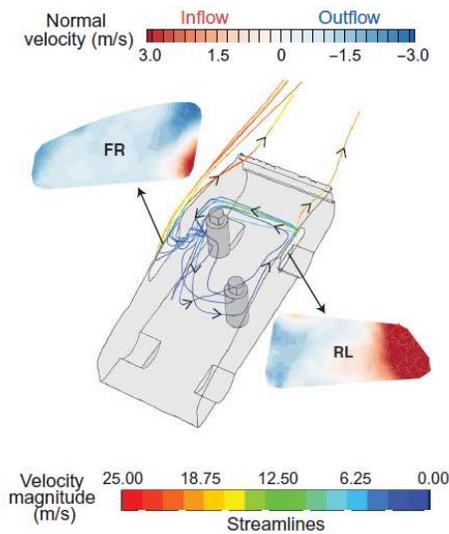
Gambar 2.9 Domain Permodelan dan Variasi pada Penelitian Mathai et al (Mathai, et al. 2021).

Hasil yang didapatkan adalah distribusi tekanan di bagian luar mobil yang ditunjukkan pada **Gambar 2.10**, streamline aliran di dalam kabin mobil pada **Gambar 2.11**, *air change*

rate (*ACH*), dan juga kemungkinan penyebaran dari pengemudi ke penumpang, dan sebaliknya dimana aerosol dimodelkan sebagai *passive scalar*.



Gambar 2.10 Kontour Tekanan pada Bagian Luar Mobil (Mathai, et al. 2021)

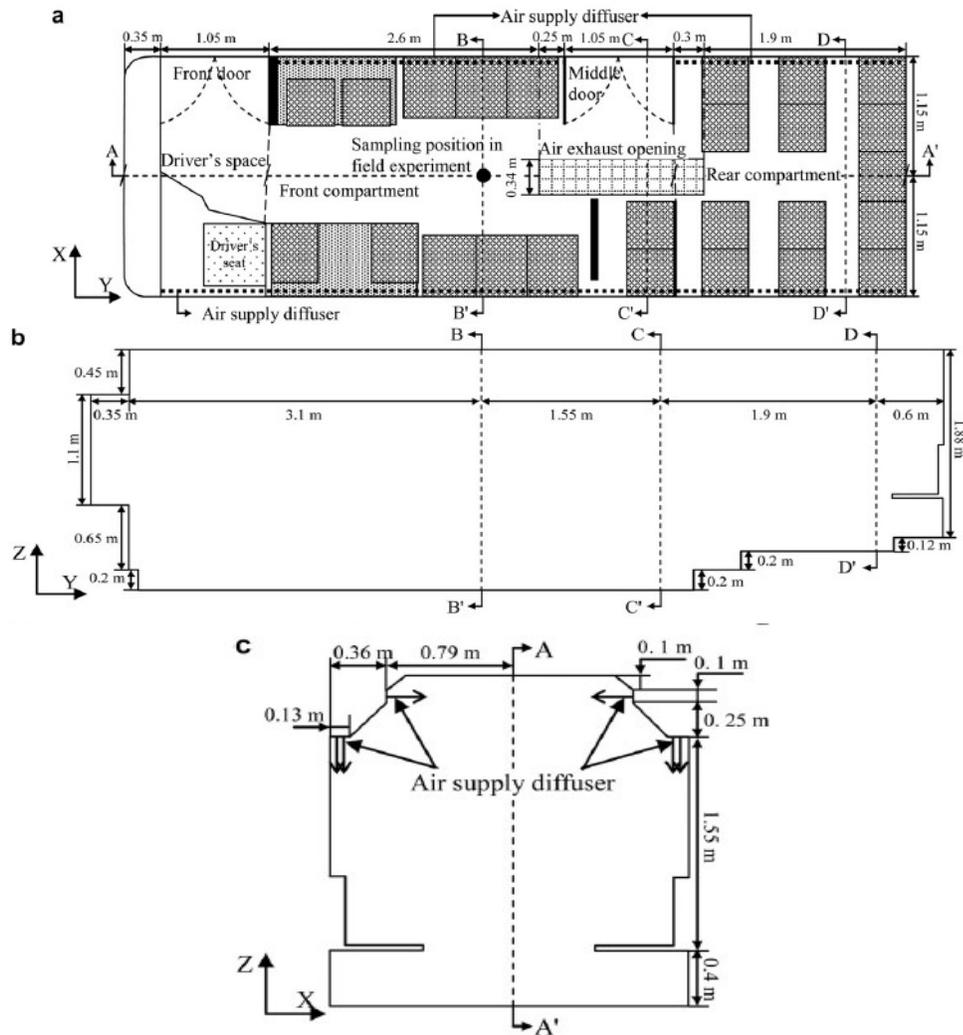


Gambar 2.11 Streamline dari Variasi Jendela Kiri Belakang dan Kanan Depan Terbuka (Mathai, et al. 2021)

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah streamline dari aliran udara bergantung dari distribusi tekanan di luar mobil, dimana aliran akan mengalir dari area bertekanan tinggi ke area yang bertekanan rendah. Variasi dengan semua jendela terbuka (konfigurasi 6) merupakan konfigurasi terbaik, karena aliran udara di dalam kabin mobil menjadi terisolasi antara sisi kiri dan sisi kanan. Selain itu, air change rate juga menjadi maksimum sehingga udara yang ada didalam mobil dapat keluar masuk dengan cepat. Skenario dengan seluruh jendela tertutup dengan AC mobil menyala merupakan scenario yang paling buruk (konfigurasi 1). Opsi dengan membuka jendela yang terdapat di dekat penumpang bukan merupakan opsi terbaik (konfigurasi 2). Namun membuka jendela dengan posisi terjauh dari penumpang (konfigurasi 3) dapat memberikan proteksi terbaik bagi penumpang. Selain itu, kecepatan mengemudi juga mempengaruhi meningkatnya ACH, dimana semakin cepat kendaraan maka ACH akan meningkat, sehingga potensi penularan virus semakin mengecil.

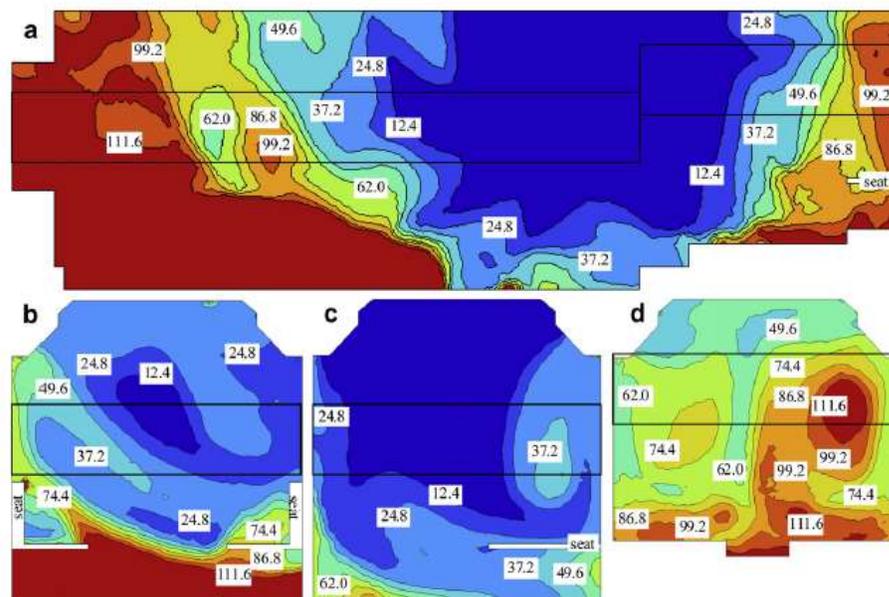
2.6.2 Penelitian Mengenai Kondisi Kadar Udara di Dalam Bus

Penelitian ini dilakukan oleh (Zhu, et al. 2010). Dimana penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas dari ventilasi pada dan juga mengetahui kondisi dari kadar udara di dalam bus. Penelitian ini dilakukan dengan metode numerik dan eksperimen, dimana metode numerik secara CFD digunakan untuk mengetahui distribusi udara di dalam kabin bus, sedangkan metode eksperimen dilakukan untuk mengetahui kadar CO, CO₂, dan juga kadar partikel di dalam bus. Model bus yang diamati adalah bus yang digunakan di dalam Universitas Harvard seperti terlihat pada **Gambar 2.12**.



Gambar 2.12 Model Geometri Bus yang Digunakan dalam Penelitian (a) Tampak Atas (b) Potongan A-A (c) Potongan B-B (Zhu, et al. 2010)

Pada penelitian ini permodelan CFD dilakukan dengan input boundary condition berupa temperature wall pada dinding dan lantai bus, dan juga input kecepatan udara pada diffuser. Nilai dari boundary condition ini didapatkan berdasarkan hasil pengukuran dari eksperimen dengan kondisi AC menyala, dan semua jendela dan pintu tertutup. Sedangkan untuk penelitian pengukuran kadar udara dengan metode eksperimen dilakukan selama empat hari yang dimulai pada pukul 09:00 hingga 16:30 dengan seluruh jendela dan pintu tertutup.



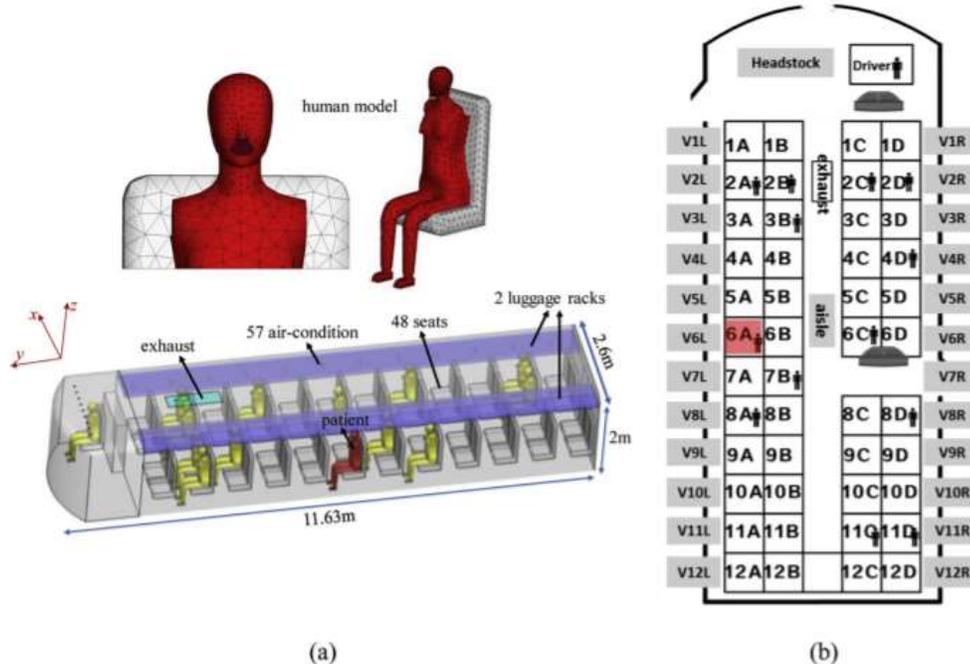
Gambar 2.13 Distribusi Waktu Residual dari Udara di Dalam Kabin Bus (Zhu, et al. 2010)

Berdasarkan hasil simulasi numerik, didapatkan nilai maksimum kecepatan udara di dalam kabin bus dibawah 0.3 m/s dimana ini sudah sesuai dengan standart yang ASHRAE. Untuk efektivitas dari ventilasi, distribusi waktu residual dari udara yang berada di dalam kabin bus adalah 0 sekon sampai 111.6 sekon, dimana nilai waktu residual minimum adalah udara yang berada di dekat saluran pembuangan udara. **Gambar 2.13** menunjukkan distribusi waktu residual dari udara di dalam kabin bus. Hasil eksperimen menunjukkan tinggi nya kadar CO₂ didalam kabin bus, hal ini menunjukkan perlu dicarinya alternatif dari ventilasi bus untuk mencegah penularan penyakit antar penumpang di dalam bus.

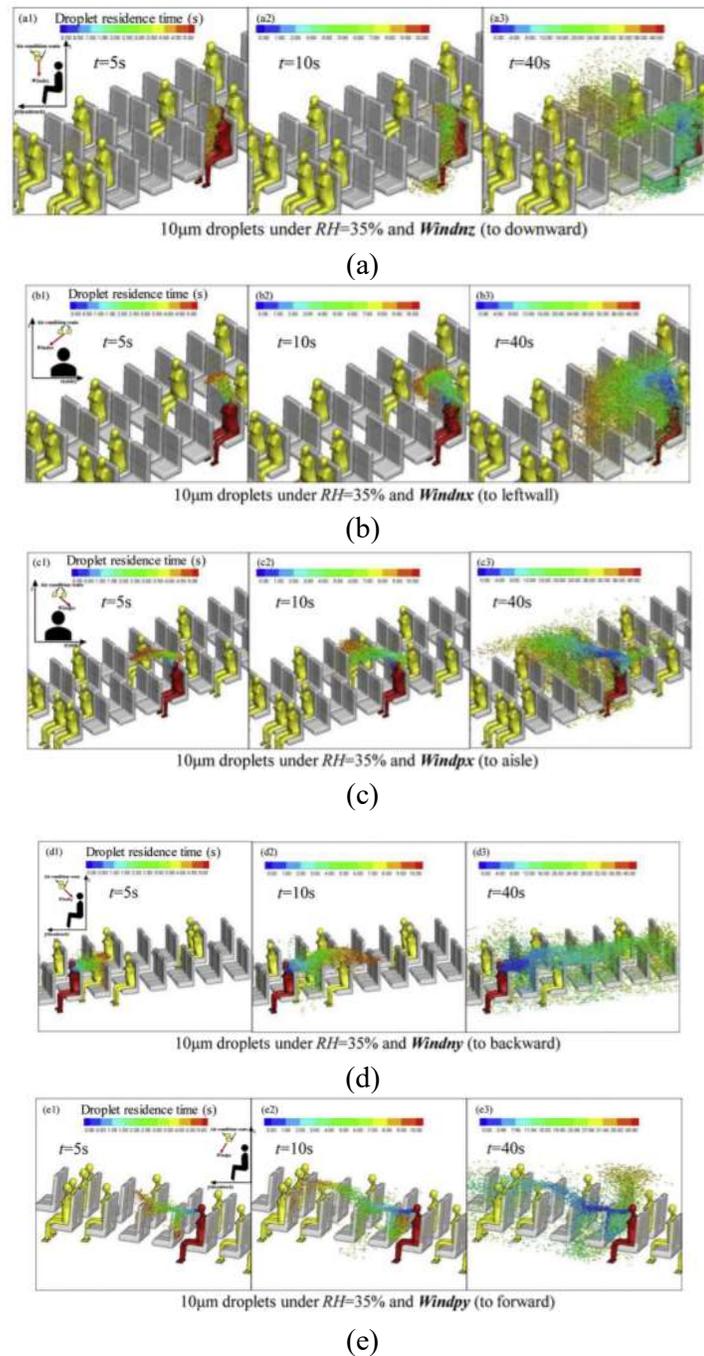
2.6.3 Penelitian Mengenai Penyebaran Droplet di Dalam Bus

Penelitian ini dilakukan oleh (Yang, et al. 2020) dengan judul “*Transmission of Pathogen-Laden Expiratory Droplet in Coach Bus*”. Dimana penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari kelembapan udara, ukuran droplet, dan aliran di dalam bus terhadap penyebaran droplet di dalam bus. Bus yang digunakan di dalam penelitian ini adalah bus yang pernah digunakan untuk membawa pasien dengan penyakit MERS pada Mei 2015 dari Guangzhou ke Huizhou.

Penelitian ini dilakukan dengan metode numerik dimana pada permodelannya terdapat satu orang merupakan orang yang terinfeksi virus dan empat belas penumpang yang sehat. Diameter droplet yang digunakan pada penelitian ini adalah 10 mikron dan 50 mikron, variasi relative humidity 35% dan 95%. Sedangkan pada mode dari pendingin udara terdapat lima mode yaitu kebawah, ke dinding kiri, ke belakang, ke depan, dan ke lorong. Hasil simulasi yang didapatkan adalah sebaran droplet di udara, droplet di permukaan, dan drop yang keluar dari ventilasi. **Gambar 2.14** menunjukkan domain komputasi yang digunakan di dalam penelitian ini. Meshing dilakukan pada software GAMBIT.



Gambar 2.14 Domain Komputasi
(Yang, et al. 2020)



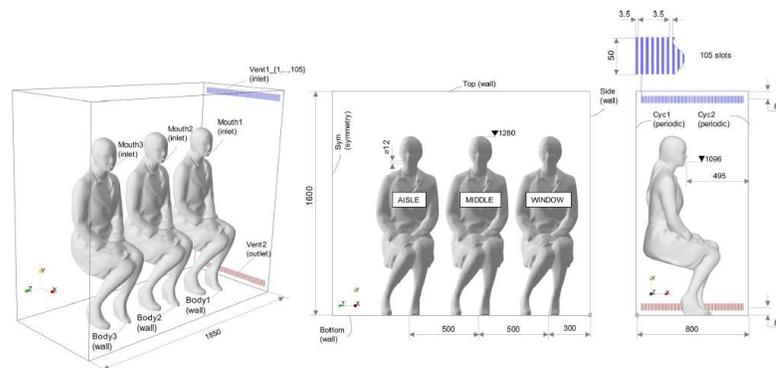
Gambar 2.15 Distribusi Droplet hasil Simulasi (Variasi: 10 mikron; RH 35%) dengan Variasi Aliran Udara (a) ke bawah (b) ke kiri (c) ke tengah (d) ke belakang (e) ke depan (Yang, et al. 2020)

Gambar 2.15 menunjukkan distribusi dari droplet dengan variasi ukuran droplet 10 mikron dan *relative humidity* udara 35%. Hasil simulasi menunjukkan penyebaran droplet paling tinggi pada variasi udara ke arah lorong, sedangkan pada variasi udara ke arah belakang, penumpang di belakang orang terinfeksi akan terkena droplet. Diameter droplet juga mempengaruhi persebaran droplet di dalam bus. Droplet dengan diameter kecil akan

melayang di udara dan menyebabkan resiko infeksi semakin meningkat. Semakin tingginya relative humidity dari udara, maka droplet akan mengalami proses evaporasi yang lebih lambat, sehingga droplet akan semakin mudah menempel di dinding dan mengurangi resiko penyebaran infeksi.

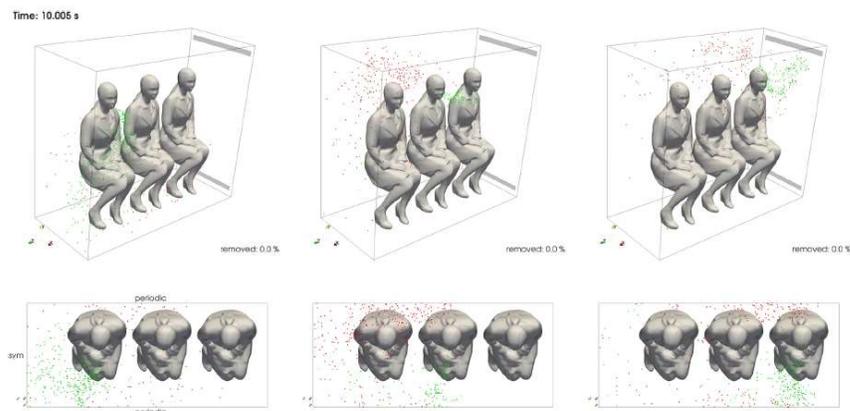
2.6.4 Penelitian Mengenai Penyebaran Droplet kasus Tanpa Gejala pada Kendaraan Umum

Penelitian ini dilakukan oleh (Pena-Monferrer, et al. 2021). Dimana penelitian ini bertujuan untuk meninvestigasi penyebaran droplet akibat percakapan antar penumpang di kendaraan umum. Penelitian ini dengan metode numerik menggunakan *high-resolution simulation* dimana pada permodelannya terdapat tiga penumpang di suatu ruangan yang di modelkan sebagai enclosure berbentuk balok. Variasi dari penelitian ini adalah salah satu penumpang yang berbicara. Hasil simulasi yang didapatkan adalah distribusi droplet dan peluang droplet menempel pada mulut penumpang yang lain.

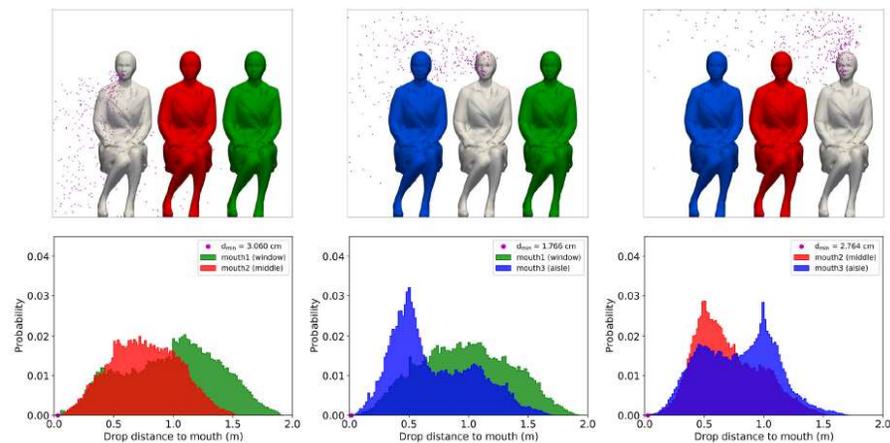


Gambar 2.16 Boundary Condition pada Penelitian (Pena-Monferrer, et al. 2021)

Gambar 2.16 menunjukkan boundary condition yang digunakan di dalam penelitian. Dimana terdapat penumpang, lubang inlet, dan lubang outlet. Mulut penumpang yang berbicara di menjadi inlet, sedangkan tubuh penumpang sebagai wall. Droplet yang keluar di asumsikan saat penumpang mengeluarkan suara dengan huruf vocal “a” dengan persamaan Lagrarian untuk menyelesaikannya. Simulasi dilakukan menggunakan software OPENFOAM dengan turbulensi yang digunakan adalah *Large Eddy Simulation (LES)*



Gambar 2.17 Aliran Droplet pada Berbagai Variasi (Pena-Monferrer, et al. 2021)



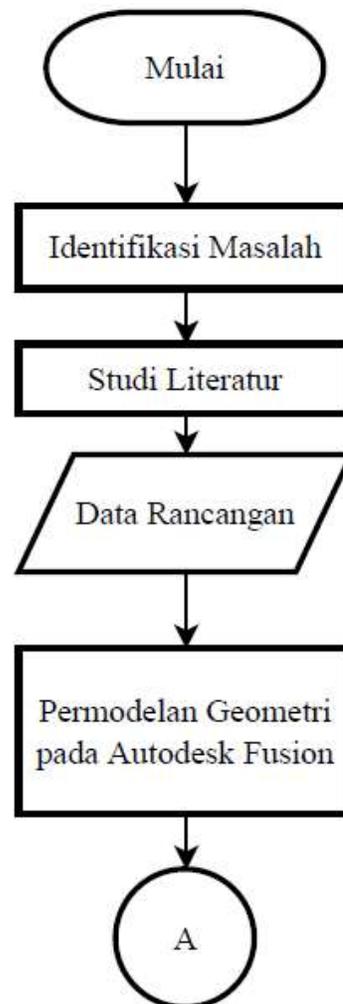
Gambar 2.18 Jarak Droplet ke Mulut Penumpang
(Pena-Monferrer, et al. 2021)

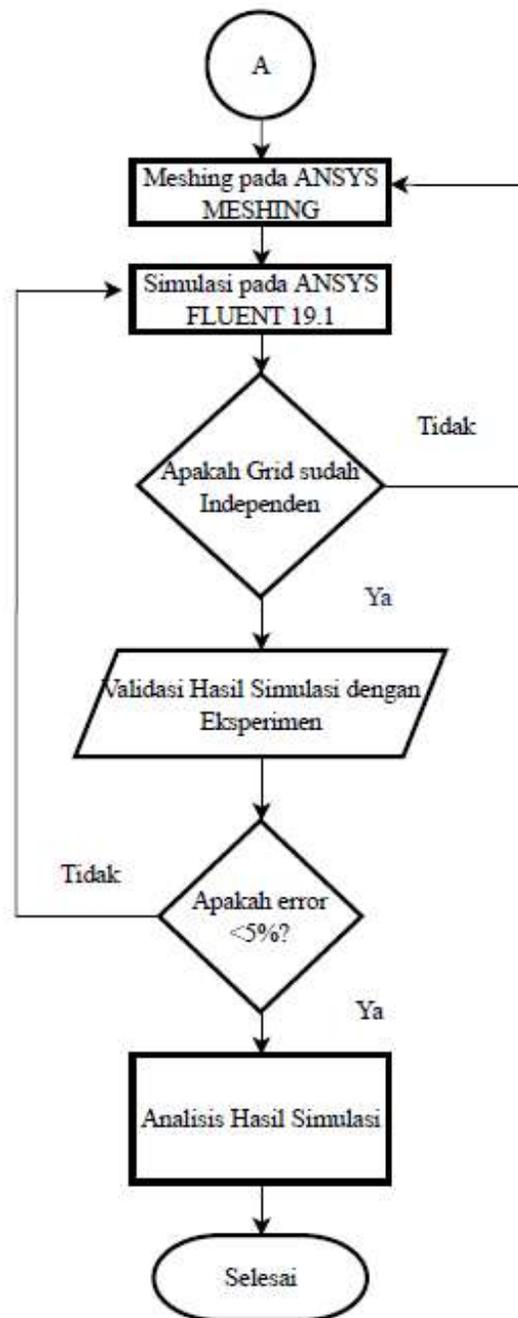
Gambar 2.17 menunjukkan distribusi droplet pada berbagai variasi penumpang yang berbicara yaitu penumpang dekat lorong, penumpang tengah, dan penumpang dekat jendela. **Gambar 2.18** menunjukkan distribusi peluang jarak droplet ke mulut penumpang pada berbagai variasi. Hasil simulasi menunjukkan jarak minimum terjadi pada kasus dimana penumpang di tengah berbicara, dengan jarak droplet 1,766 cm dari mulut penumpang yang lain. Jarak maksimum terjadi pada kasus penumpang di dekat lorong berbicara dengan jarak droplet minimum 3,06 cm. Pada penelitian ini droplet sebanyak 24,1% keluar melalui lubang ventilasi pada 40 detik pertama. Selain itu, tidak ada droplet yang menempel ke mulut penumpang lain. Hal ini menandakan kondisi di dalam kendaraan umum pada kasus ini cukup aman terhadap penyebaran virus.

BAB III METODOLOGI

3.1 Tahap-Tahap Penelitian Tugas Akhir

Pada penelitian ini terdapat prosedur tahap-tahap penelitian Tugas Akhir sebagai gambaran umum tentang proses penelitian yang dilakukan. Adapun tahap-tahap penelitian dalam tugas akhir ini disajikan dalam diagram alir sebagai berikut.





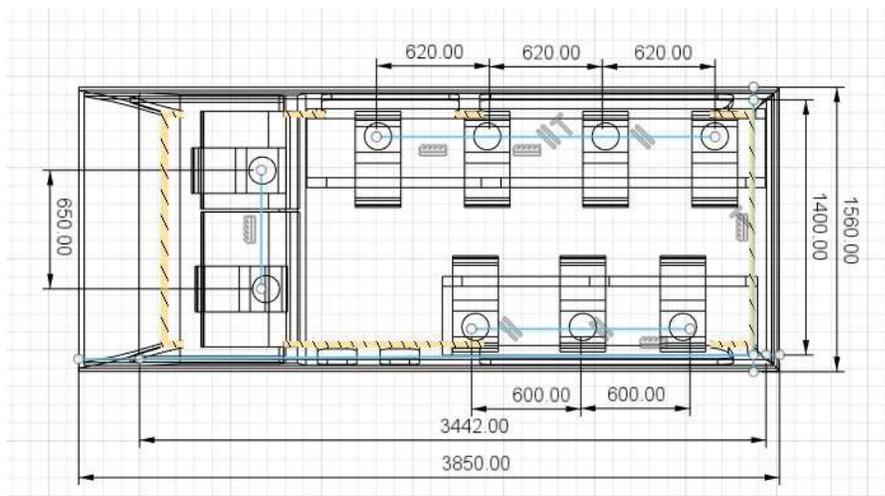
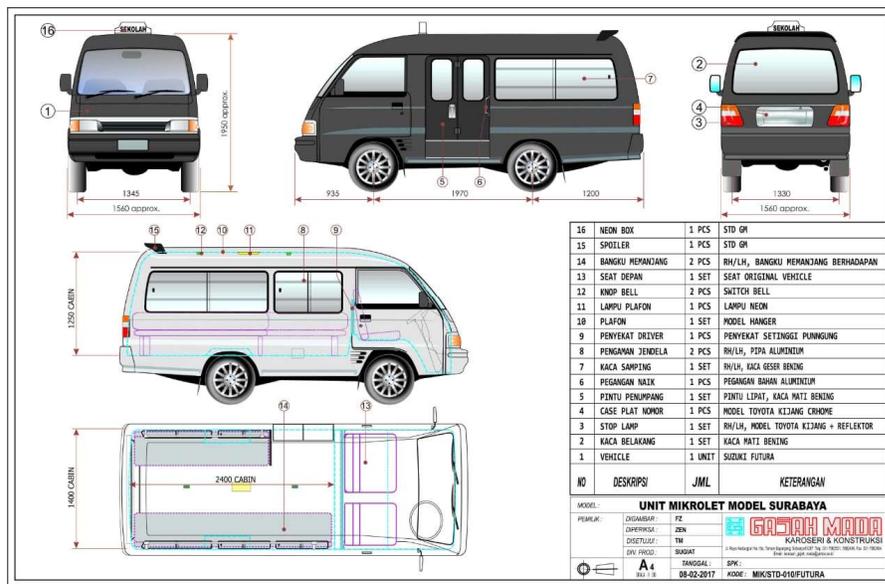
Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk meningkatkan pemahaman mengenai media penyebaran virus covid-19, jenis-jenis permodelan dan penelitian yang telah dilakukan terkait penyebaran covid-19. Studi Literatur diperoleh dari buku-buku, Jurnal, e-book, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan permasalahan yang dibahas.

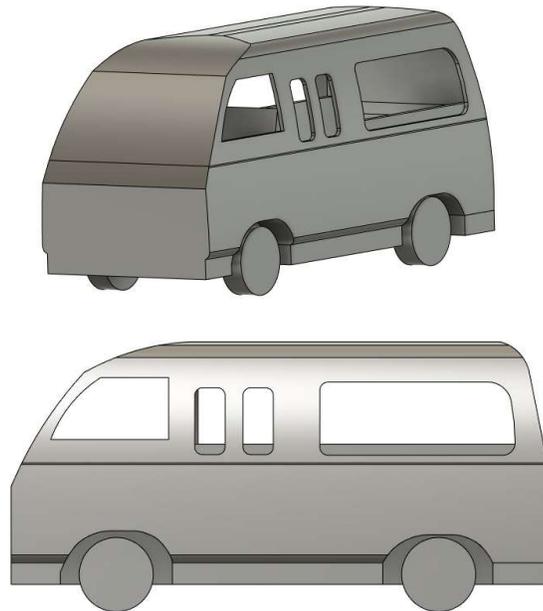
3.3 Pengambilan Data

Data yang diperlukan adalah data geometri yang meliputi: ukuran dari angkot di Surabaya. Data geometri digunakan untuk permodelan geometri yang dilakukan melalui *software* Autodesk Fusion. Selanjutnya dilakukan proses meshing dan simulasi pada *software* ANSYS FLUENT 19.1. Objek yang diteliti pada penelitian ini adalah angkutan umum kota Surabaya, yang ditunjukkan pada **Gambar 3.2** sebagai berikut:



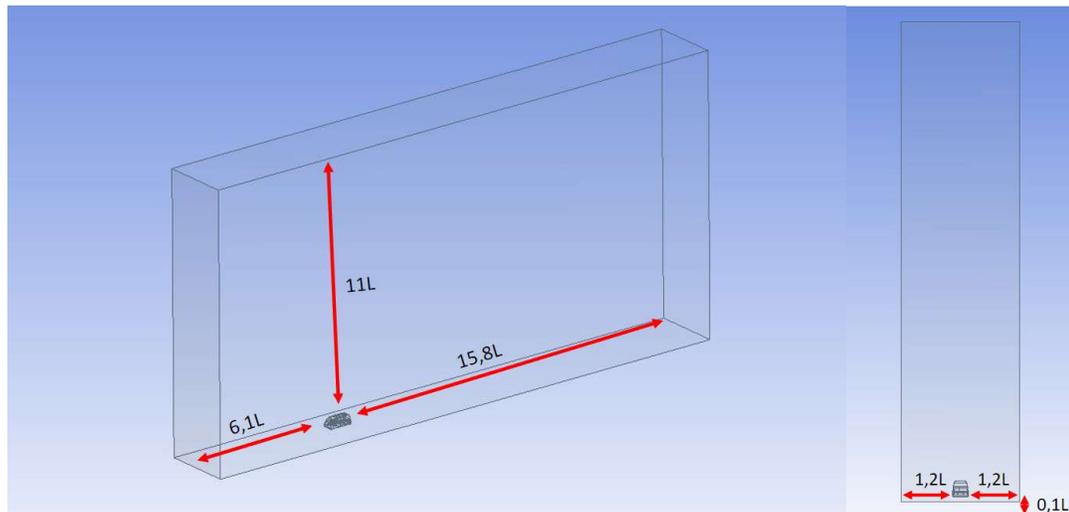
Gambar 3.2 Gambar Teknik dari Angkot Surabaya

3.5 Domain Permodelan



Gambar 3.3 3D Modeling yang Digunakan untuk Simulasi

Gambar 3.3 menunjukkan gambar tiga dimensi yang akan digunakan pada simulasi. Gambar tiga dimensi dibuat menggunakan software Autodesk Fusion dengan skala yang sebenarnya. Beberapa bagian yang tidak mempengaruhi hasil disederhanakan seperti bagian ban, velg, dan bentuk pintu.

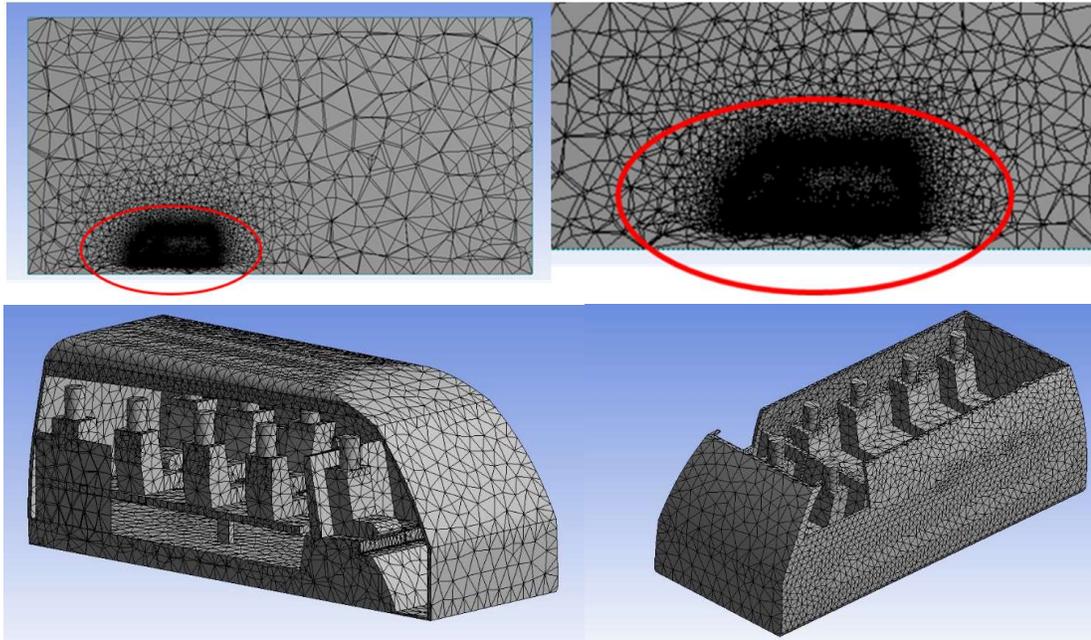


Gambar 3.4 Domain Permodelan pada Ansys Fluent

Gambar 3.4 menunjukkan domain permodelan pada Ansys Fluent, dimana untuk geometri roda dihilangkan untuk mempercepat komputasi, digunakan enclosure sebagai tempat untuk aliran udara melewati angkot. Panjang angkot yang digunakan adalah 4,105 m, dimana panjang angkot tersebut dinyatakan dalam L. Sehingga Jarak dari inlet udara

menuju ke depan angkot adalah 6,1L, dan jarak angkot ke outlet 15,8L. Angkot berada pada ketinggian 0,1L dari tanah dimana dibuat sesuai dengan ketinggian ban. Jarak angkot ke kiri dan kanan wall adalah 1,2L.

3.6 Meshing



Gambar 3.5 Meshing

Meshing dibuat pada software ANSYS MESHING. Jenis meshing yang digunakan adalah *unstructured meshed* berbentuk tetrahedral, Pembuatan meshing dibuat lebih rapat pada daerah yang diamati yaitu pada sekitar angkot untuk meningkatkan akurasi dan menghemat waktu komputasi. **Gambar 3.5** menunjukkan hasil meshing yang telah dibuat

3.7 Simulasi Fluent

3.7.1 Solver

Tipe *solver* pada kedua simulasi yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut. **Tabel 3. 1** menunjukkan tipe solver.

Tabel 3.1 Solver

<i>Type</i>	<i>Pressure Based</i>
<i>Velocity Formulation</i>	<i>Absolute</i>
<i>Time</i>	<i>Steady</i>

3.7.2 Model

Model sistem yang digunakan berdasarkan pada data kasus serta jurnal-jurnal referensi seperti pada **tabel 3.2** dengan pengaturan models sisanya diatur sebagai default. Dikarenakan pada kasus ini tidak perlu penyelesaian perpindahan panas, maka tidak diperlukan model energy. Model *discrete phase* digunakan untuk mensimulasikan partikel droplet dari covid-19. Pada penelitian ini digunakan model *inert injection* pada beberapa titik penumpang.

Tabel 3.2 Model pada Simulasi Fluent

Energy	<i>Off</i>
Viscous	Model <i>Realizable k-epsilon</i>
Discrete Phase	<i>Inert Injection</i>

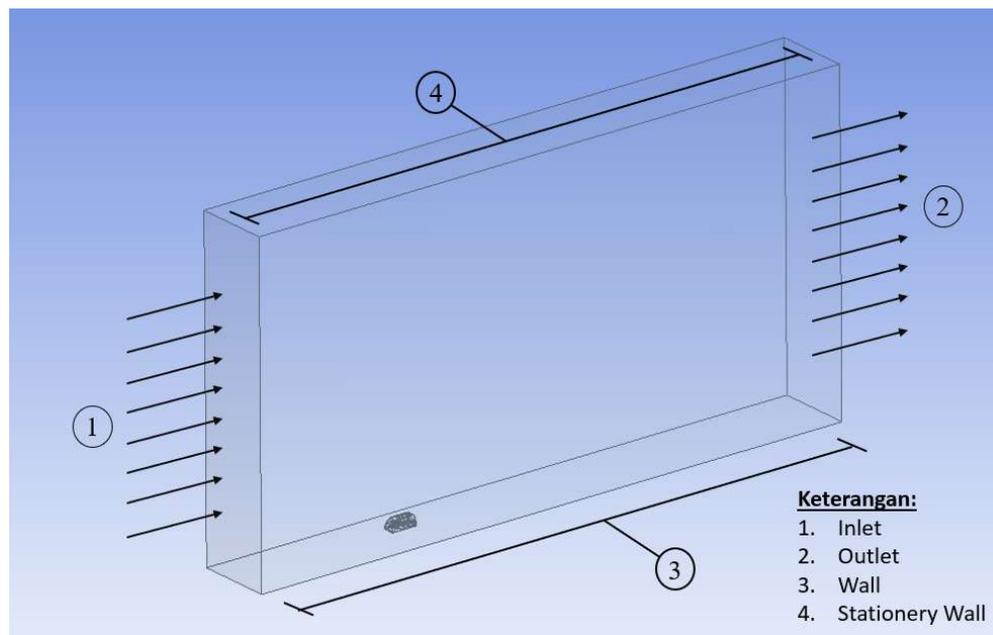
3.7.3 Boundary Conditions

Berdasarkan data-data yang ada, dibuat model pada *software* FLUENT dengan *boundary conditions* yang ditunjukkan pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3.3 *Boundary Conditions* Simulasi FLUENT

<i>Inlet</i>	<i>Velocity inlet</i>	$V = 8,3 \text{ m/s}, 11,1 \text{ m/s}$
<i>Outlet</i>	<i>Outflow</i>	
<i>Wall</i>	<i>Wall</i>	<i>Stationary Wall</i>

Penggunaan *velocity inlet* merepresentasikan aliran udara disaat angkot berada di jalan dengan kecepatan 30 km/jam (8.33 m/s) dan 40 km/jam (11.1 m/s). Pada outlet diberikan *boundary outflow* dikarenakan aliran udara bebas mengalir keluar, pada badan angkot diberikan *boundary wall* seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3.6**.

**Gambar 3. 6** Boundary Condition Pada Simulasi

3.7.4 Solutions Methods

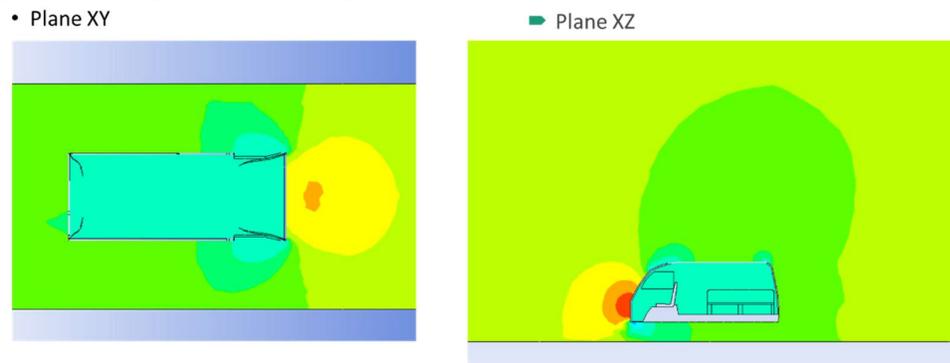
Pemilihan *solution methods* yang diterapkan adalah *second order*. Hal ini bertujuan untuk menambah akurasi iterasi meskipun memerlukan memori dan daya komputasi yang lebih besar dibandingkan *first order*. *Solution methods* yang digunakan pada sistem ini seperti yang di tunjukan pada **Tabel 3.4**.

Tabel 3.4 Solution Methods FLUENT

<i>Pressure-Velocity Coupling Scheme</i>	<i>SIMPLE</i>
<i>Spatial Discretization Gradient Pressure Momentum Turbulent Kinetic Energy Turbulent Dissipation Rate Energy</i>	<i>Least Squares Cell Based</i>
	<i>Second Order</i>
	<i>Second Order Upwind</i>

3.8 Post Processing

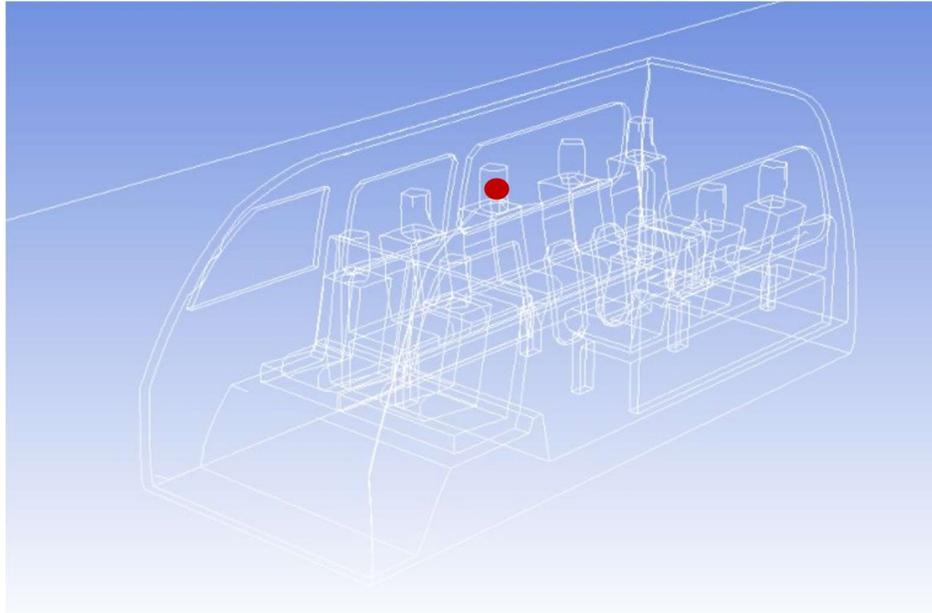
Setelah simulasi dilakukan, tahap selanjutnya adalah tahap penyajian data (*post processing*). Terdapat dua jenis data yang disajikan yaitu data berupa contour yang meliputi kecepatan dan tekanan, dan juga streamline untuk mengamati arah aliran di dalam kabin angkot seperti yang di tunjukan pada **Gambar 3.7**. Pengambilan data diambil pada dua bidang yaitu bidang XY dan bidang XZ



Gambar 3.7 Post Processing Kontour Tekanan Hasil Simulasi

3.9 Grid Independence Test

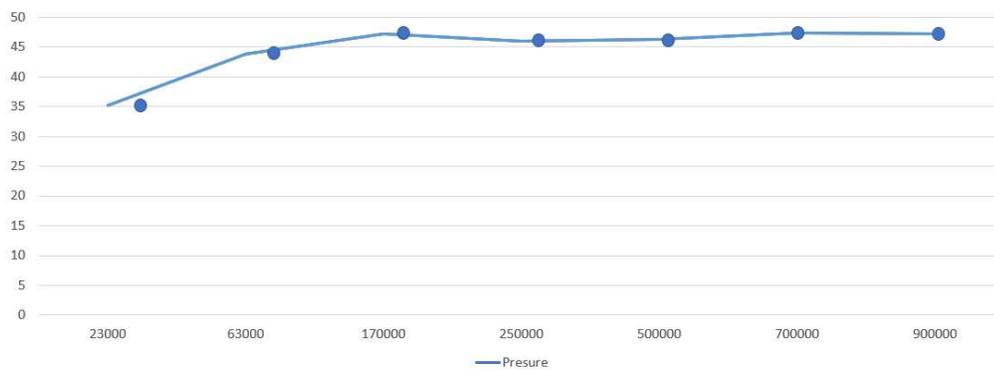
Grid independence test merupakan suatu cara yang digunakan untuk mendeskripsikan peningkatan hasil dari simulasi perhitungan dengan memperkecil ukuran *cell* pada *meshing*. Metode dalam melakukan *grid independence test* adalah dengan menambahkan jumlah element secara bertahap. Posisi pengambilan data pada grid independensi sesuai gambar yang di tunjukan pada **Gambar 3.8**. *Grid independence test* berhenti ketika peningkatan jumlah element terhadap hasil sudah tidak terlalu signifikan, sehingga pemilihan jumlah element yang digunakan bisa dilakukan. Sesuai dengan grafik yang di tunjukan pada **Gambar 3.9**.



Gambar 3.8 Lokasi Pengambilan Data Grid Independence Test

Tabel 3.5 Data Grid Independence Test

Element	Pressure (Pa)	Error (%)
23000	-35.23	
63000	-43.79	19.54
170000	-47.24	7.30
250000	-46.02	2.65
500000	-46.30	0.60
700000	-47.35	2.22
900000	-47.24	0.23



Gambar 3.9 Grafik Grid Independence Test

Terlihat pada tabel 3.7 dan gambar 3.9 bahwa mulai jumlah elemen 170.000 nilai tekanan relative konstan. Sehingga untuk alasan efisiensi energi maka jumlah elemen dipilih 170.000 dan selanjutnya akan digunakan dalam simulasi penelitian ini.

3.10 Variasi Simulasi

Simulasi pada penelitian ini dilakukan pada *software* FLUENT dengan macam variasi yaitu kecepatan udara dan konfigurasi bukaan jendela. Terdapat 10 total variasi yang ditunjukkan pada **Tabel 3.6**.

Tabel 3.6 Variasi yang Dilakukan pada Simulasi

Bukaan Jendela	Kecepatan (km/jam)	
	30	40
JDKa, JDKi		
JDKa, JBKi		
JDKa, JBKa		
JDKaKi, JBKa		
JDKaKi, JBKi		
JDKaKi, JBKaKi		

Dimana

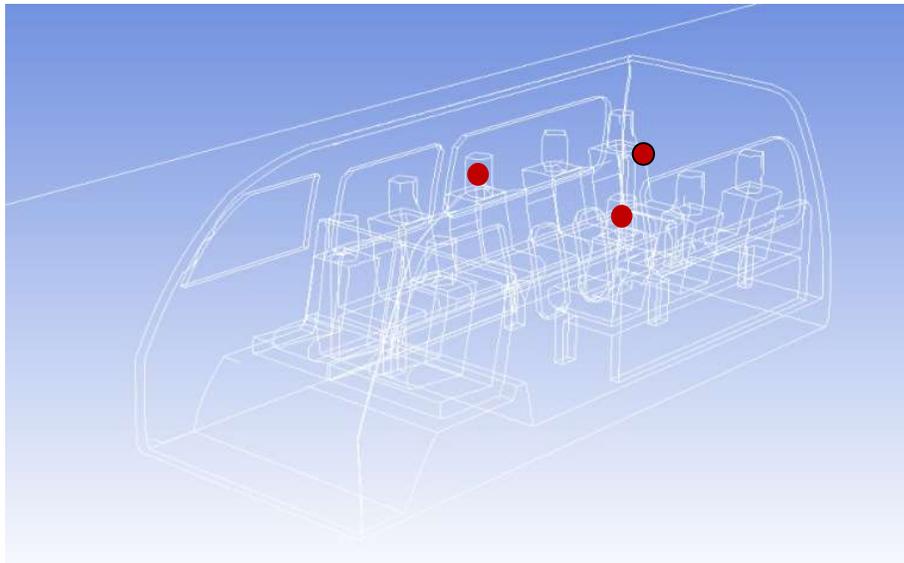
JDKa : Jendela Depan Kanan (Sopir)

JDKi : Jendela Depan Kiri

JBKi : Jendela Belakang Kiri

JBKa : Jendela Belakang Kanan

Lokasi penyemprotan partikel covid ditunjukkan pada **Gambar 3.10**, partikel yang digunakan berupa water-liquid dan inert, dengan interval diameter partikel antara 1 mikron sampai 5 mikron dan flowrate sebesar 10^{-20} kg/s. Parameter lengkap partikel yang digunakan ditunjukkan pada **Gambar 3.11**.



Gambar 3.10 Lokasi Penyemprotan Partikel Covid-19

Variable	First Point	Last Point
X-Position (m)	-5.54419	-5.44419
Y-Position (m)	0.180318	0.080318
Z-Position (m)	-5.91963	-5.81963
X-Velocity (m/s)	2	0
Y-Velocity (m/s)	0	0
Z-Velocity (m/s)	-10	0
Diameter (m)	5e-6	1e-06
Flow Rate (kg/s)	1e-20	1e-20

Gambar 3.11 Parameter Partikel Covid-19

3.11 Validasi Hasil Simulasi dengan Eksperimen

Hasil simulasi pada software FLUENT kemudian di validasi melalui metode eksperimen. Adapun langkah-langkah dalam metode eksperimen adalah sebagai berikut.

3.11.1 Membuat Model Eksperimen

Model eksperimen dibuat dengan desain sama seperti model yang digunakan dalam simulasi namun dengan skala 1:26. Model dibuat dengan menggunakan metode 3D Printing. **Gambar 3.12** menunjukkan model hasil 3D Printing

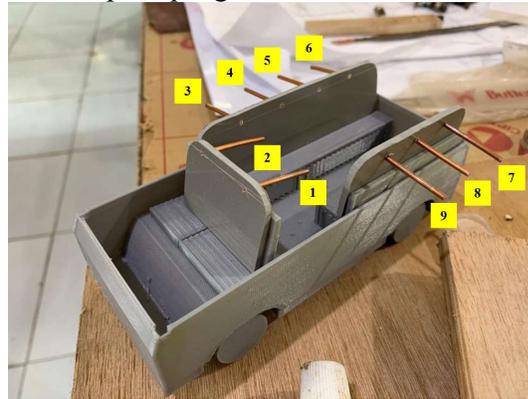


Gambar 3.12 Model Angkot Hasil 3D Printing

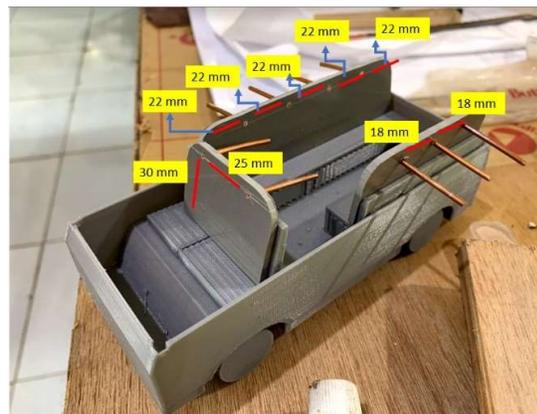
3.11.2 Melakukan Pemasangan Pitot Tube

Kemudian dilakukan pemasangan pitot tube pada 9 titik pengukuran tekanan, yang dimana nilai tekanan dari 9 titik ini akan diperoleh dari hasil perbedaan ketinggian dari

manometer. Hasil dari manometer akan dibandingkan dengan hasil simulasi. **Gambar 3.13** menunjukkan lokasi dan hasil pemasangan pitot tube pada model eksperimen. **Gambar 3.14** menunjukkan manometer pada pengukuran.



(a)



(b)

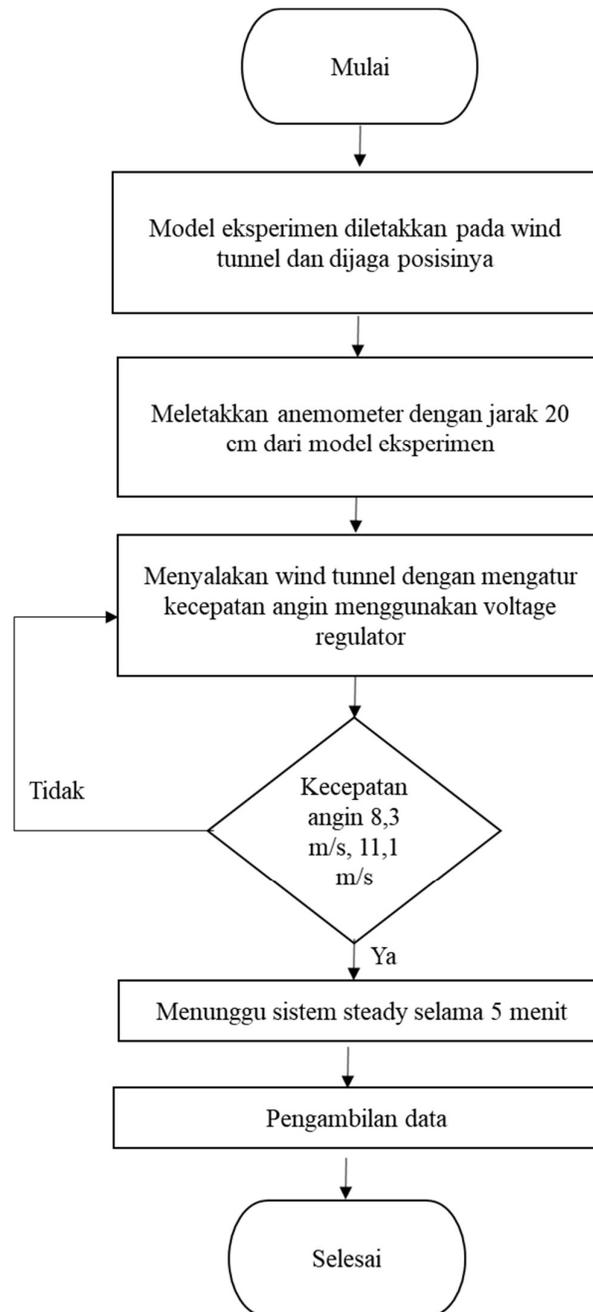
Gambar 3.13 Pemasangan Pitot Tube pada Model (a) Titik Pitot Tube (b) Jarak Antar Titik Pemasangan



Gambar 3.14 Manometer

3.11.3 Pengujian dan Pengambilan Data pada Wind Tunnel

Pengujian dilakukan pada wind tunnel di Laboratorium Mekanika dan Mesin-Mesin Fluida Departemen Teknik Mesin-ITS. Berikut merupakan flowchat pengujian yang dilakukan di wind tunnel. **Gambar 3.15** menunjukkan flowchart pengujian pada wind tunnel. **Gambar 3.16** menunjukkan model yang ditempatkan di wind tunnel



Gambar 3.15 Flowchart Pengujian



Gambar 3.16 Pengujian pada Wind Tunnel

3.11.4 Hasil Validasi

Berikut merupakan **Tabel 3.7** yang menunjukkan hasil validasi dari simulasi dengan membandingkan parameter tekanan yang terbaca di manometer pada 9 titik yang berbeda. Didapatkan error rata-rata sebesar 2,18%, dimana error yang didapatkan telah masuk ke dalam batas toleransi yang diijinkan yaitu 5%.

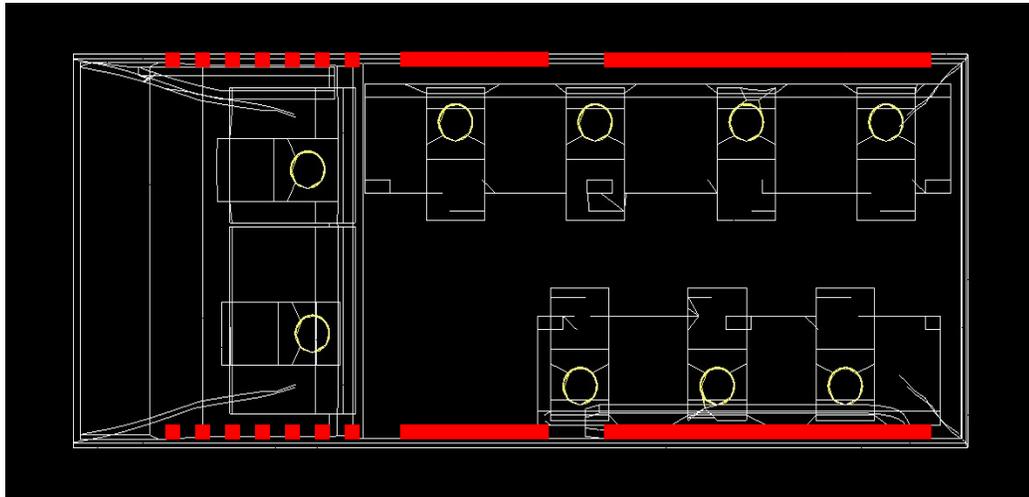
Tabel 3.7 Hasil Validasi Simulasi

Titik Pengukuran	Tekanan Eksperimen (Pa)	Tekanan Simulasi (Pa)	Error (%)
1	-46,56	-47,2	1,38
2	-46,77	-46,9	0,27
3	-46,34	-46,9	1,20
4	-46,13	-47,89	3,83
5	-46,56	-47,86	2,80
6	-46,56	-47,85	2,77
7	-46,56	-47,85	2,77
8	-46,99	-47,86	1,85
9	-46,56	-47,86	2,80
			2,18

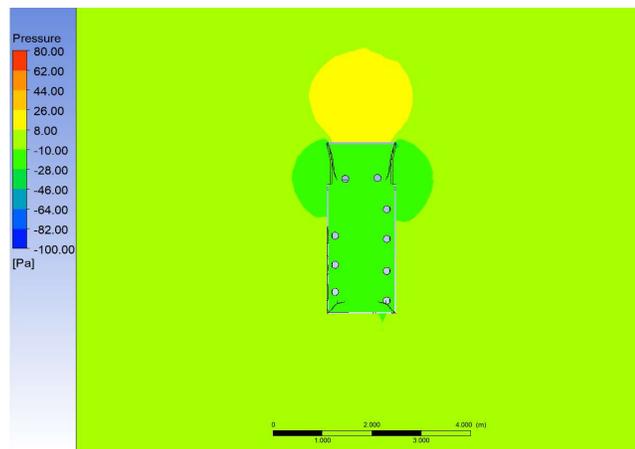
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Bukaan Jendela Variasi 1

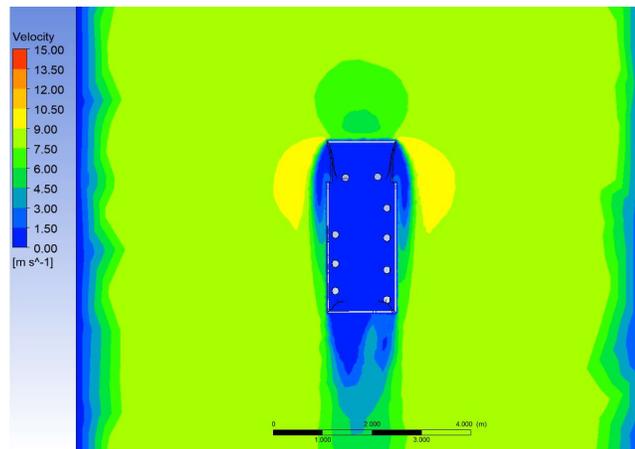
Angkutan umum yang tidak menggunakan Air Conditioner (AC) membuka sebagian jendela sebagai sumber aliran udara. Pada tugas akhir ini dilakukan analisa penyebaran droplet virus dalam keadaan kecepatan kendaraan 30 km/jam dan 40 km/jam. Pada variasi 1 jendela jendela depan di bagian kanan dan kiri dekat supir dibuka. Bukaan jendela variasi 1 ditunjukkan pada Gambar 4.1. Dalam hal ini, virus yang akan terbawa dalam aliran udara diasumsikan sebagai partikel yang berupa water-liquid dan inert, dengan interval diameter partikel antara 1 mikron sampai 5 mikron dan flowrate sebesar 10-20 kg/s. Partikel tersebut diinjeksikan dari lokasi tempat duduk penumpang yang kita inginkan dalam simulasi yaitu pada titik 4, 6 dan 8. Secara teoritis aliran akan mengalir dari posisi dengan energi tinggi menuju posisi dengan energi rendah. Dengan demikian partikel yang terbawa oleh aliran juga akan mengalir dari posisi dengan energi yang lebih tinggi menuju posisi dengan energi lebih rendah. Selanjutnya dilakukan penilaian resiko penumpang lain akan mudah tertular bila terdapat aliran udara pembawa virus disekitar kepalanya. Selanjutnya, dilakukan analisa penyebaran virus berdasarkan karakteristik aliran menggunakan software ANSYS FLUENT 19.1.



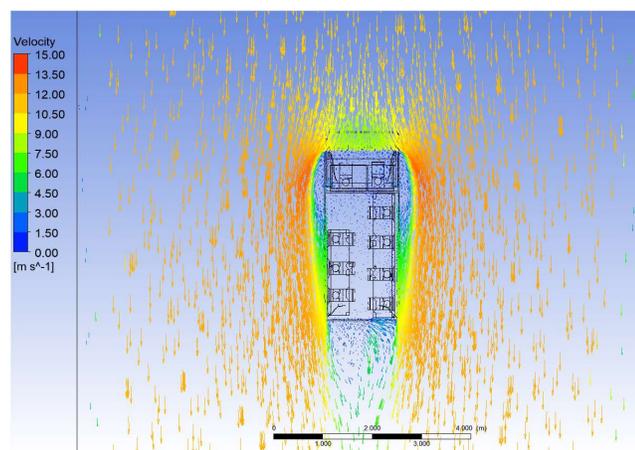
Gambar 4.1 Bukaan Jendela Variasi 1



(a) Pressure Contour

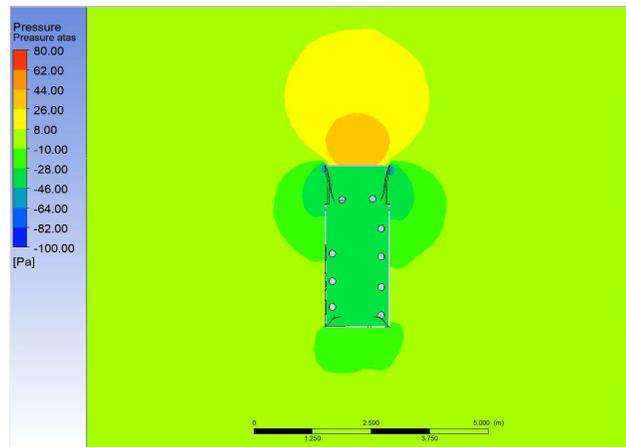


(b) Velocity Contour

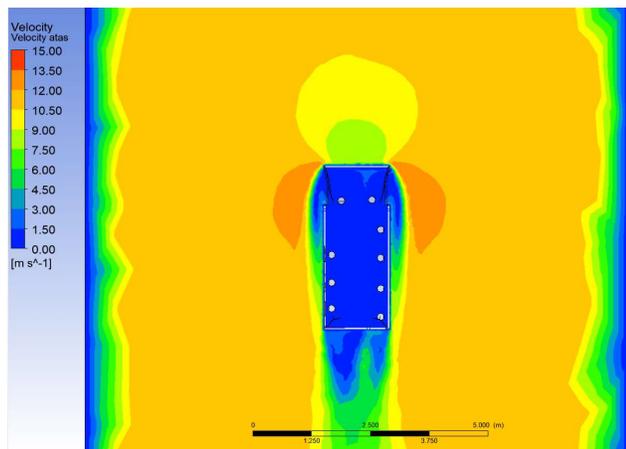


(c) Vector Velocity

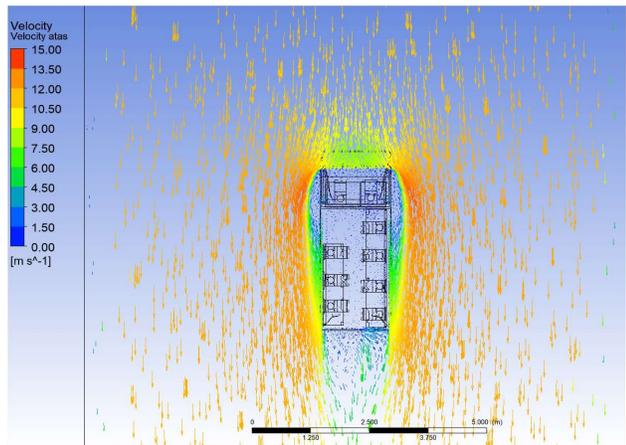
Gambar 4.2 Distribusi Tekanan dan Kecepatan Udara pada Variasi Bukaan Jendela 1 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam



(a) Pressure Contour



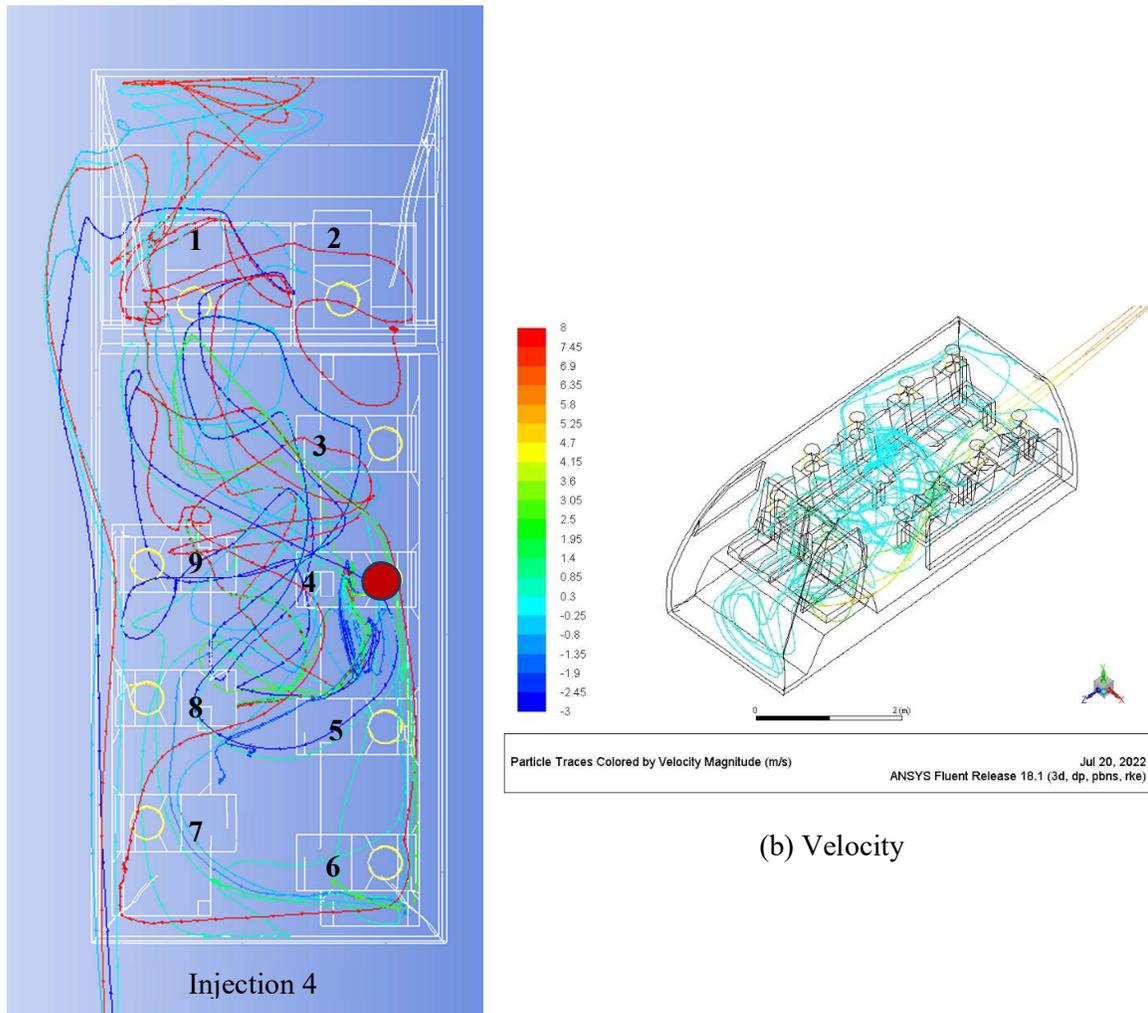
(b) Velocity Contour



(c) Vector Velocity

Gambar 4.3 Distribusi Tekanan dan Kecepatan Udara pada Variasi Buka-an Jendela 1 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam

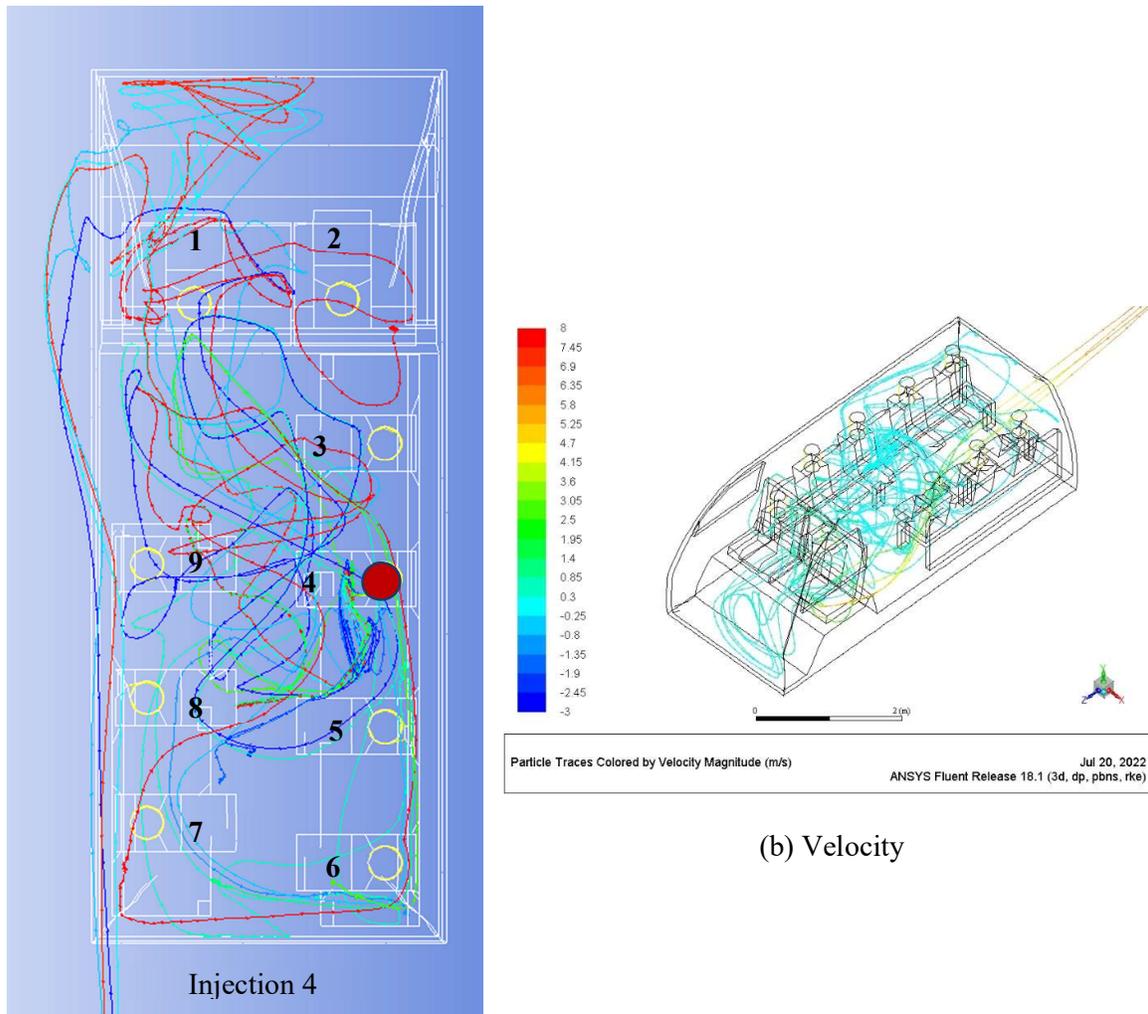
4.1.1 Penyebaran Droplet Kecepatan Kendaraan 30 km/jam



(a) Partikel id

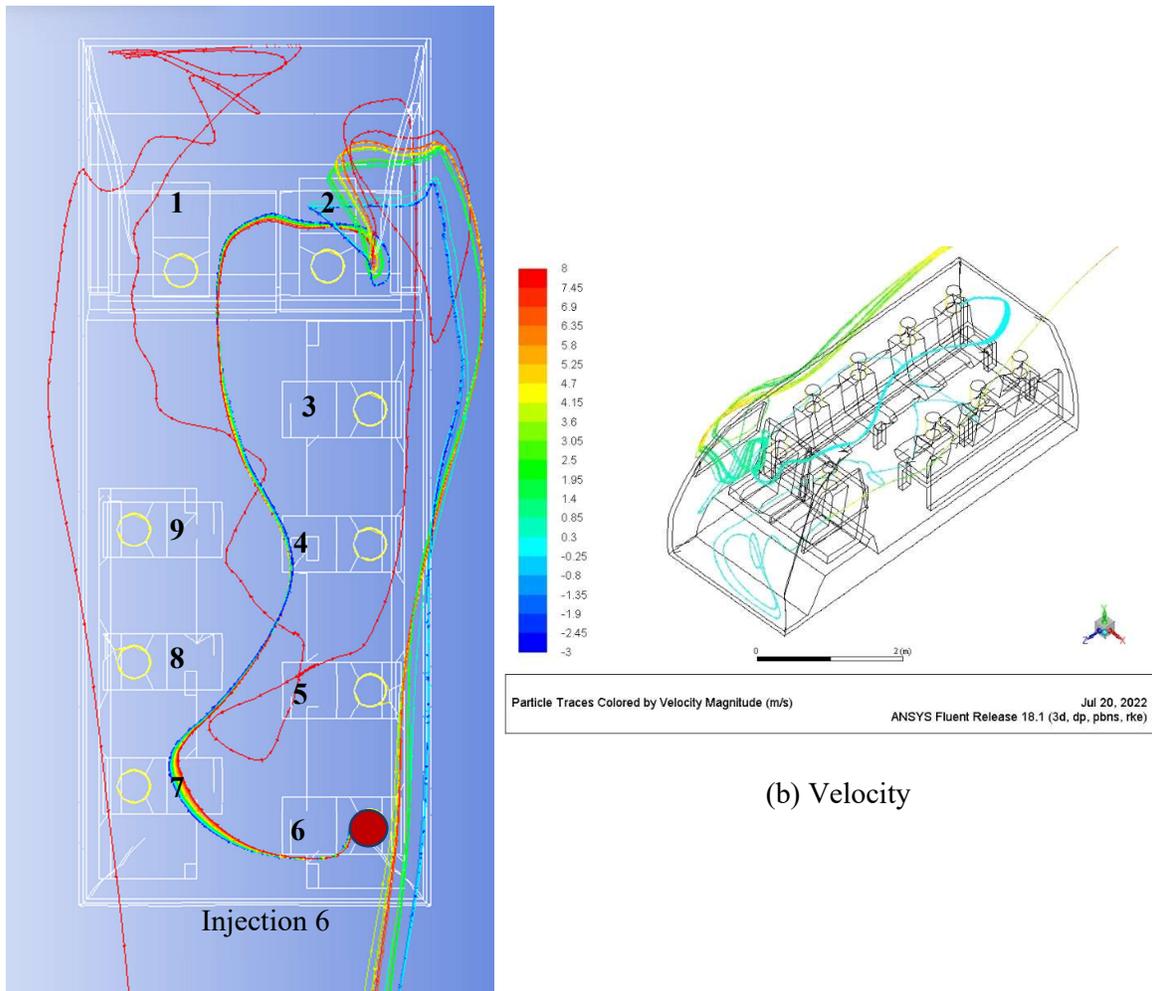
(b) Velocity

Gambar 4.4 Penyebaran Udara Titik 4 pada Variasi Buka-an Jendela 1 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam



(a) Partikel id

Gambar 4.4 Pada Gambar 4.4 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 4, variasi bukaan jendela 1 dan kecepatan angkutan umum yaitu 30 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bila tidak ada tempat duduk yang aman dari penyebaran virus. Namun bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi virus yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk relatif aman berada pada titik 3 dilihat dari aliran disekitar kepala penumpang paling sedikit. Sedangkan posisi duduk yang paling bahaya yaitu ada pada titik 9.

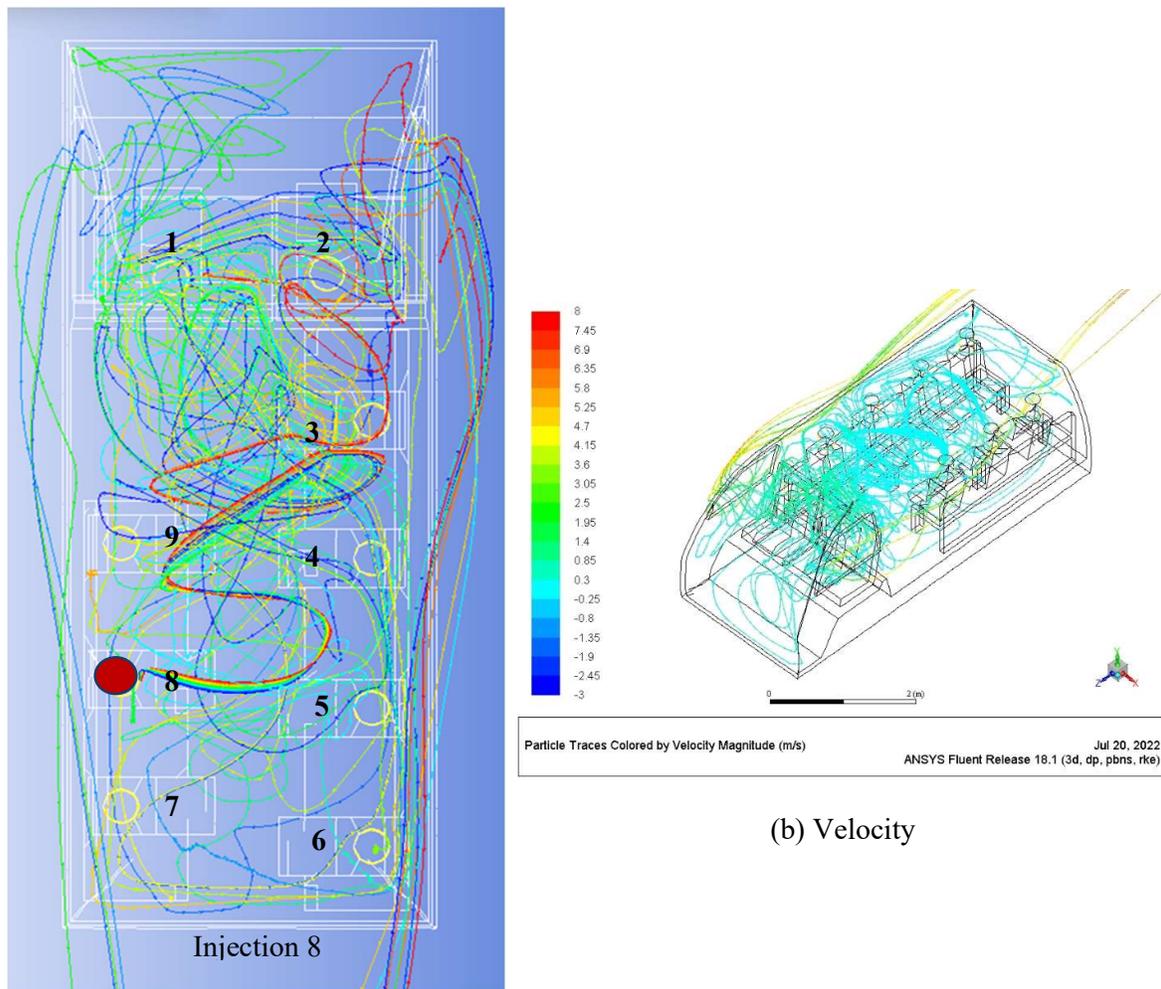


(a) Partikel id

(b) Velocity

Gambar 4.5 Penyebaran Udara Titik 6 pada Variasi Buka-an Jendela 1 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam

Pada Gambar 4.5 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 6, variasi bukaan jendela 1 dan kecepatan angkutan umum yaitu 30 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa selain di titik 2 dan 7, setiap tempat duduk relatif aman dari penyebaran virus. Bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk relatif aman berada pada titik 9 dilihat dari jarak aliran terdekat yang relatif jauh dari kepala penumpang.



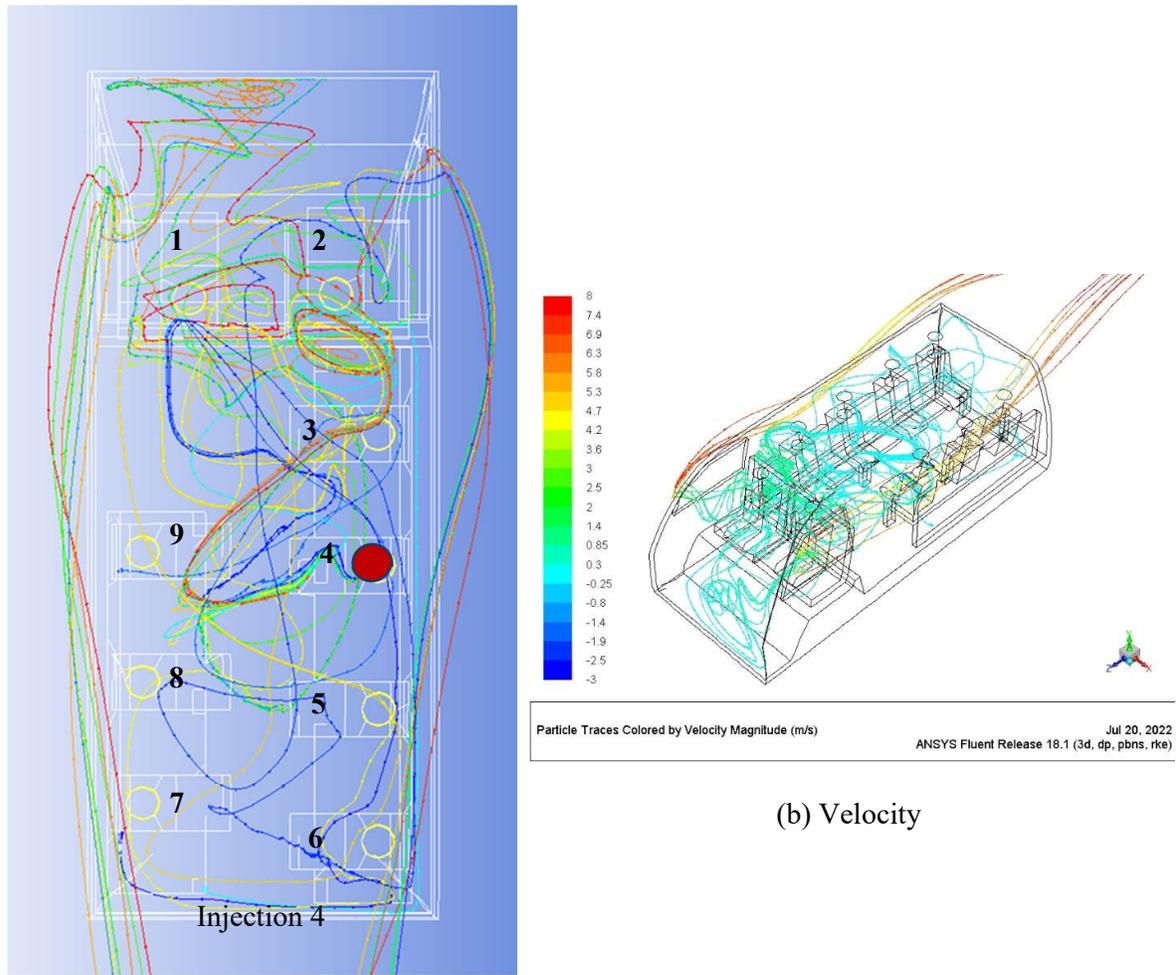
(a) Partikel id

(b) Velocity

Gambar 4.6 Penyebaran Udara Titik 8 pada Variasi Bukaannya Jendela 1 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam

Pada Gambar 4.6 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 8, variasi bukaan jendela 1 dan kecepatan angkutan umum yaitu 30 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut, dapat dilihat bila tidak ada tempat duduk yang aman dari penyebaran virus. Namun bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk paling sedikit terdampak berada pada titik 7 dilihat dari aliran disekitar kepala penumpang paling sedikit. Sedangkan posisi duduk yang paling bahaya yaitu ada pada titik 3, ditunjukkan dengan banyaknya jumlah aliran disekitar kepala penumpang.

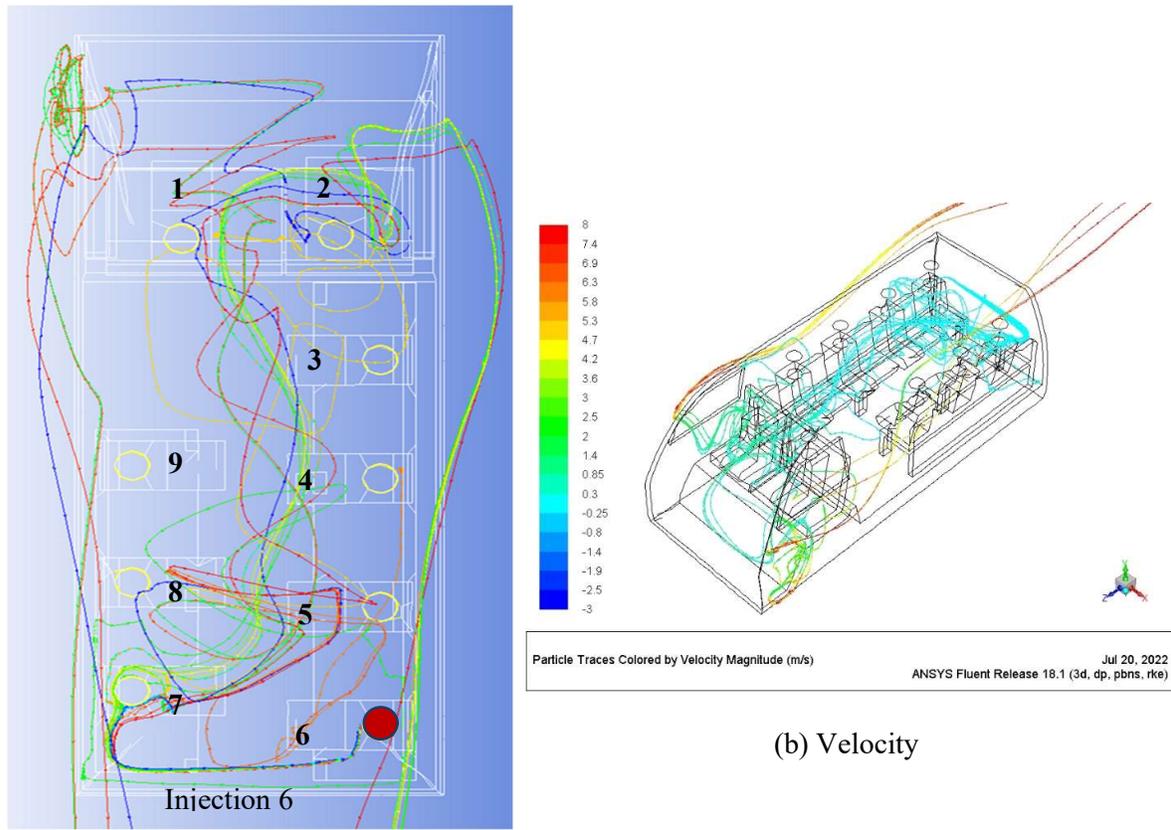
4.1.2 Penyebaran Droplet Kecepatan Kendaraan 40 km/jam



(a) Partikel id

Gambar 4.7 Penyebaran Udara Titik 4 pada Variasi Buka-an Jendela 1 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam

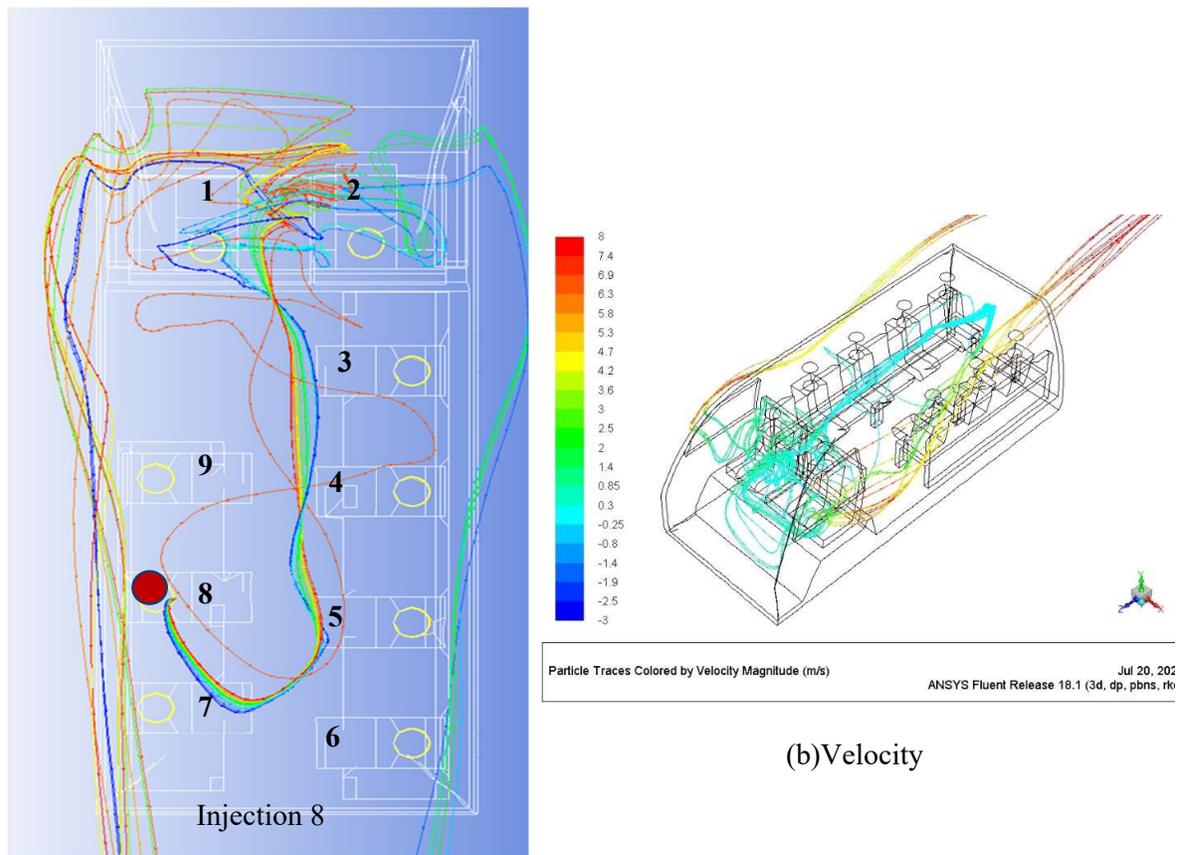
Pada Gambar 4.7 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 4, variasi bukaan jendela 1 dan kecepatan angkutan umum yaitu 40 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bila tidak ada tempat duduk yang aman dari penyebaran virus. Namun bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk yang memiliki risiko terdampak paling rendah berada pada titik 7 dilihat dari aliran disekitar kepala penumpang paling sedikit. Sedangkan posisi duduk yang paling bahaya yaitu ada pada titik 1, 2, dan 3.



(a) Partikel id

Gambar 4.8 Penyebaran Udara Titik 6 pada Variasi Buka-an Jendela 1 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam

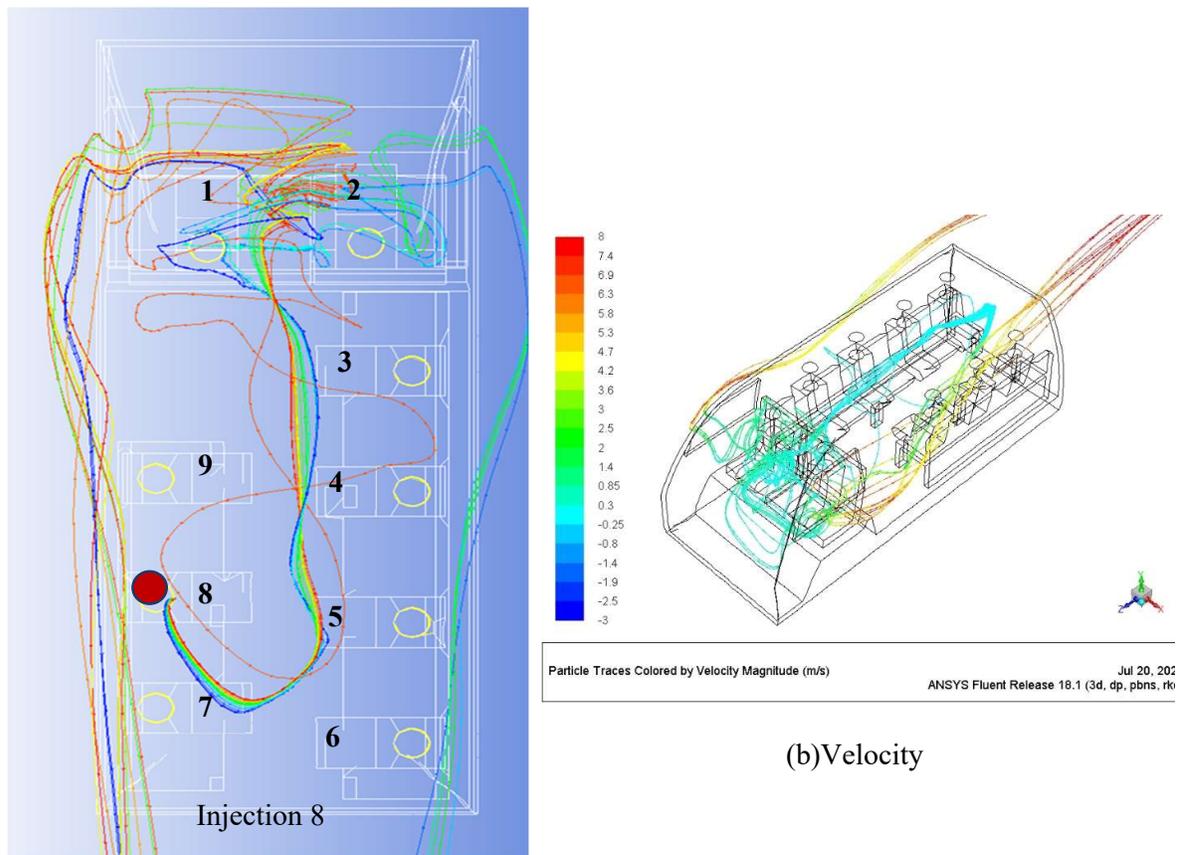
Pada Gambar 4.8 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 6, variasi bukaan jendela 1 dan kecepatan angkutan umum yaitu 40 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa penyebaran virus relatif luas dan hampir mengenai kepala setiap penumpang. Namun bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk relatif aman berada pada titik 9 dilihat dari jarak aliran terdekat yang relatif jauh dari kepala penumpang.



(a) Partikel id

(b) Velocity

Gambar 4.9 Penyebaran Udara Titik 8 pada Variasi Buka-an Jendela 1 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam



(a) Partikel id

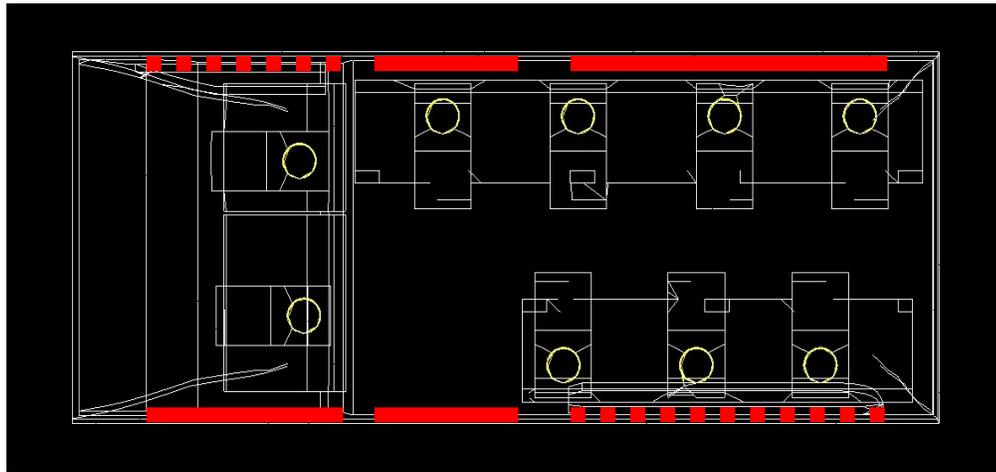
Gambar 4.9 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 8, variasi bukaan jendela 1 dan kecepatan angkutan umum yaitu 40 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut, dapat dilihat bahwa penyebaran tidak seluas pada variasi 1. Bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk relatif aman berada pada titik 3 dilihat dari aliran disekitar kepala penumpang paling sedikit. Sedangkan posisi duduk yang paling bahaya yaitu pada titik 1 dan 2.

Bila dibandingkan kecepatan kendaraan 30 m/s dan 40 m/s pada hasil simulasi dengan bukaan jendela variasi pertama, kondisi yang paling membahayakan penumpang didalam angkutan umum yaitu bila kendaraan melaju dengan kecepatan 30km/s dengan sumber injeksi dipenumpang nomor 8 dan kecepatan 40 km/s dengan sumber injeksi dipenumpang nomor 4. Sedangkan yang risiko penyebarannya paling kecil yaitu bila kendaraan melaju dengan kecepatan 30 km/jam dengan sumber injeksi dipenumpang nomor 6 dan kecepatan 40 km/jam dengan sumber injeksi dipenumpang nomor 8.

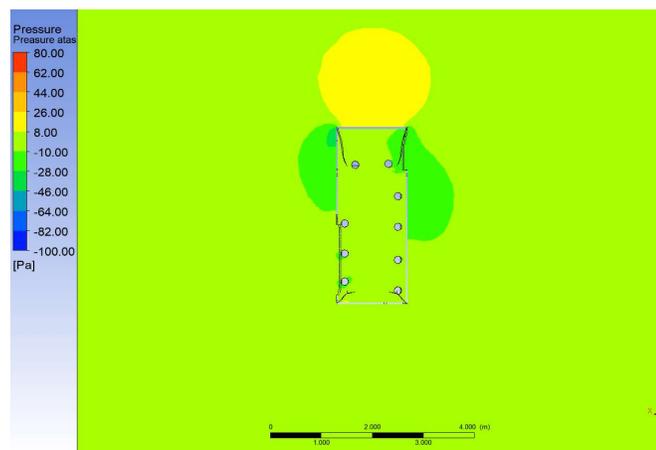
4.2 Bukaan Jendela Variasi 2

Angkutan umum yang tidak menggunakan Air Conditioner (AC) membuka sebagian jendela sebagai sumber aliran udara. Pada tugas akhir ini dilakukan analisa penyebaran droplet virus dalam keadaan kecepatan kendaraan 30 km/jam dan 40 km/jam. Pada variasi ini jendela yang dibuka yaitu jendela depan di bagian kanan dekat supir dan jendela belakang

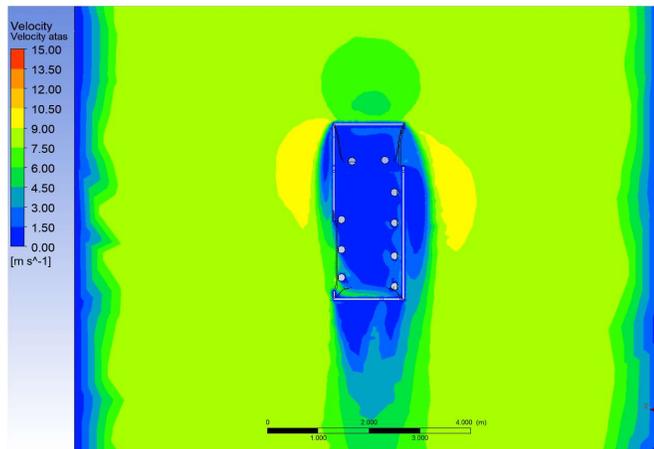
di bagian kiri. Bukaannya variasi 2 ditunjukkan pada Gambar 4.10. Dalam hal ini, virus yang akan terbawa dalam aliran udara diasumsikan sebagai partikel yang berupa water-liquid dan inert, dengan interval diameter partikel antara 1 mikron sampai 5 mikron dan flowrate sebesar 10-20 kg/s. Partikel tersebut diinjeksikan dari lokasi tempat duduk penumpang yang kita inginkan dalam simulasi yaitu pada titik 4, 6 dan 8. Secara teoritis aliran akan mengalir dari posisi dengan energi tinggi menuju posisi dengan energi rendah. Dengan demikian partikel yang terbawa oleh aliran juga akan mengalir dari posisi dengan energi yang lebih tinggi menuju posisi dengan energi lebih rendah. Selanjutnya dilakukan penilaian resiko penumpang lain akan mudah tertular bila terdapat aliran udara pembawa virus disekitar kepalanya. Selanjutnya, dilakukan analisa penyebaran virus berdasarkan karakteristik aliran menggunakan software ANSYS FLUENT 19.1.



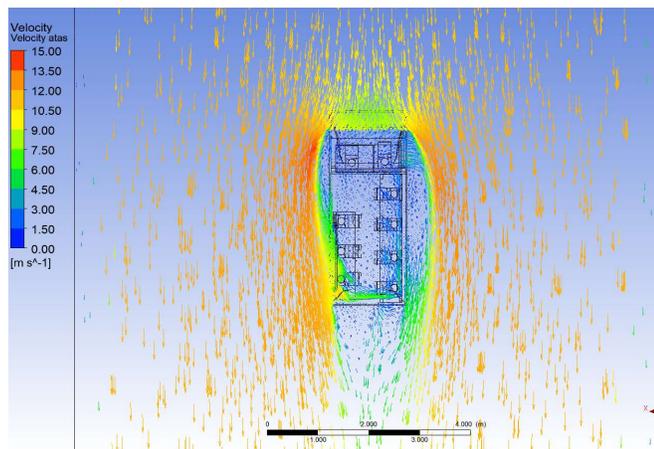
Gambar 4.10 Bukaannya Jendela Variasi 2



(a) Pressure Contour

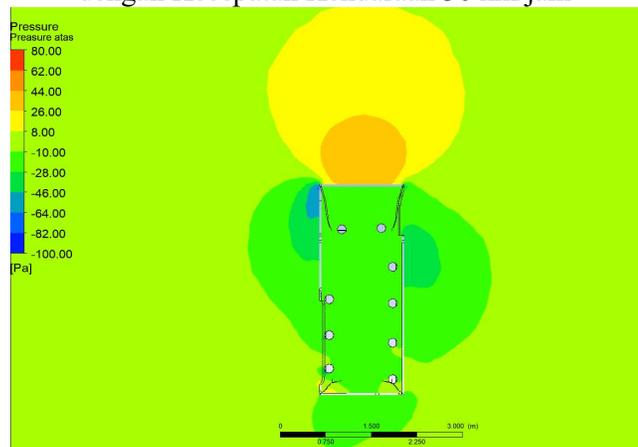


(b) Velocity Contour

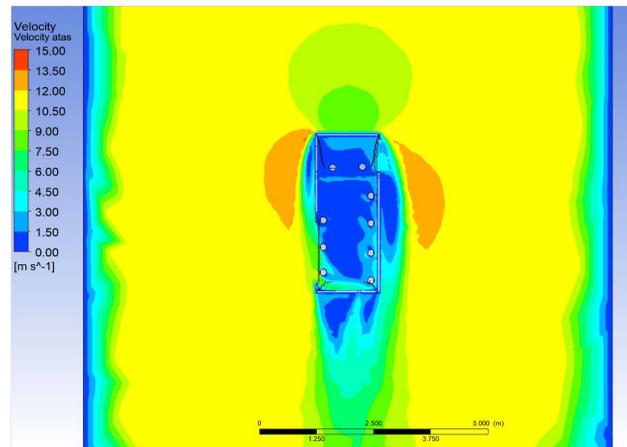


(c) Vector Velocity

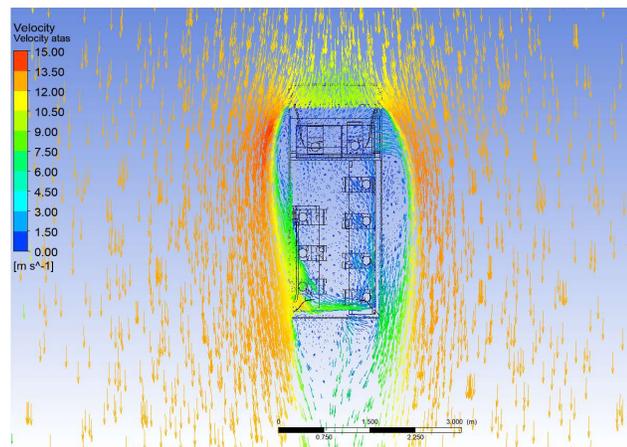
Gambar 4.11 Distribusi Tekanan dan Kecepatan Udara pada Variasi Buka-an Jendela 2 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam



(a) Pressure Contour



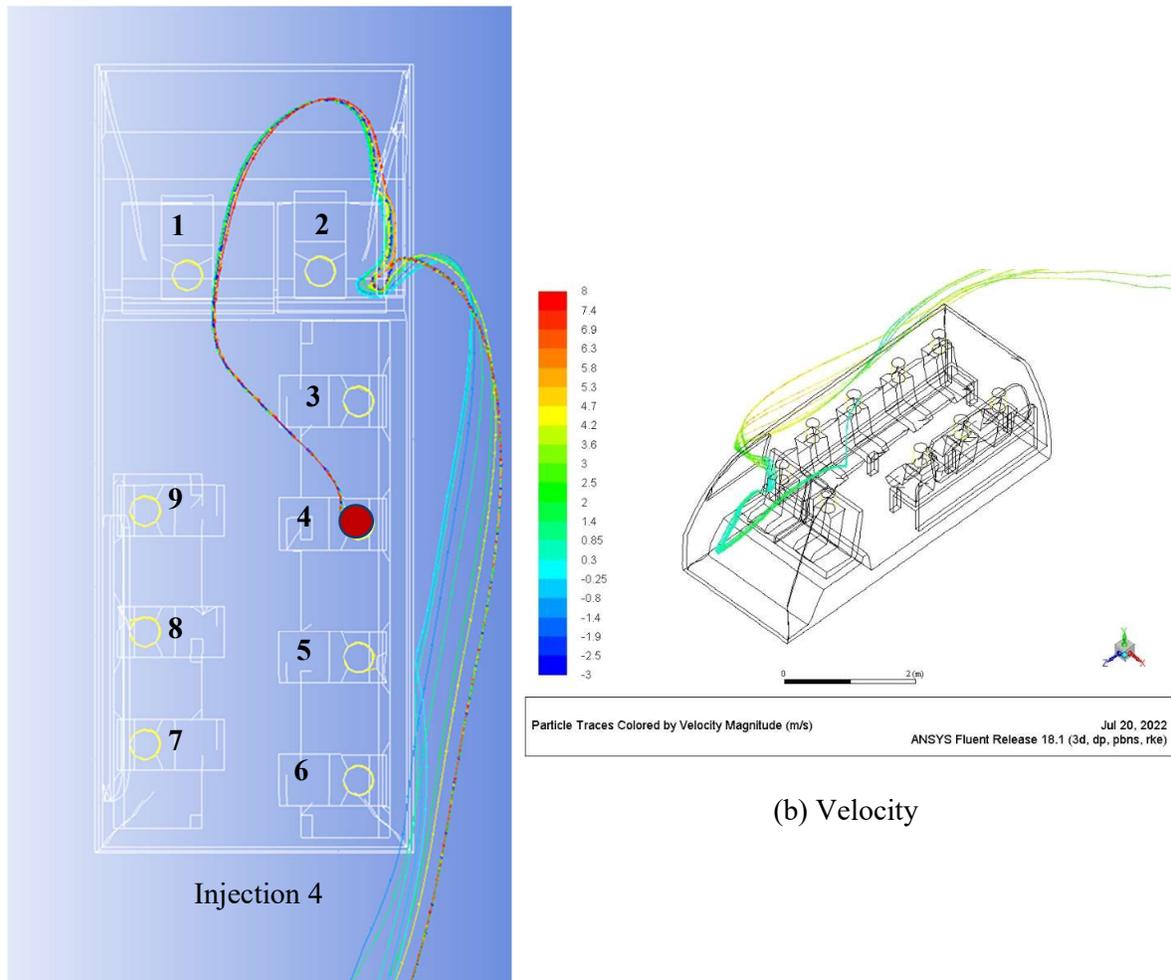
(b) Velocity Contour



(c) Vector Velocity

Gambar 4.12 Distribusi Tekanan dan Kecepatan Udara pada Variasi Buka-an Jendela 2 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam

4.2.1 Penyebaran Droplet Kecepatan Kendaraan 30 km/jam

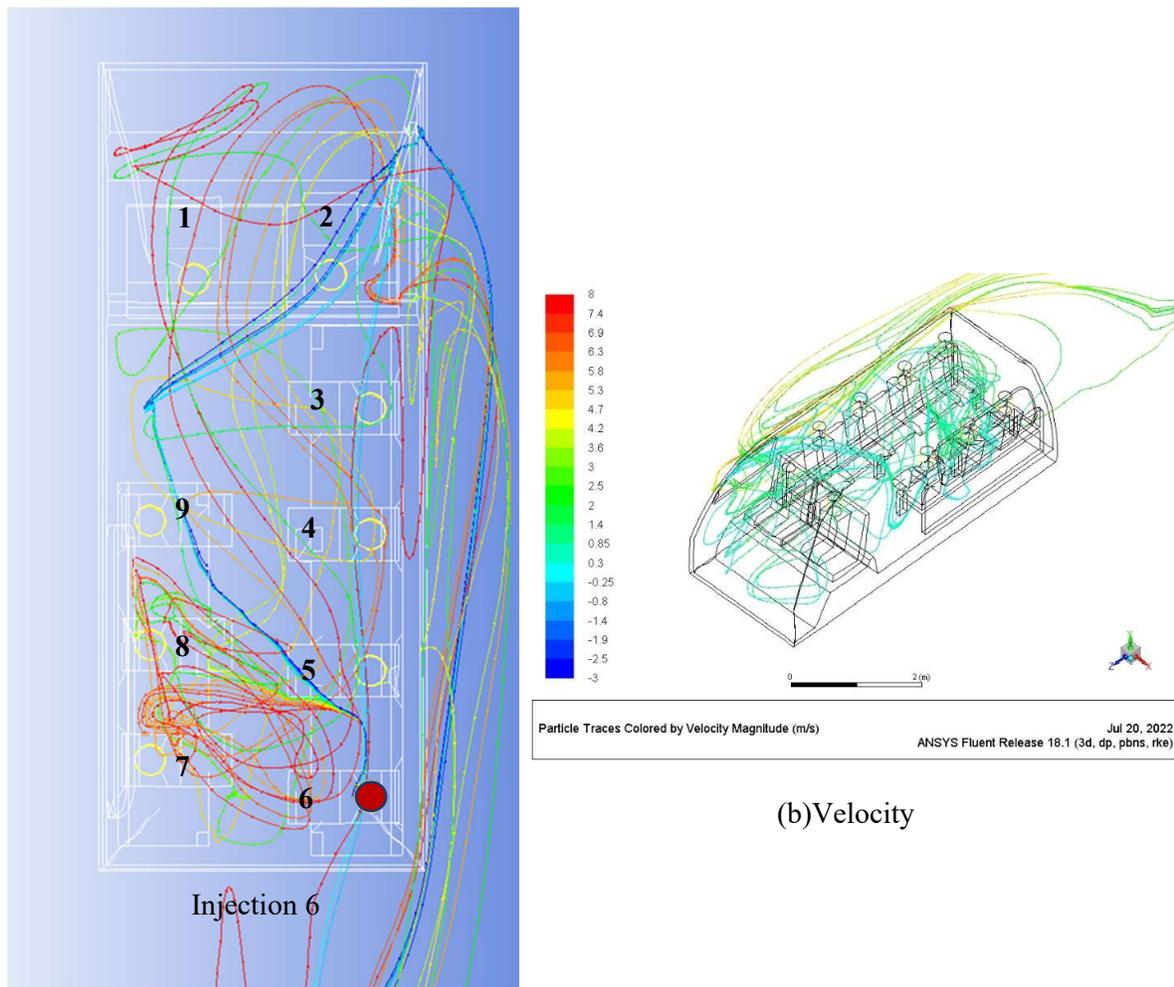


(a) Partikel id

(b) Velocity

Gambar 4.13 Penyebaran Udara Titik 4 pada Variasi Buka-an Jendela 2 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam

Pada Gambar 4.13 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 4, variasi bukaan jendela 2 dan kecepatan angkutan umum yaitu 30 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bila semua tempat duduk relatif aman dari penyebaran virus. Namun bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi virus yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk relatif aman berada pada titik 5, 6, 7, 8 dan 9 dilihat dari aliran disekitar kepala penumpang paling sedikit dan jaraknya yang relatif jauh. Sedangkan posisi duduk yang paling tidak aman yaitu ada pada titik 1.

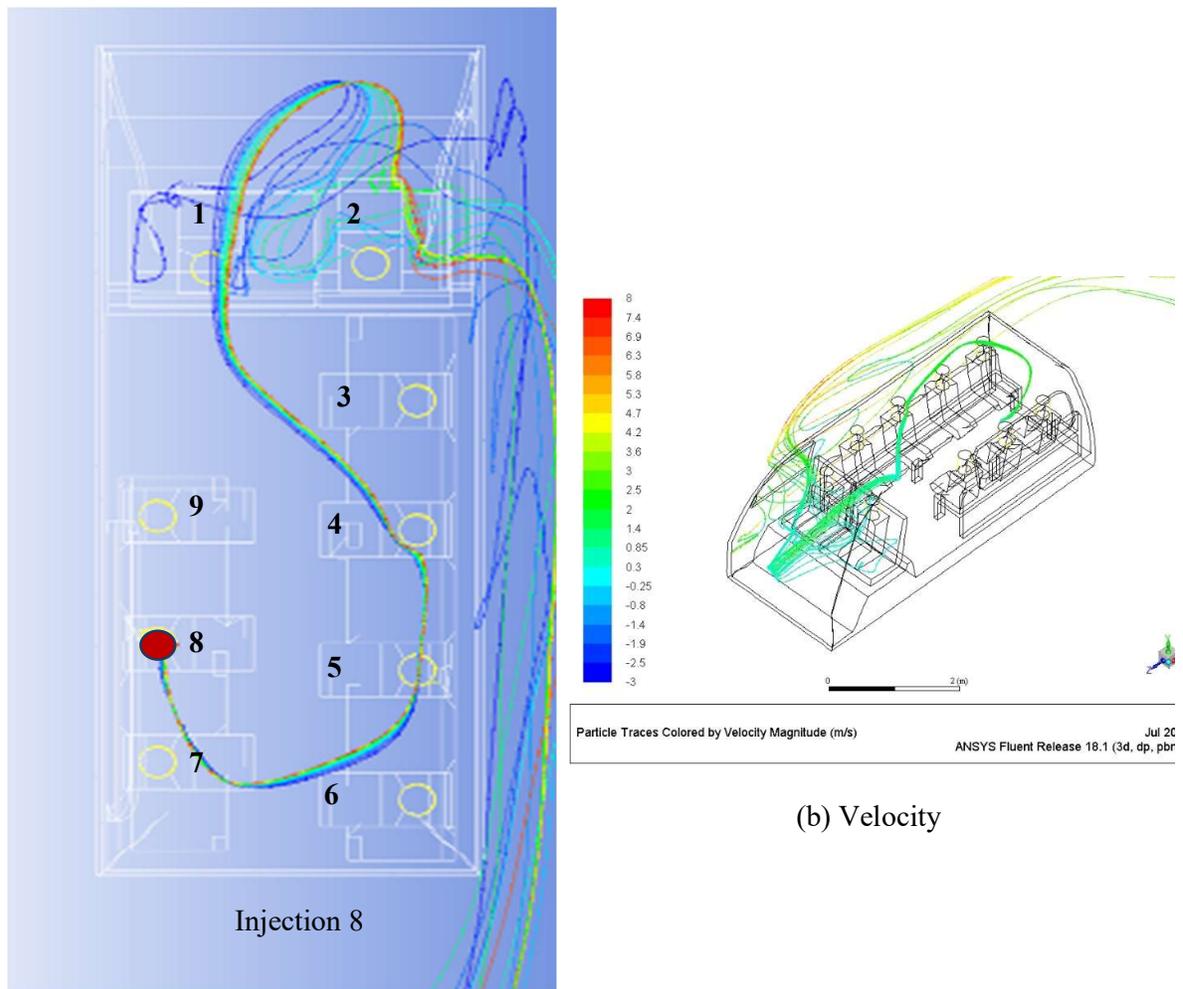


(a) Partikel id

(b) Velocity

Gambar 4.14 Penyebaran Udara Titik 6 pada Variasi Bukaannya Jendela 2 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam

Pada Gambar 4.14 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 6, variasi bukanya jendela 2 dan kecepatan angkutan umum yaitu 30 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa setiap tempat duduk relatif tidak aman dari penyebaran virus. Bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk relatif aman berada pada titik 9 dilihat dari aliran disekitar kepala penumpang paling sedikit dan jaraknya yang relatif jauh. Sedangkan posisi duduk yang paling tidak aman yaitu ada pada titik 7 dan 8.



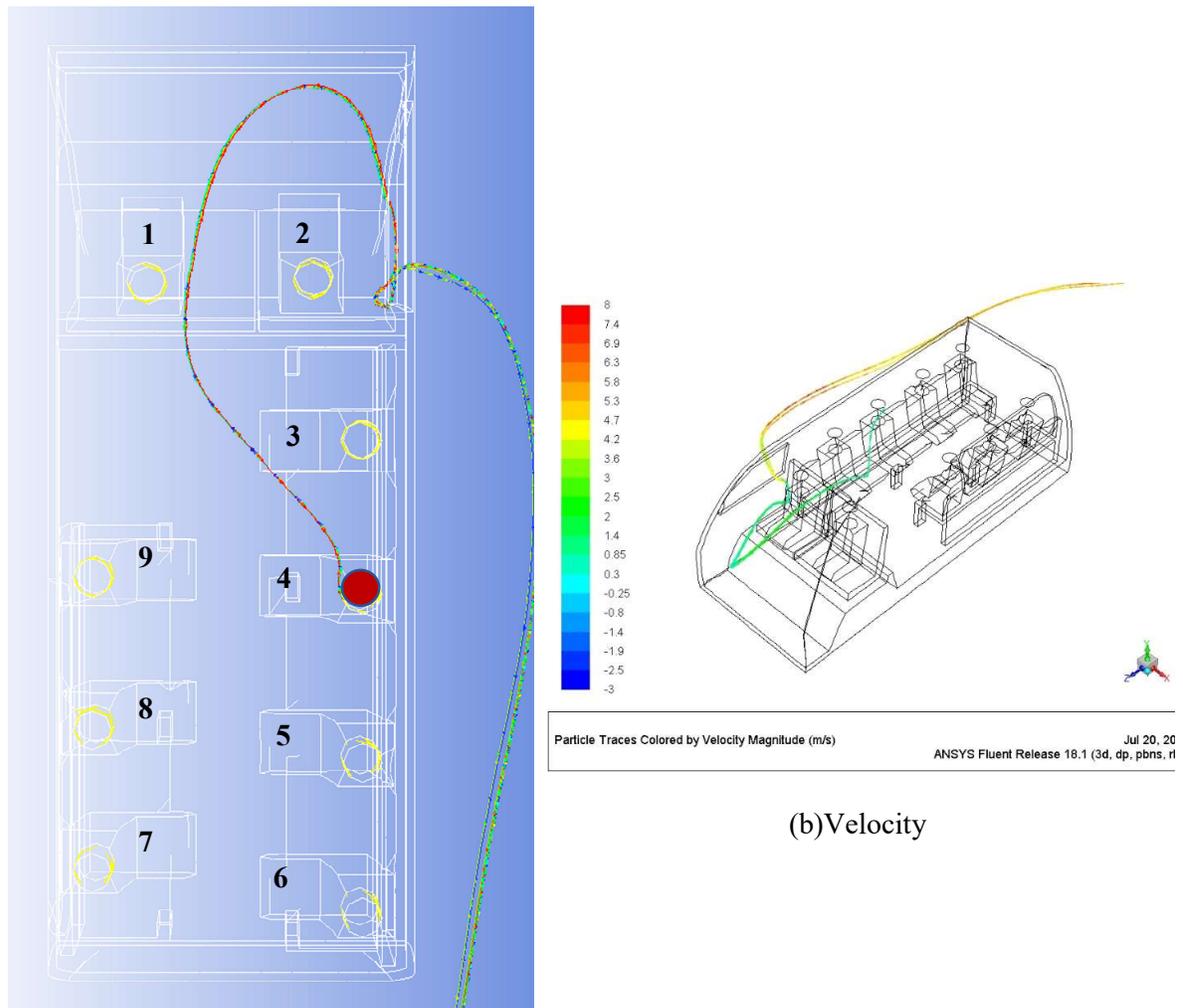
(a) Partikel id

(b) Velocity

Gambar 4.15 Penyebaran Udara Titik 8 pada Variasi Bukaannya 2 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam

Pada Gambar 4.15 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 8, variasi bukaan jendela 2 dan kecepatan angkutan umum yaitu 30 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa tempat duduk relatif aman berada pada titik 9 dilihat dari aliran disekitar kepala penumpang paling sedikit. Sedangkan posisi duduk yang paling bahaya yaitu ada pada titik 1 dan 2, ditunjukkan dengan banyaknya jumlah aliran disekitar kepala penumpang.

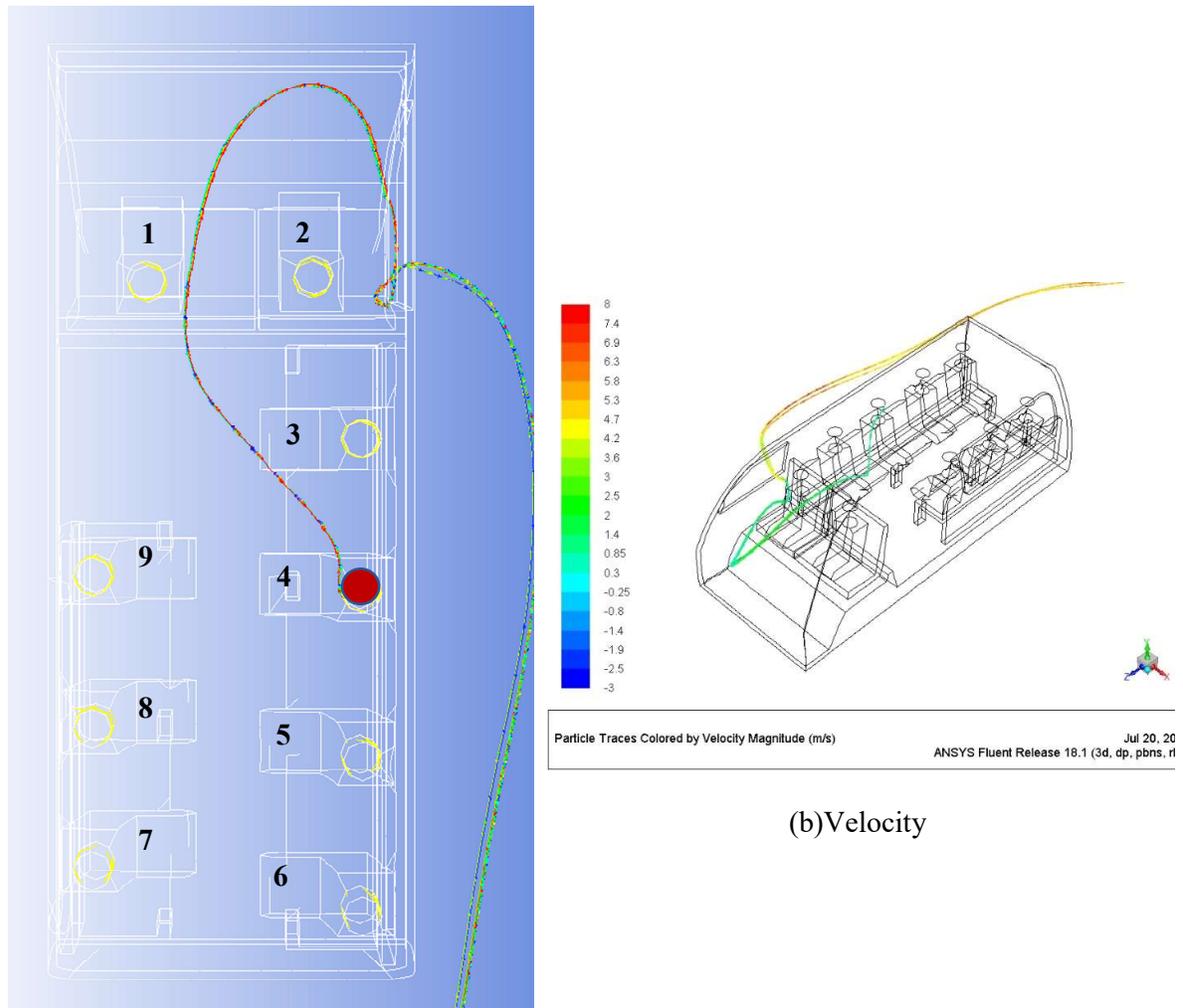
4.2.2 Penyebaran Droplet Kecepatan Kendaraan 40 km/jam



(a) Partikel id

(b) Velocity

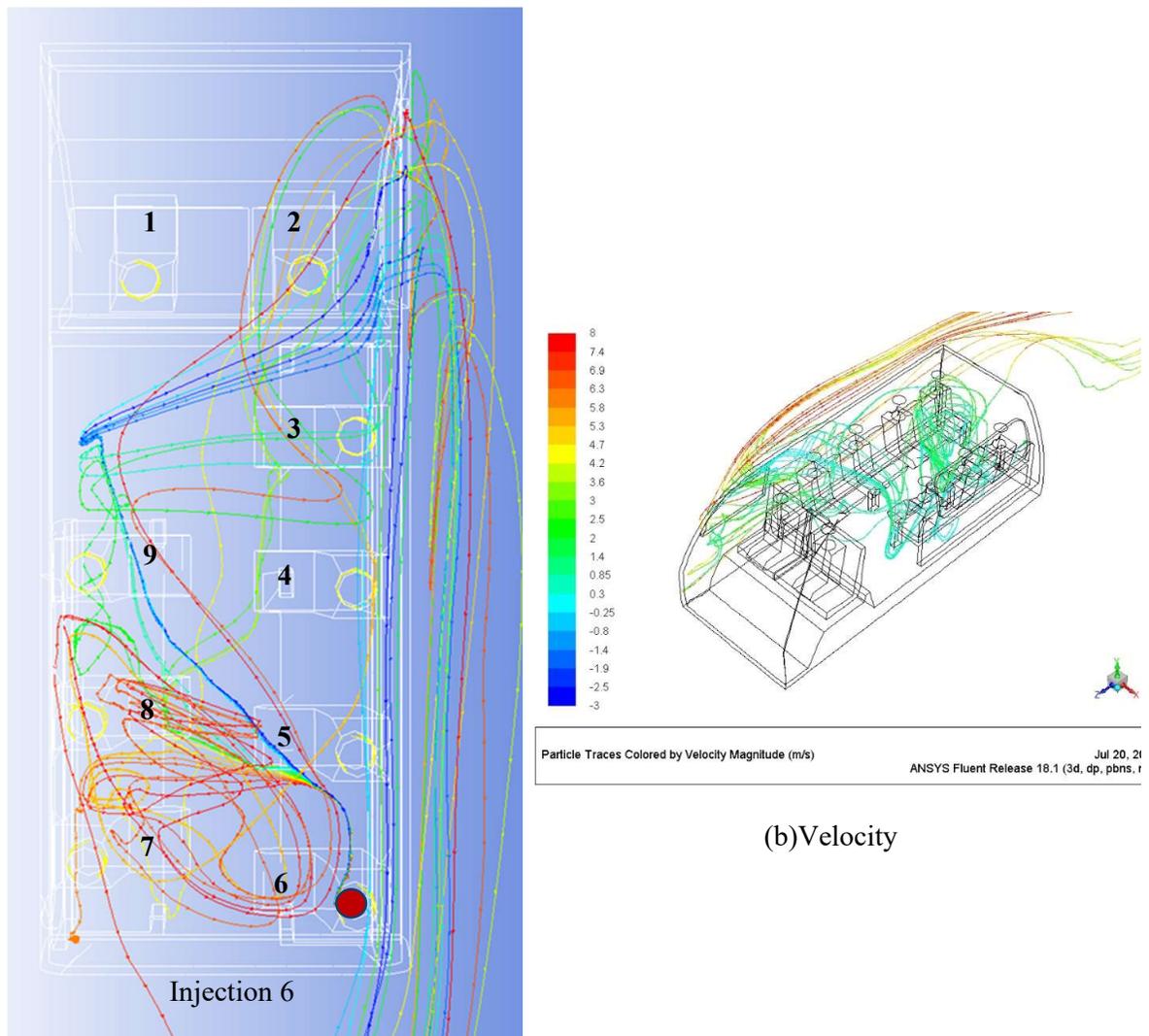
Gambar 4.16 Penyebaran Udara Titik 4 pada Variasi Bukaannya 2 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam



(a) Partikel id

(b) Velocity

Gambar 4.16 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 4, variasi bukaan jendela 2 dan kecepatan angkutan umum yaitu 40 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bila semua tempat duduk relatif aman dari penyebaran virus. Namun bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk yang aman berada pada titik 5, 6, 7, 8 dan 9 dilihat dari aliran disekitar kepala penumpang paling sedikit. Sedangkan posisi duduk yang paling bahaya yaitu ada pada titik 1.

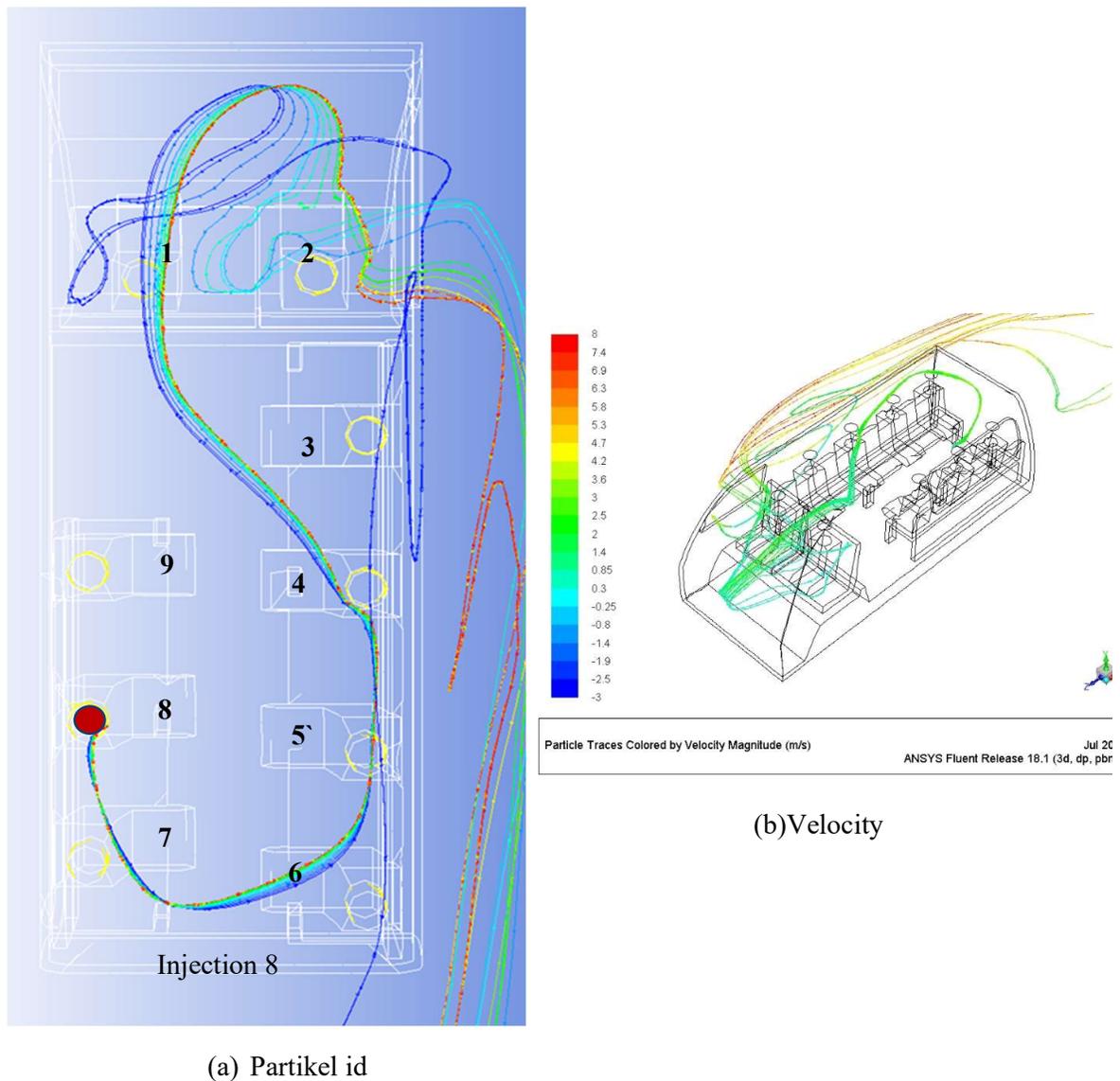


(a) Partikel id

(b) Velocity

Gambar 4.17 Penyebaran Udara Titik 6 pada Variasi Bukaannya Jendela 2 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam

Pada Gambar 4.17 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 6, variasi bukaan jendela 3 dan kecepatan angkutan umum yaitu 40 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa penyebaran virus relatif luas dan hampir mengenai kepala setiap penumpang. Namun bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk relatif aman berada pada titik 1 dilihat dari jarak aliran terdekat yang relatif jauh dari kepala penumpang.



(a) Partikel id

(b) Velocity

Gambar 4.18 Penyebaran Udara Titik 6 pada Variasi Bukaannya 2 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam

Pada Gambar 4.18 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 8, variasi bukaan jendela 2 dan kecepatan angkutan umum yaitu 40 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk relatif aman berada pada titik 9 dilihat dari aliran disekitar kepala penumpang paling sedikit.

Bila dibandingkan kecepatan kendaraan 30 km/jam dan 40 km/jam pada hasil simulasi dengan bukaan jendela variasi 2, kondisi yang paling membahayakan penumpang didalam angkutan umum yaitu bila kendaraan melaju dengan kecepatan 30 km/s dengan sumber injeksi dipenumpang nomor 6 dan kecepatan 40 km/s dengan sumber injeksi dipenumpang nomor 6. Sedangkan yang risiko penyebarannya paling kecil yaitu bila kendaraan melaju

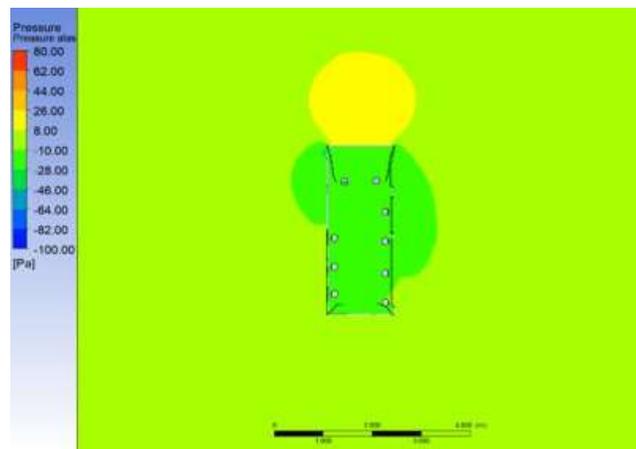
dengan kecepatan 30km/s dengan sumber injeksi dipenumpang nomor 4 dan kecepatan 40 km/s dengan sumber injeksi dipenumpang nomor 4.

4.3 Bukaan Jendela Variasi 3

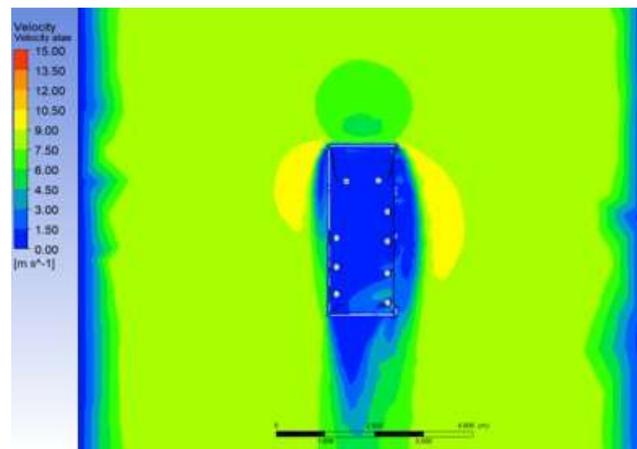
Angkutan umum yang tidak menggunakan Air Conditioner (AC) membuka sebagian jendela sebagai sumber aliran udara. Pada tugas akhir ini dilakukan analisa penyebaran droplet virus dalam keadaan kecepatan kendaraan 30 km/jam dan 40 km/jam. Pada variasi ini jendela yang dibuka yaitu ketiga jendela di bagian kanan supir dari depan hingga belakang (Gambar 4.19). Dalam hal ini, virus yang akan terbawa dalam aliran udara diasumsikan sebagai partikel yang berupa water-liquid dan inert, dengan interval diameter partikel antara 1 mikron sampai 5 mikron dan flowrate sebesar 10-20 kg/s. Partikel tersebut diinjeksikan dari lokasi tempat duduk penumpang yang kita inginkan dalam simulasi yaitu pada titik 4, 6 dan 8. Selanjutnya dilakukan penilaian resiko penumpang lain akan mudah tertular bila terdapat aliran udara pembawa virus disekitar kepalanya. Selanjutnya, dilakukan analisa penyebaran virus berdasarkan karakteristik aliran menggunakan software ANSYS FLUENT 19.1.



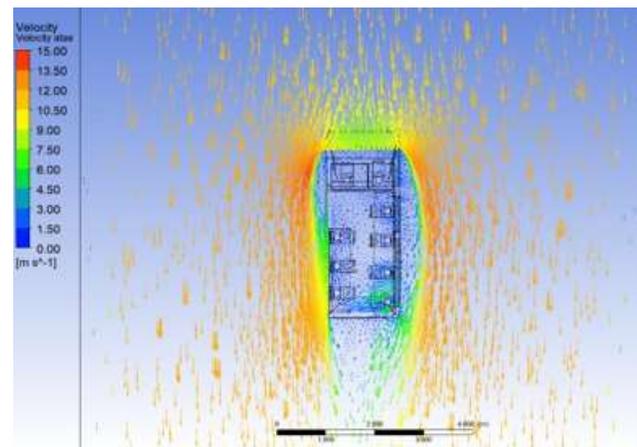
Gambar 4.19 Bukaan Jendela Variasi 3



(c) Pressure Contour

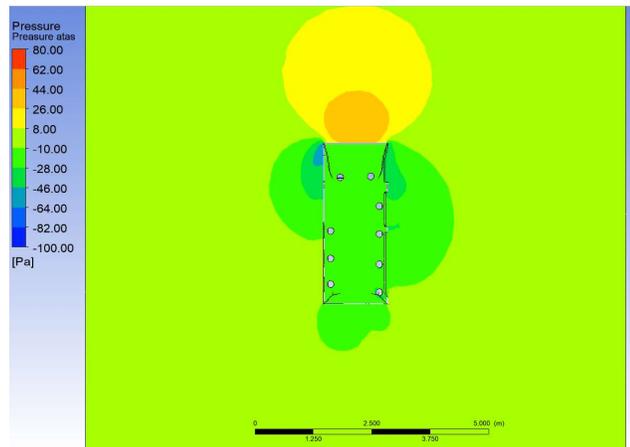


(d) Velocity Contour

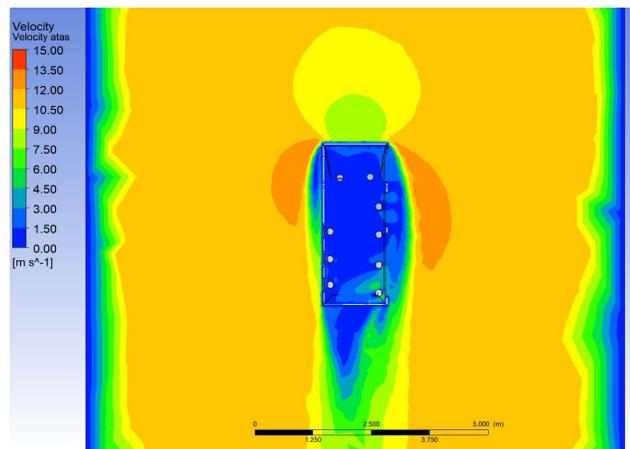


(c) Vector Velocity

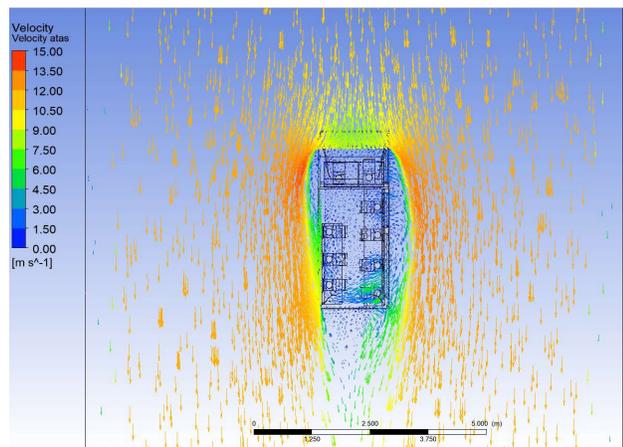
Gambar 4.20 Distribusi Tekanan dan Kecepatan Udara pada Variasi Buka-an Jendela 3 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam



(e) Pressure Contour



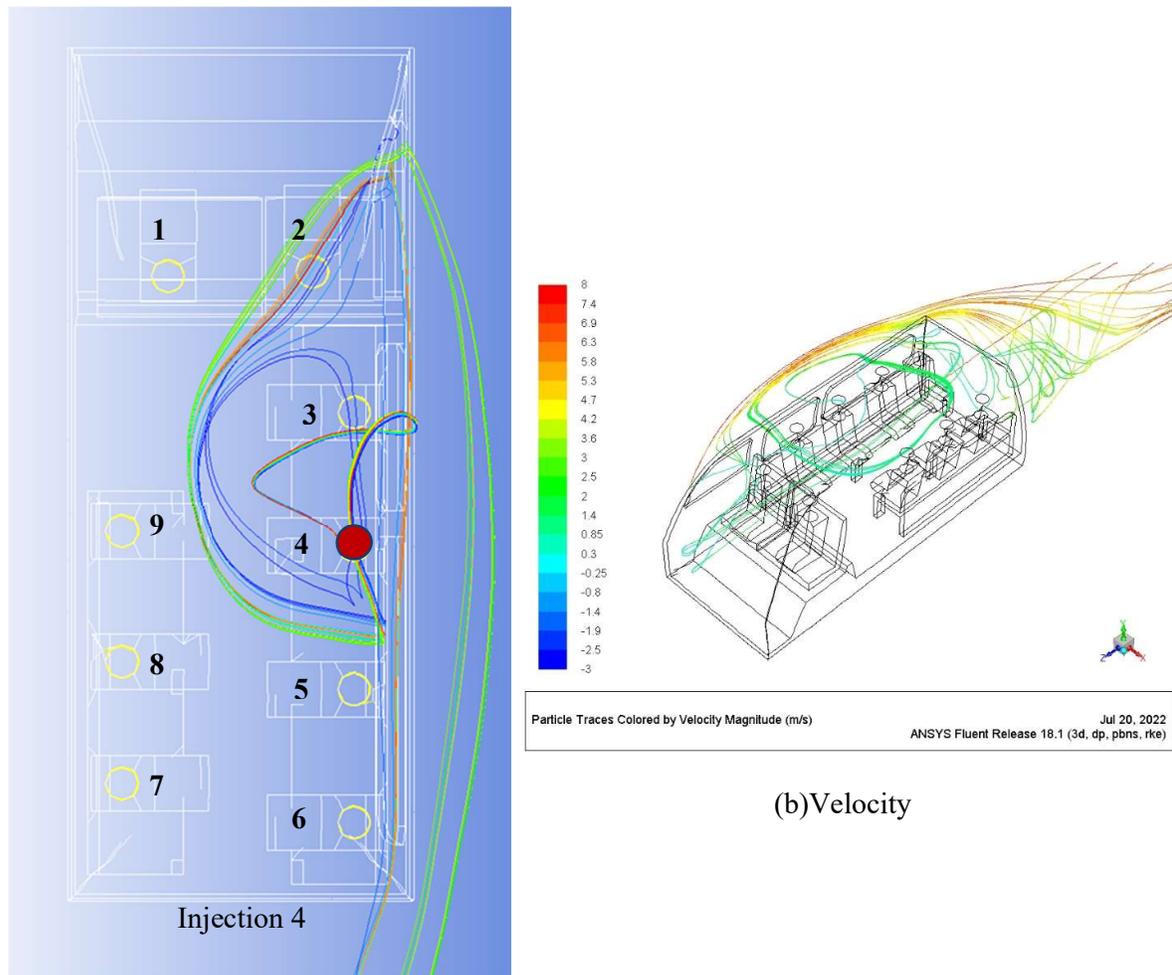
(f) Velocity Contour



(c) Vector Velocity

Gambar 4.21 Distribusi Tekanan dan Kecepatan Udara pada Variasi Bukaannya Jendela 3 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam

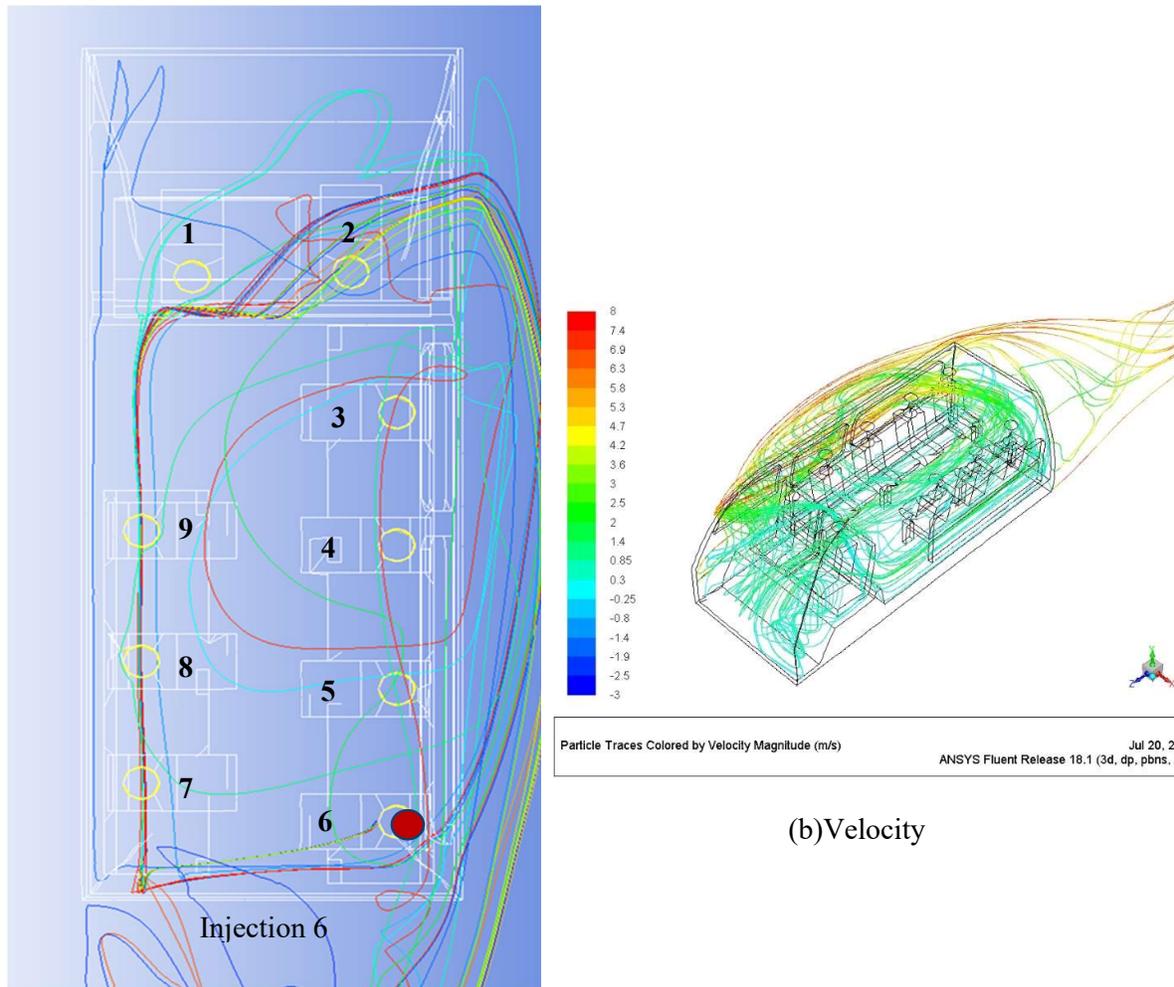
4.3.1 Penyebaran Droplet Kecepatan Kendaraan 30 km/jam



(a) Partikel id

Gambar 4.22 Penyebaran Udara Titik 4 pada Variasi Bukaannya Jendela 3 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam

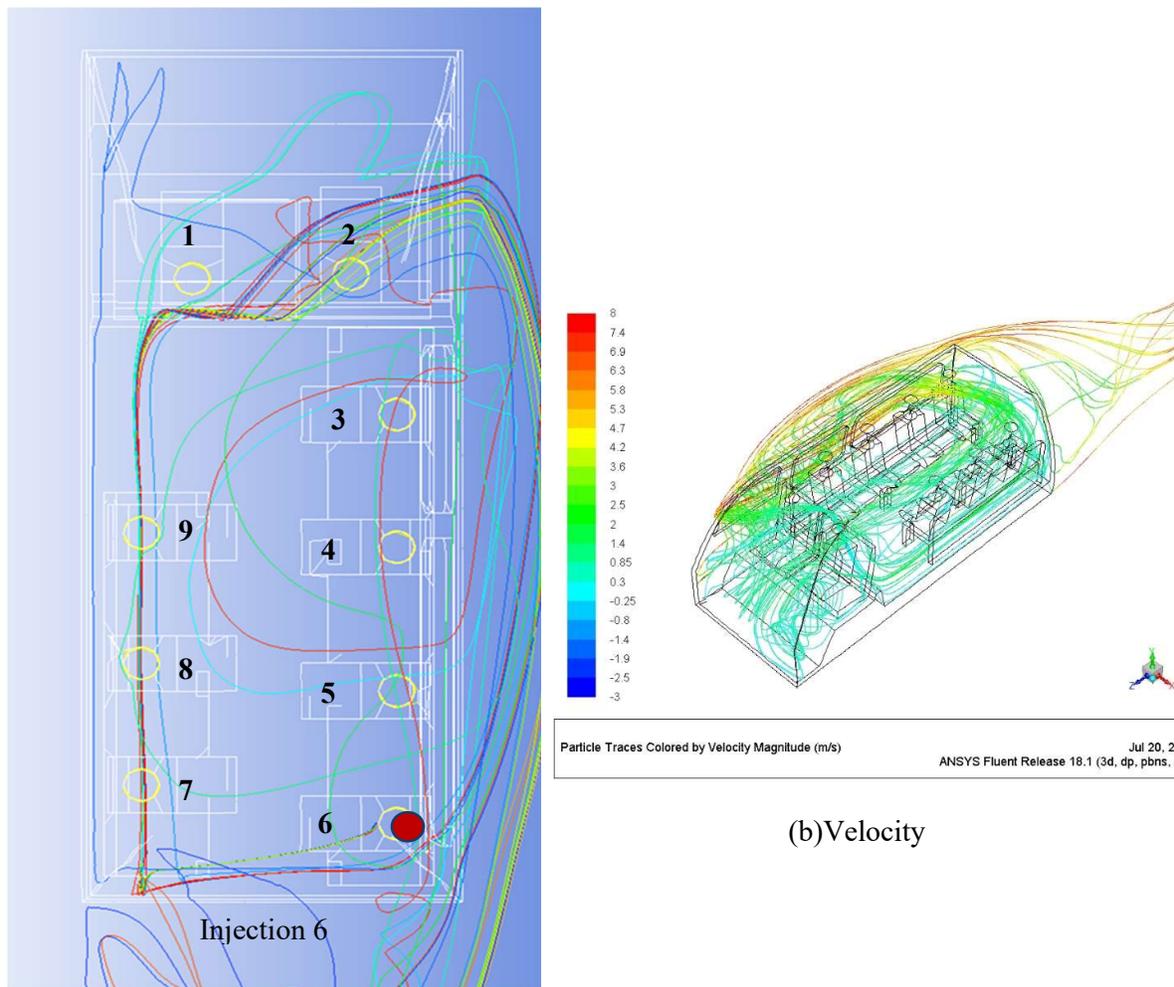
Pada Gambar 4.22 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 4, variasi bukaan jendela 3 dan kecepatan angkutan umum yaitu 30 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi virus yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk relatif aman berada pada titik 1, 9, 7, dan 8 dilihat dari aliran disekitar kepala penumpang paling sedikit dan jaraknya yang relatif jauh. Sedangkan posisi duduk yang paling tidak aman yaitu ada pada titik 2 dan 3.



(a) Partikel id

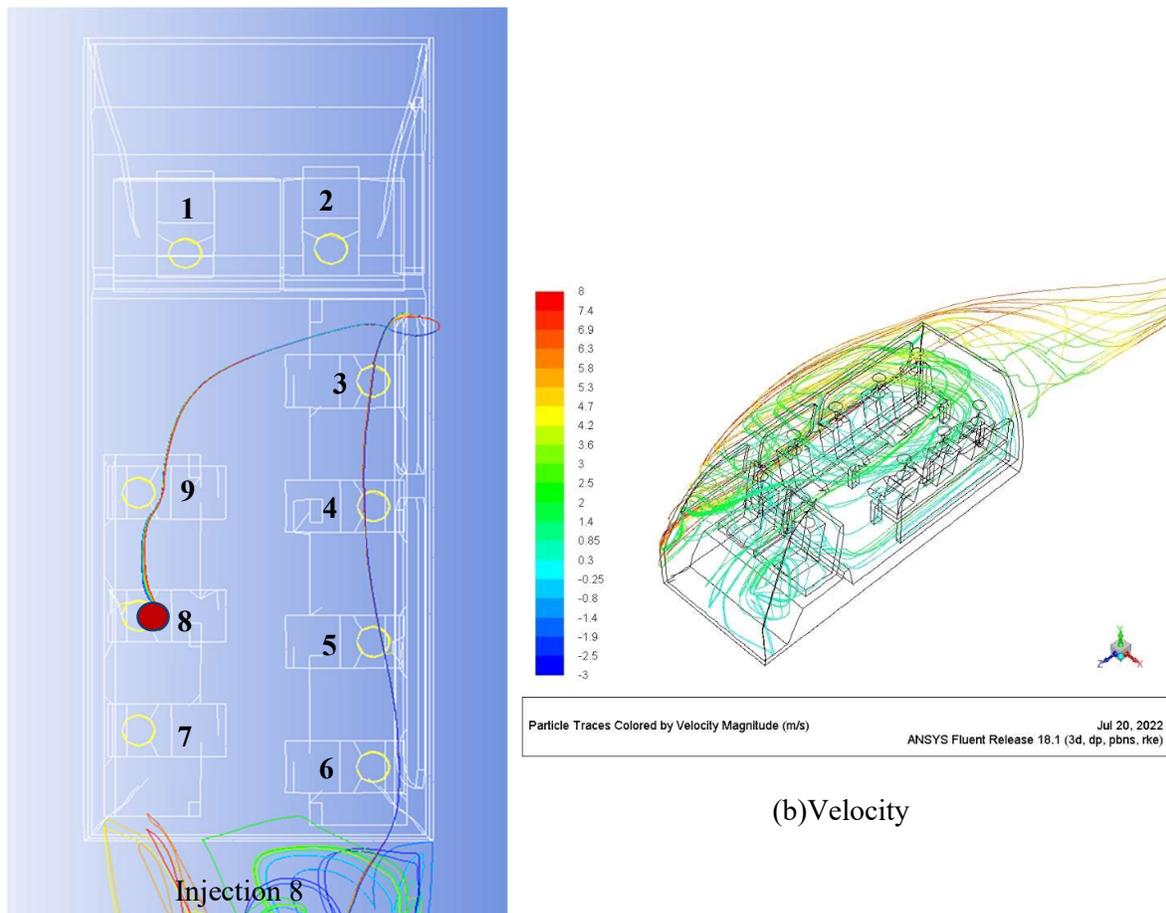
(b) Velocity

Gambar 4.23 Penyebaran Udara Titik 6 pada Variasi Bukaannya 3 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam



(b) Partikel id

Gambar 4.23 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 6, variasi bukaan jendela 3 dan kecepatan angkutan umum yaitu 30 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa setiap tempat duduk relatif tidak aman dari penyebaran virus. Bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk paling tidak aman yaitu ada pada titik 2.

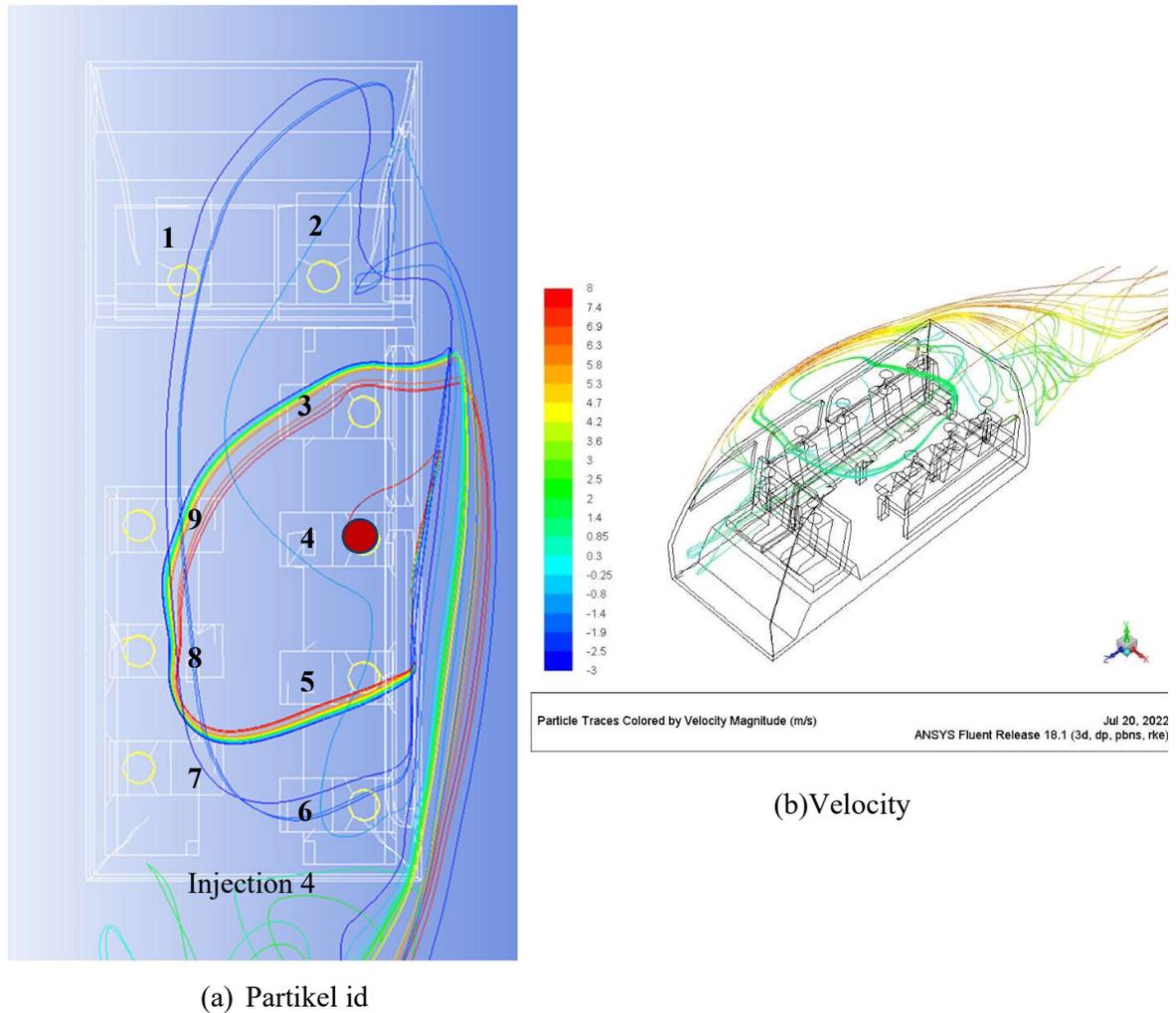


(a) Partikel id

Gambar 4.24 Penyebaran Udara Titik 8 pada Variasi Buka-an Jendela 3 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam

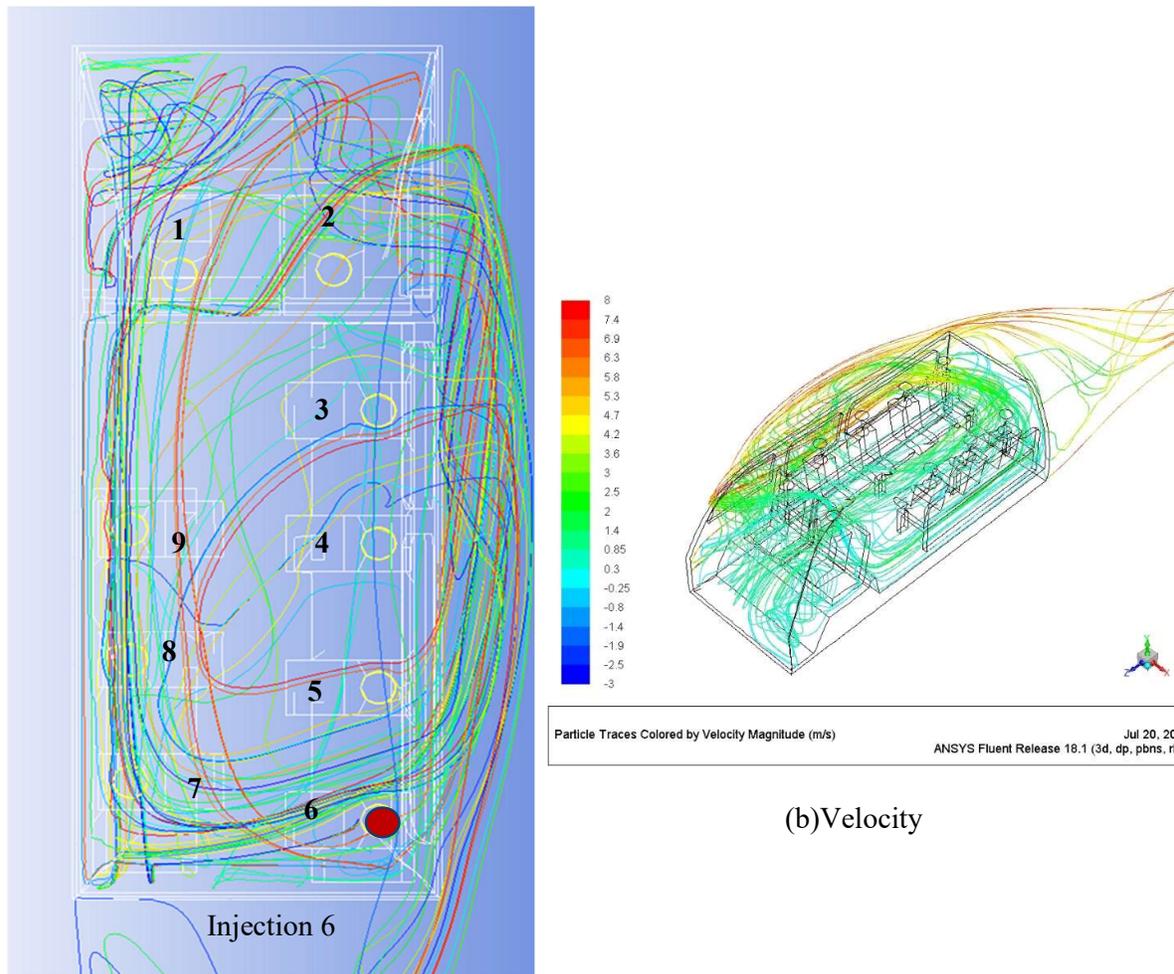
Pada Gambar 4.24 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 8, variasi bukaan jendela 3 dan kecepatan angkutan umum yaitu 30 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa tempat duduk relatif aman berada pada titik 9 dilihat dari aliran disekitar kepala penumpang paling sedikit. Sedangkan posisi duduk yang paling bahaya yaitu ada pada titik 1 dan 2, ditunjukkan dengan banyaknya jumlah aliran disekitar kepala penumpang.

4.3.2 Penyebaran Droplet Kecepatan Kendaraan 40 km/jam



Gambar 4. 25 Penyebaran Udara Titik 4 pada Variasi Bukaannya Jendela 3 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam

Pada Gambar 4. 25 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 4, variasi bukaan jendela 3 dan kecepatan angkutan umum yaitu 40 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa penyebaran meluas dan hampir mendekati semua penumpang. Namun bila dibandingkan berdasarkan aliran udara terinjeksi tempat duduk paling aman berada pada titik 7 dilihat dari aliran disekitar kepala penumpang paling sedikit.

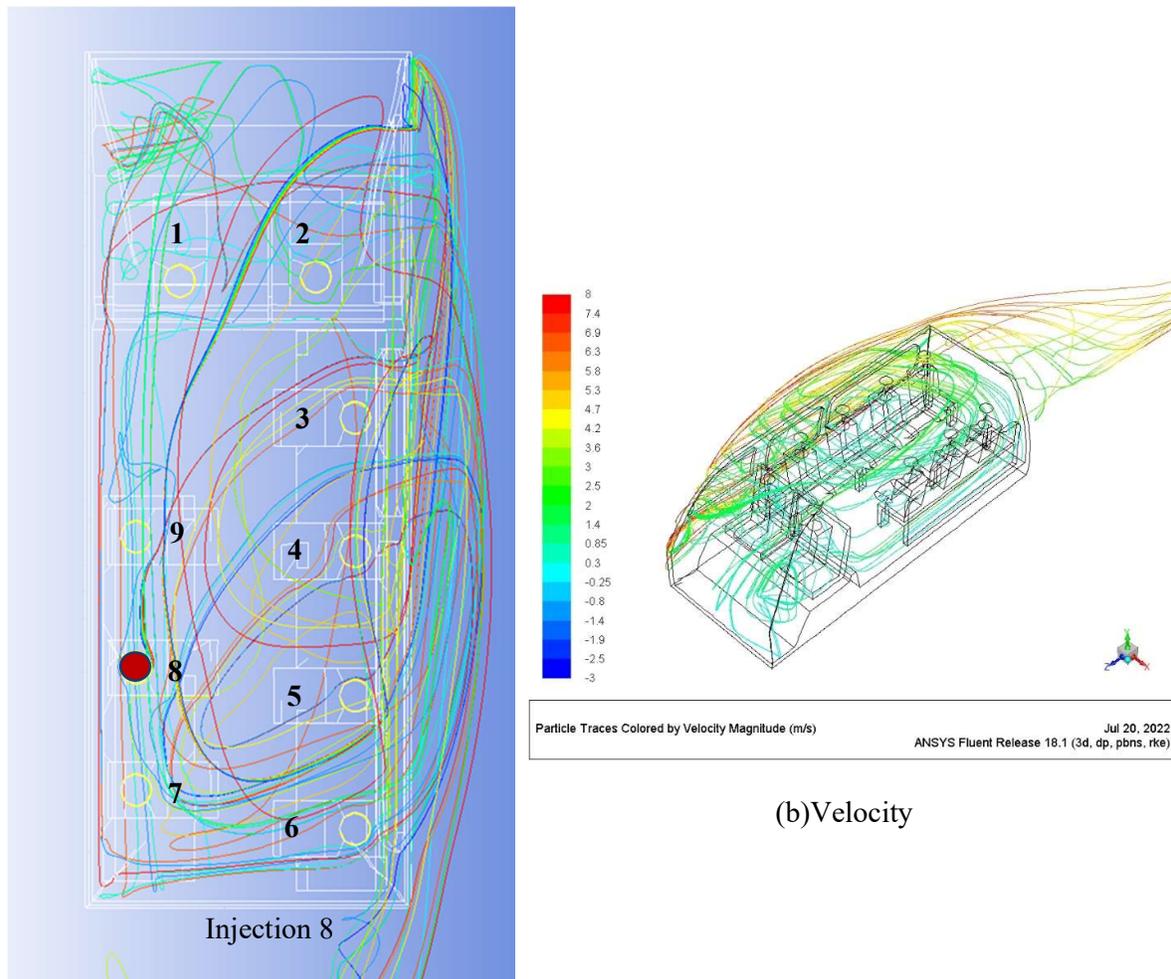


(a) Partikel id

(b) Velocity

Gambar 4.26 Penyebaran Udara Titik 6 pada Variasi Buka-an Jendela 3 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam

Gambar 4.26 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 6, variasi bukaan jendela 3 dan kecepatan angkutan umum yaitu 40 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa setiap tempat duduk tidak aman dari penyebaran partikel virus.



(a) Partikel id

Gambar 4.27 Penyebaran Udara Titik 8 pada Variasi Bukaannya 3 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam

Pada Gambar 4.27 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 8, variasi bukaan jendela 3 dan kecepatan angkutan umum yaitu 40 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa aliran udara terinjeksi begitu luas sehingga tidak ada satupun penumpang yang aman dari virus.

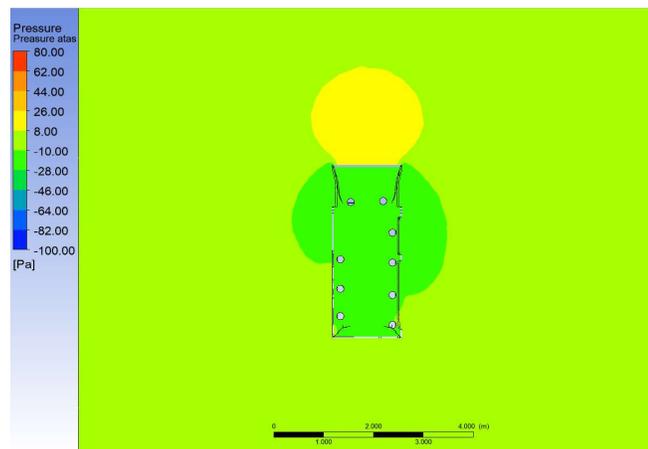
Bila dibandingkan kecepatan kendaraan 30 km/jam dan 40 km/jam pada hasil simulasi dengan bukaan jendela variasi 3, kondisi yang paling membahayakan penumpang didalam angkutan umum yaitu bila kendaraan melaju dengan kecepatan 40 km/jam dengan sumber injeksi penumpang nomor 6 dan 8. Sedangkan yang risiko penyebarannya paling kecil yaitu bila kendaraan melaju dengan kecepatan 30 km/jam dengan sumber injeksi penumpang nomor 8.

4.4 Buka an Jendela Variasi 4

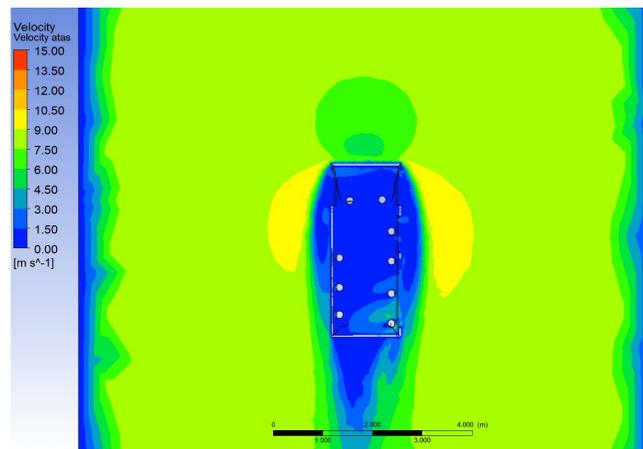
Angkutan umum yang tidak menggunakan Air Conditioner (AC) membuka sebagian jendela sebagai sumber aliran udara. Pada tugas akhir ini dilakukan analisa penyebaran droplet virus dalam keadaan kecepatan kendaraan 30 km/jam dan 40 km/jam. Pada variasi 4 jendela yang dibuka yaitu ketiga jendela di bagian kanan supir dan jendela bagian depan kiri supir (Gambar 4.28). Dalam hal ini, virus yang akan terbawa dalam aliran udara diasumsikan sebagai partikel yang berupa water-liquid dan inert, dengan interval diameter partikel antara 1 mikron sampai 5 mikron dan flowrate sebesar 10-20 kg/s. Partikel tersebut diinjeksikan dari lokasi tempat duduk penumpang yang kita inginkan dalam simulasi yaitu pada titik 4, 6 dan 8. Secara teoritis aliran akan mengalir dari posisi dengan energi tinggi menuju posisi dengan energi rendah. Dengan demikian partikel yang terbawa oleh aliran juga akan mengalir dari posisi dengan energi yang lebih tinggi menuju posisi dengan energi lebih rendah. Selanjutnya dilakukan penilaian resiko penumpang lain akan mudah tertular bila terdapat aliran udara pembawa virus disekitar kepalanya. Selanjutnya, dilakukan analisa penyebaran virus berdasarkan karakteristik aliran menggunakan software ANSYS FLUENT 19.1.



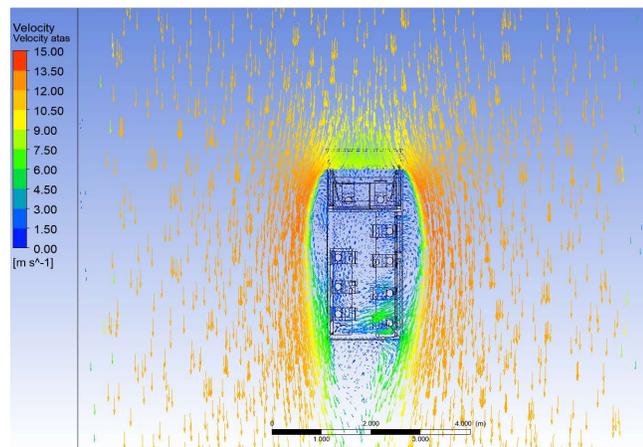
Gambar 4.28 Buka an Jendela Variasi 4



(a) Pressure Contour

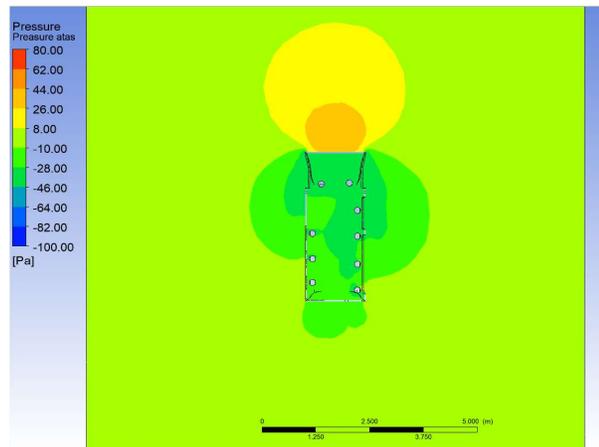


(b) Velocity Contour

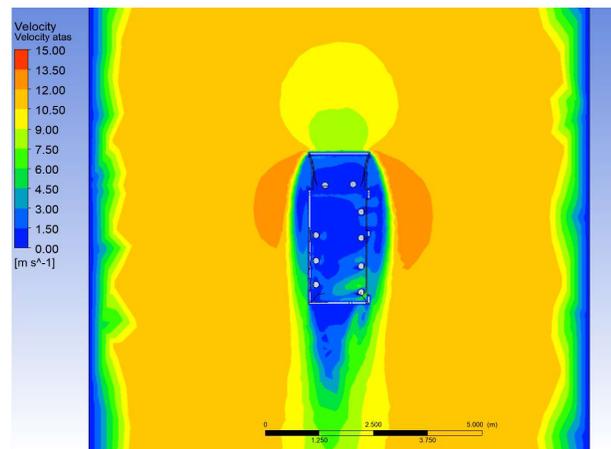


(c) Vector Velocity

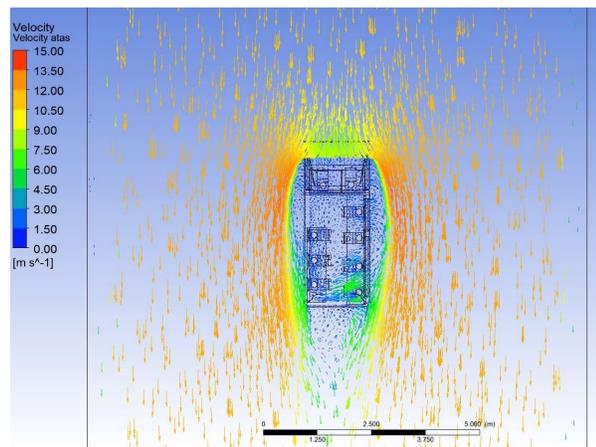
Gambar 4.29 Distribusi Tekanan dan Kecepatan Udara pada Variasi Buka-an Jendela 4 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam



(a) Pressure Contour



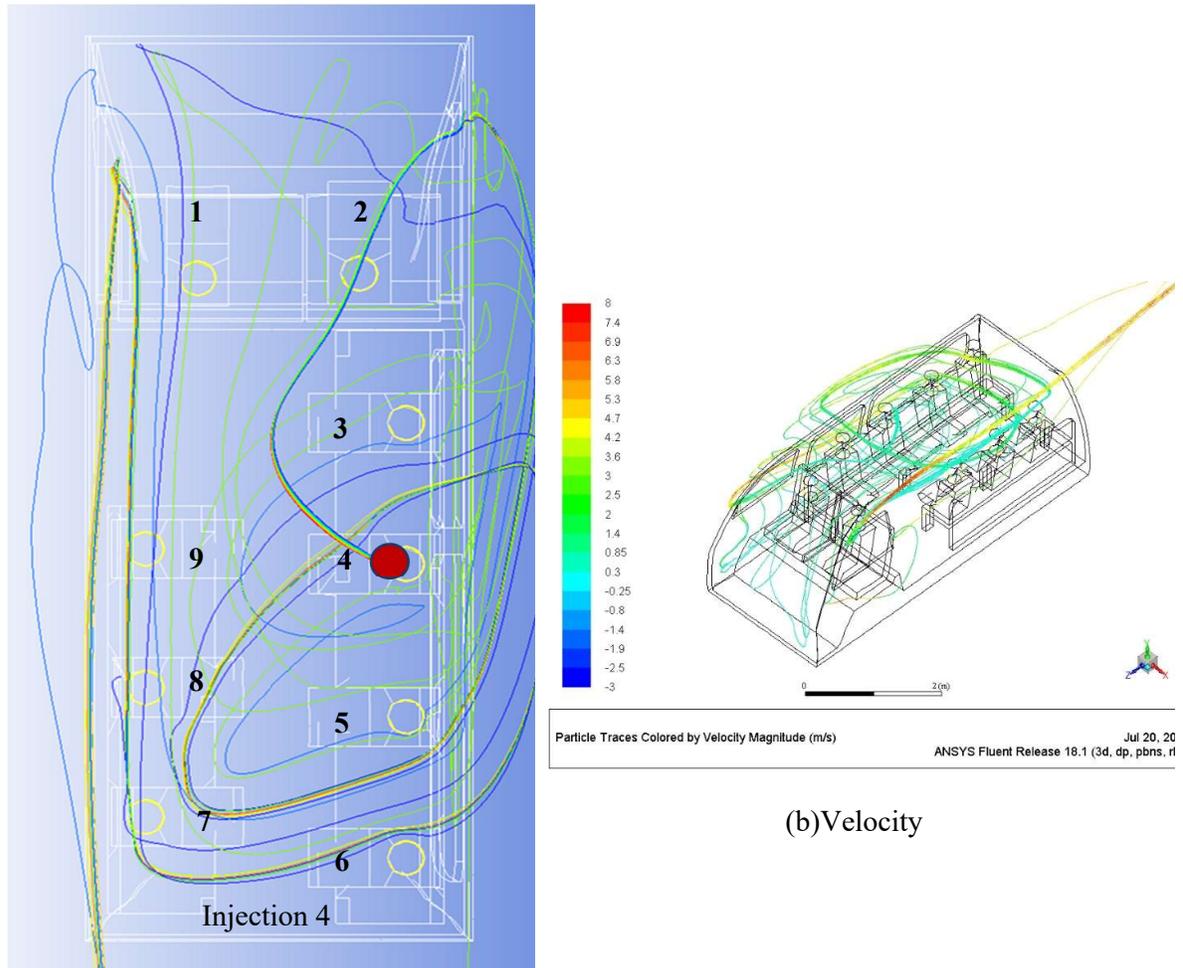
(b) Velocity Contour



(c) Vector Velocity

Gambar 4.30 Distribusi Tekanan dan Kecepatan Udara pada Variasi Buka-an Jendela 4 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam

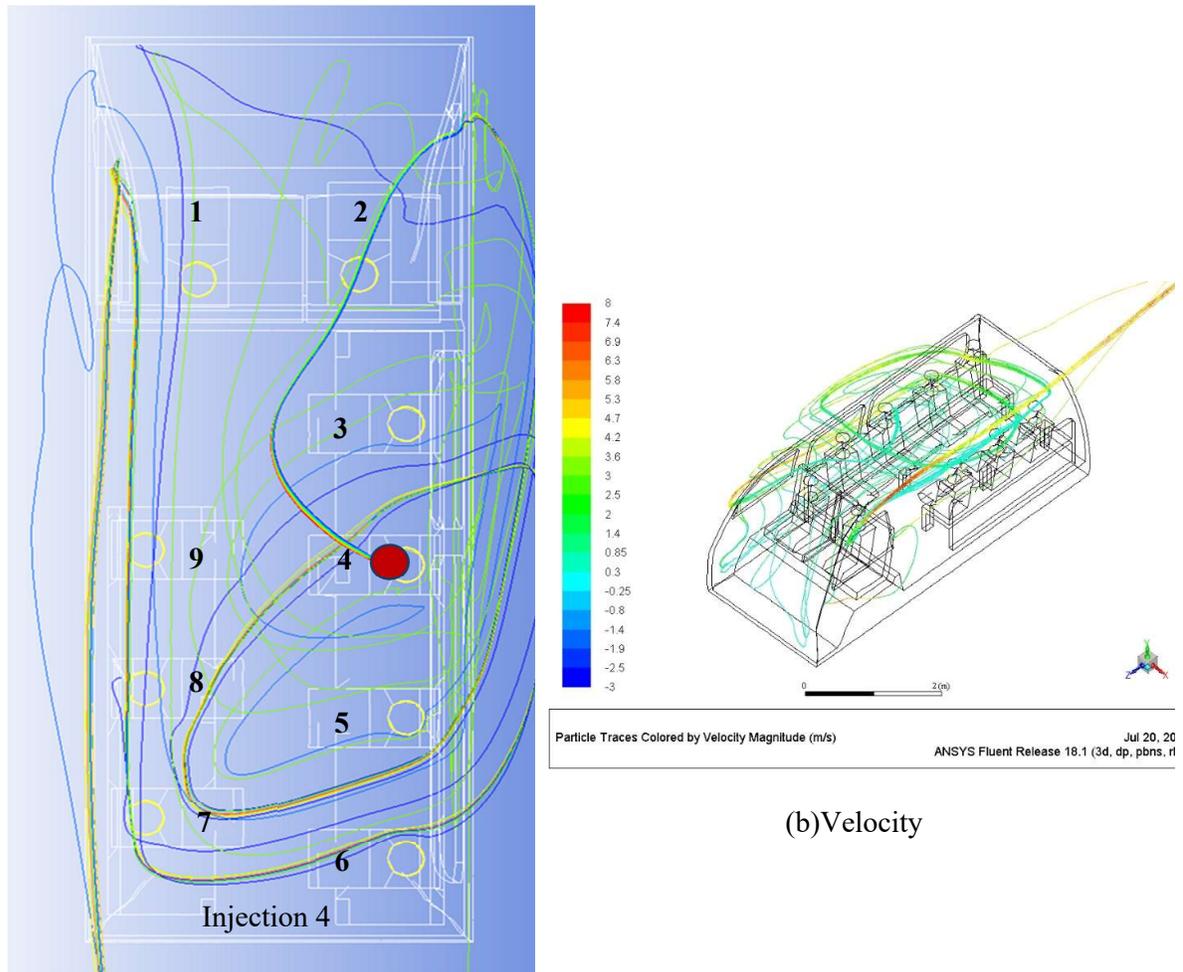
4.4.1 Penyebaran Droplet Kecepatan Kendaraan 30 km/jam



(a) Partikel id

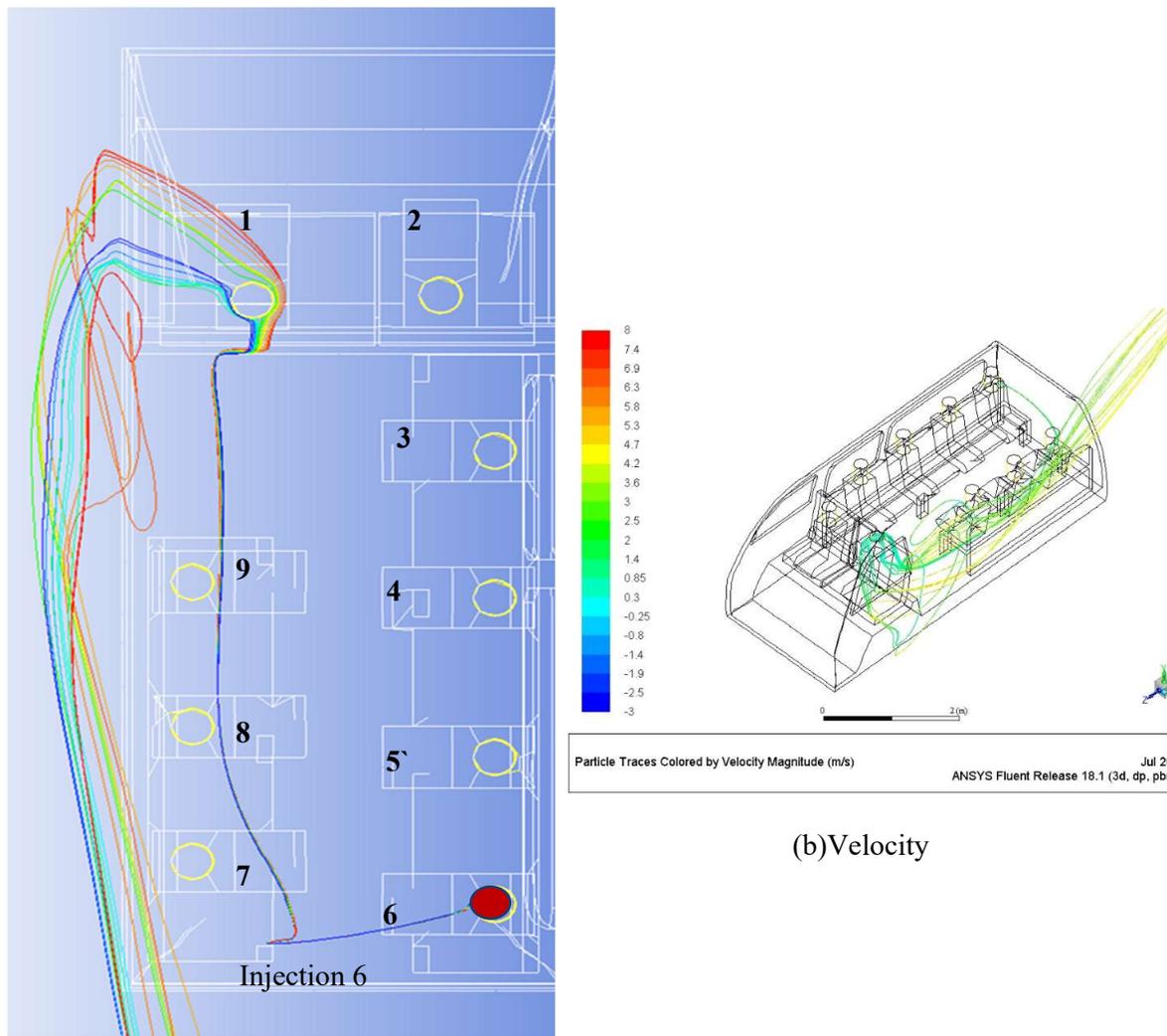
(b) Velocity

Gambar 4. 31 Penyebaran Udara Titik 4 pada Variasi Buka-an Jendela 4 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam



(a) Partikel id

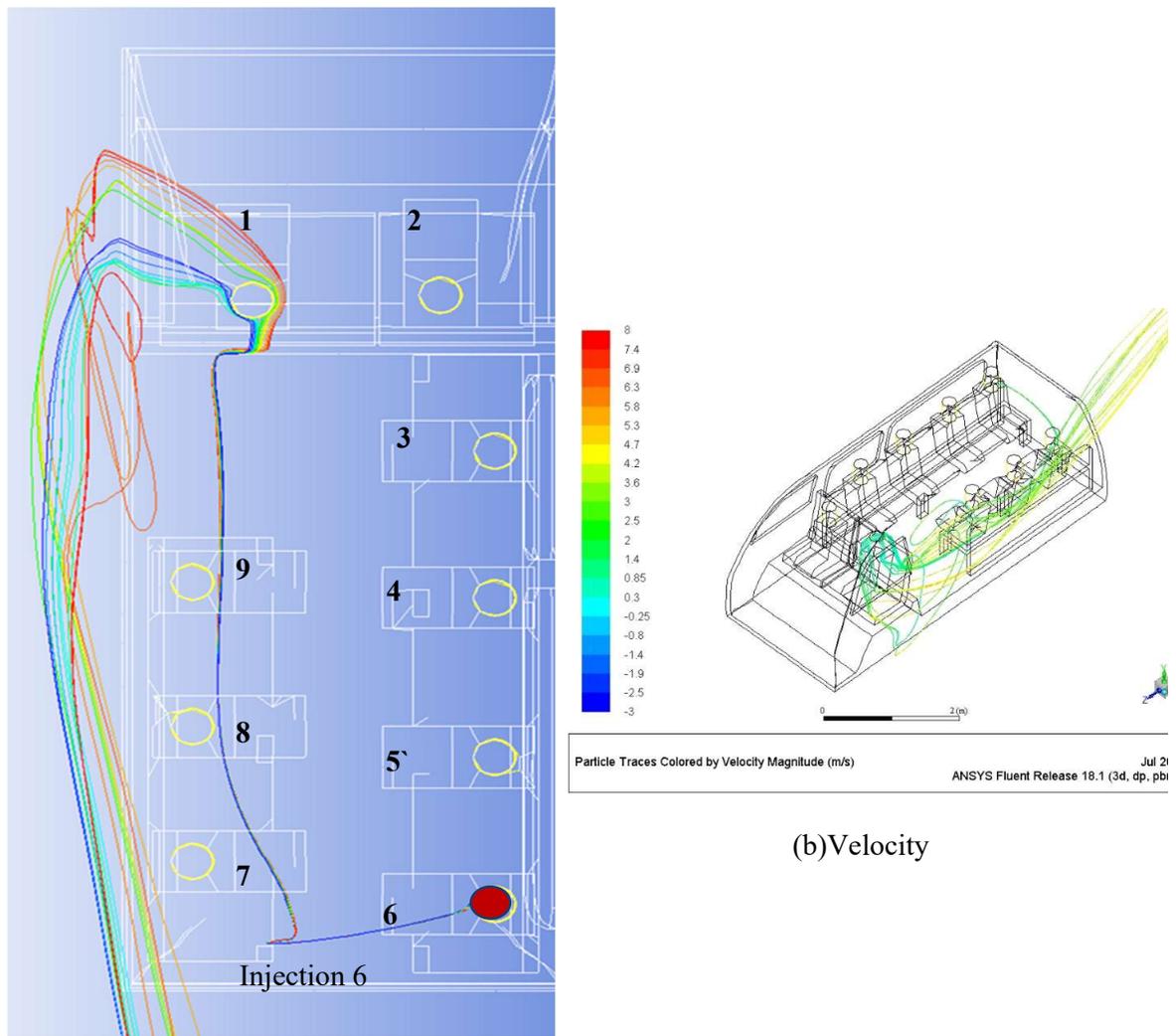
Gambar 4. 31 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 4, variasi bukaan jendela 4 dan kecepatan angkutan umum yaitu 30 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi virus yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk relatif aman berada pada titik 6 dilihat dari aliran disekitar kepala penumpang paling sedikit dan jaraknya yang relatif jauh. Sedangkan posisi duduk yang paling tidak aman yaitu ada pada titik 7 dan 1 ditunjukkan dengan banyaknya aliran disekitar kepala penumpang.



(a) Partikel id

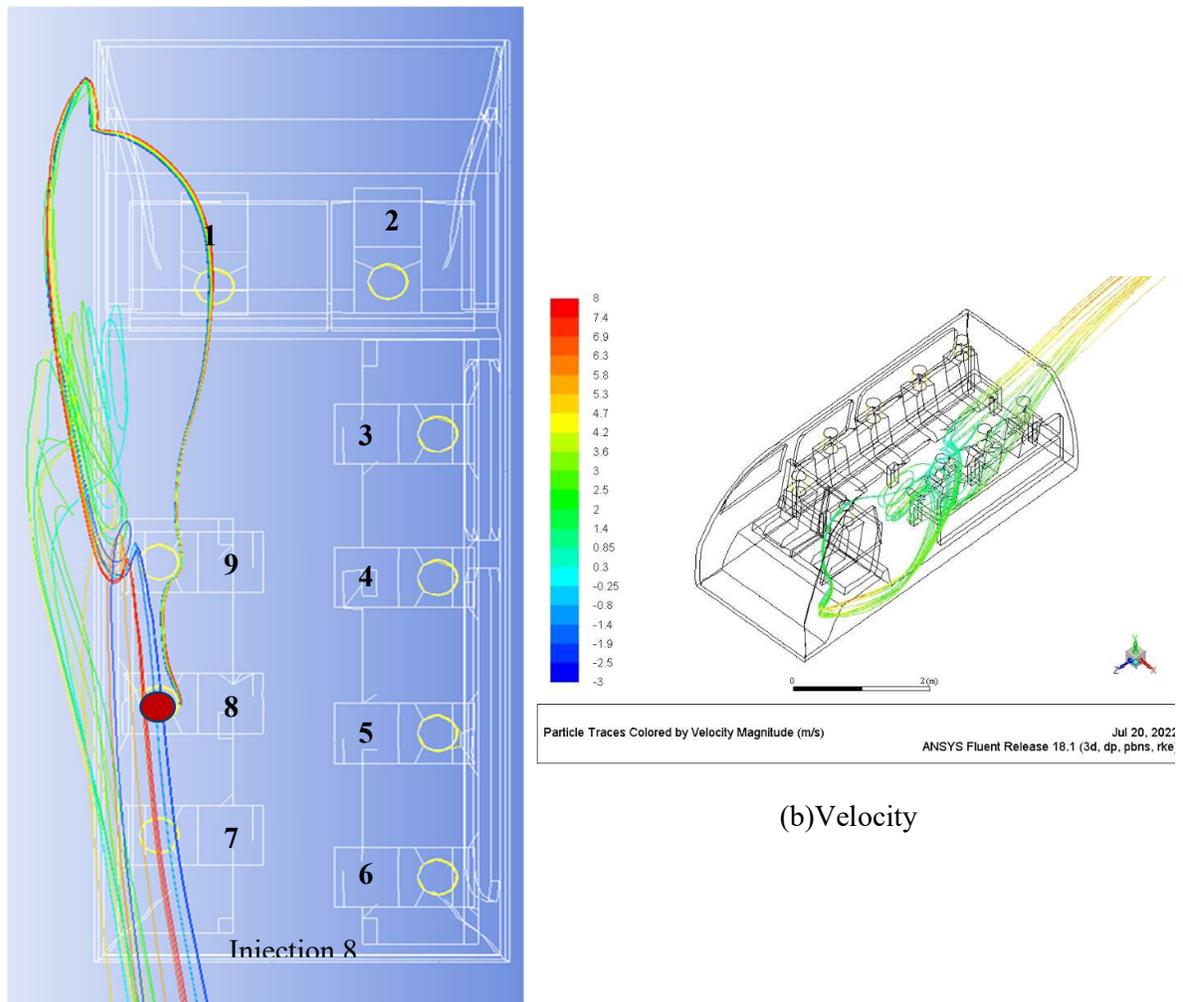
(b) Velocity

Gambar 4. 32 Penyebaran Udara Titik 6 pada Variasi Buka-an Jendela 4 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam



(a) Partikel id

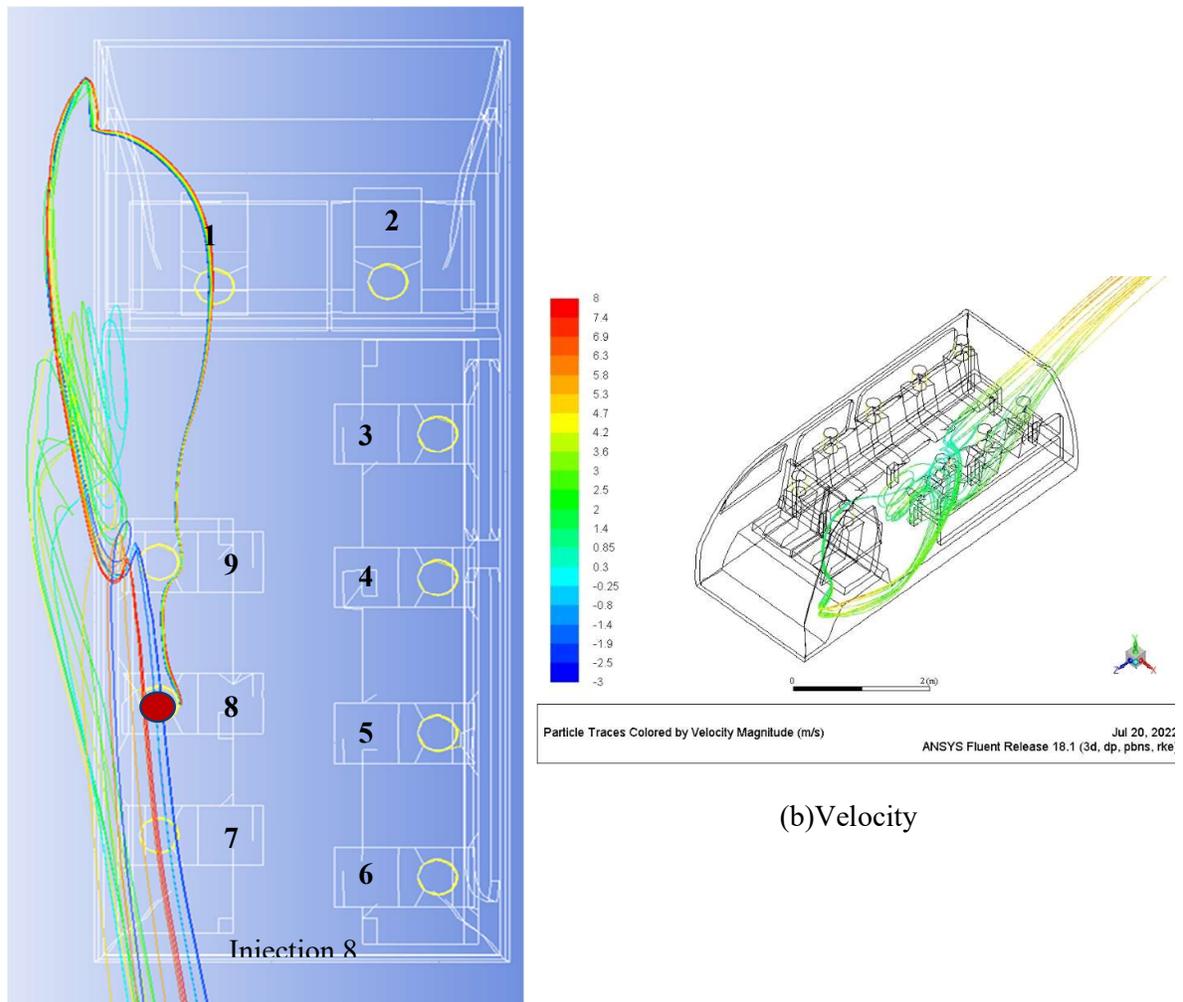
Gambar 4. 32 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 6, variasi bukaan jendela 4 dan kecepatan angkutan umum yaitu 30 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa setiap tempat duduk relatif aman dari penyebaran virus. Bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk relatif aman berada pada titik 1.



(a) Partikel id

(b) Velocity

Gambar 4. 33 Penyebaran Udara Titik 8 pada Variasi Buka-an Jendela 4 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam

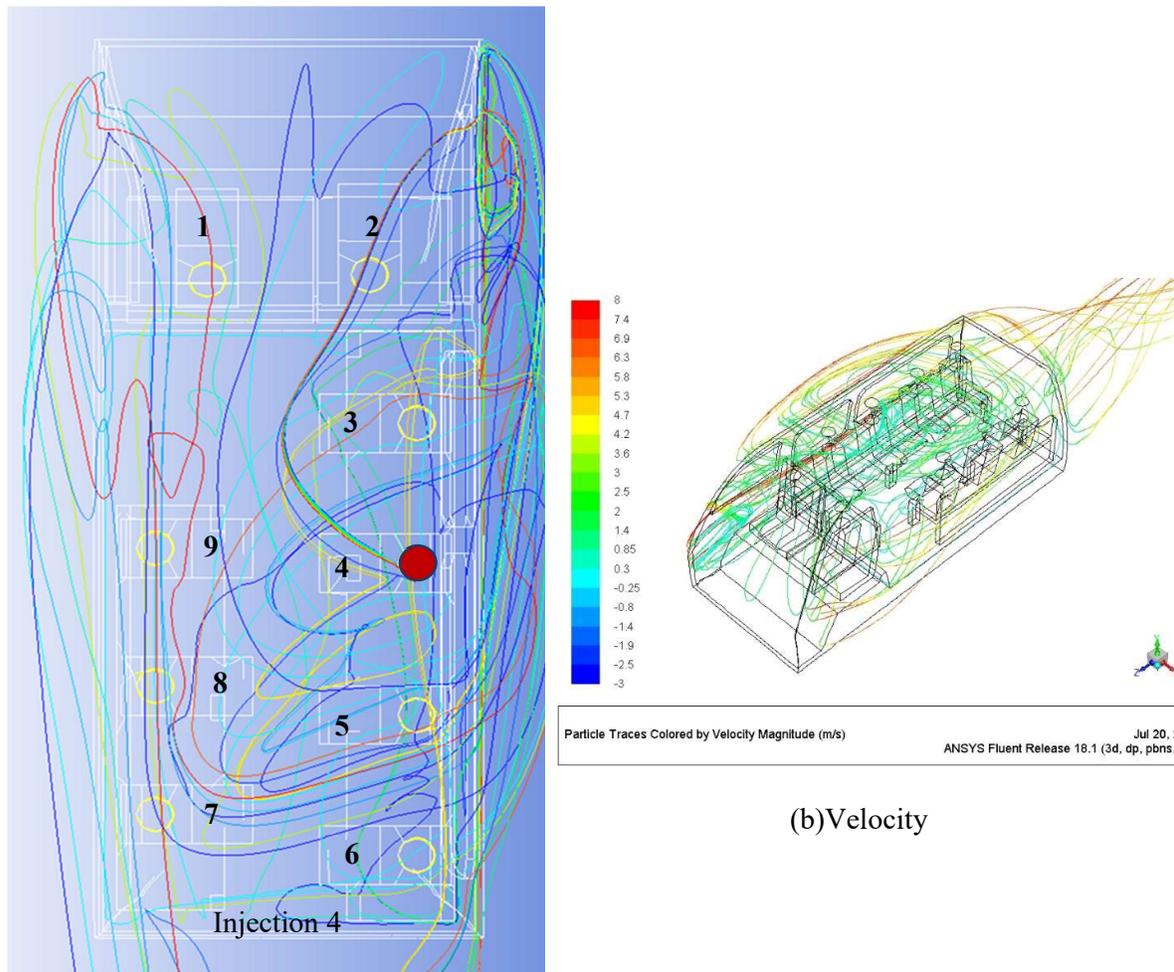


(a) Partikel id

Gambar 4. 33 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 8, variasi bukaan jendela 4 dan kecepatan angkutan umum yaitu 30 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa penyebarannya hanya di satu sisi. Sehingga penumpang yang rawan tertular berada di bangku nomor 1, 9, dan 7, ditunjukkan dengan banyaknya jumlah aliran disekitar kepala penumpang.

(b)Velocity

4.4.2 Penyebaran Droplet Kecepatan Kendaraan 40 km/jam

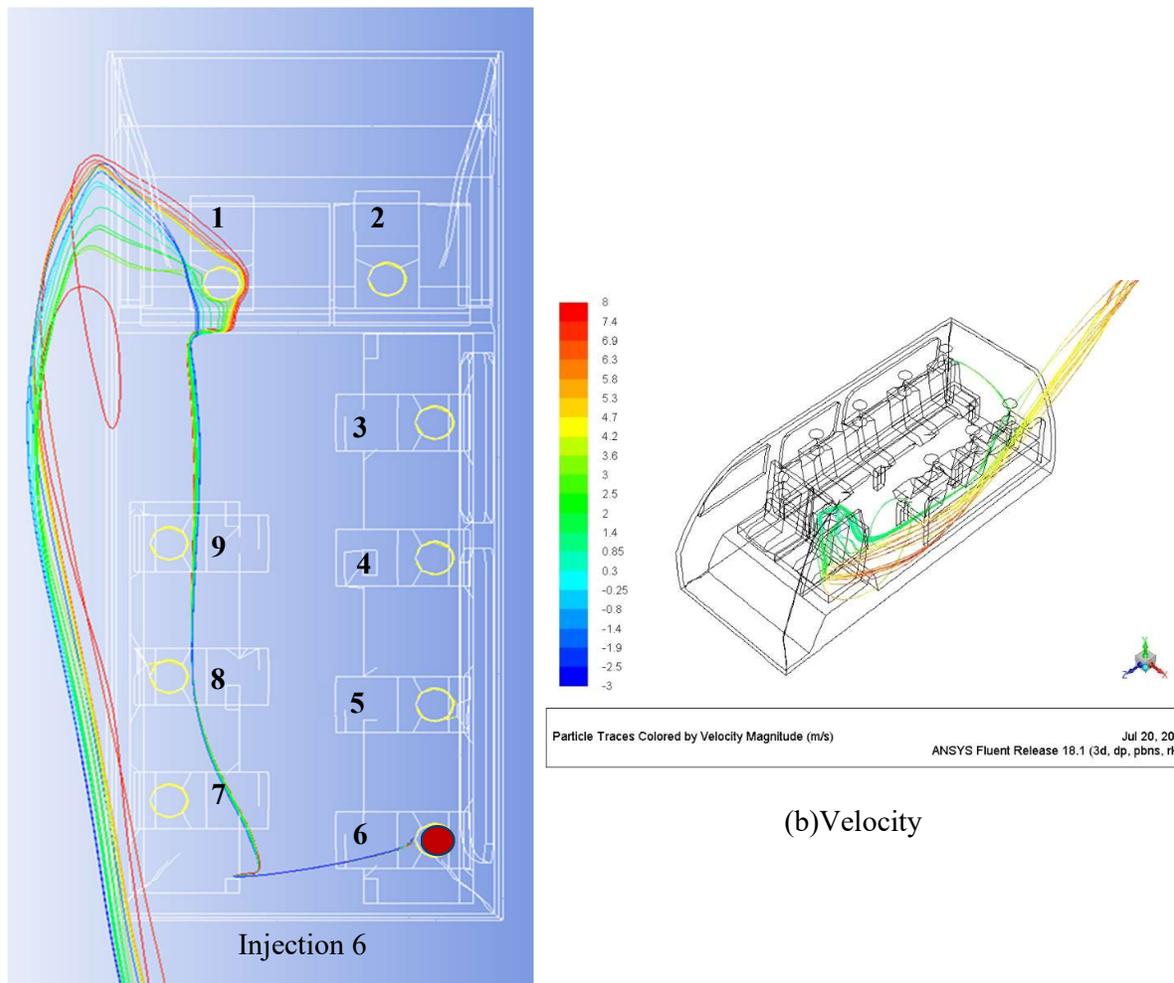


(a) Partikel id

(b) Velocity

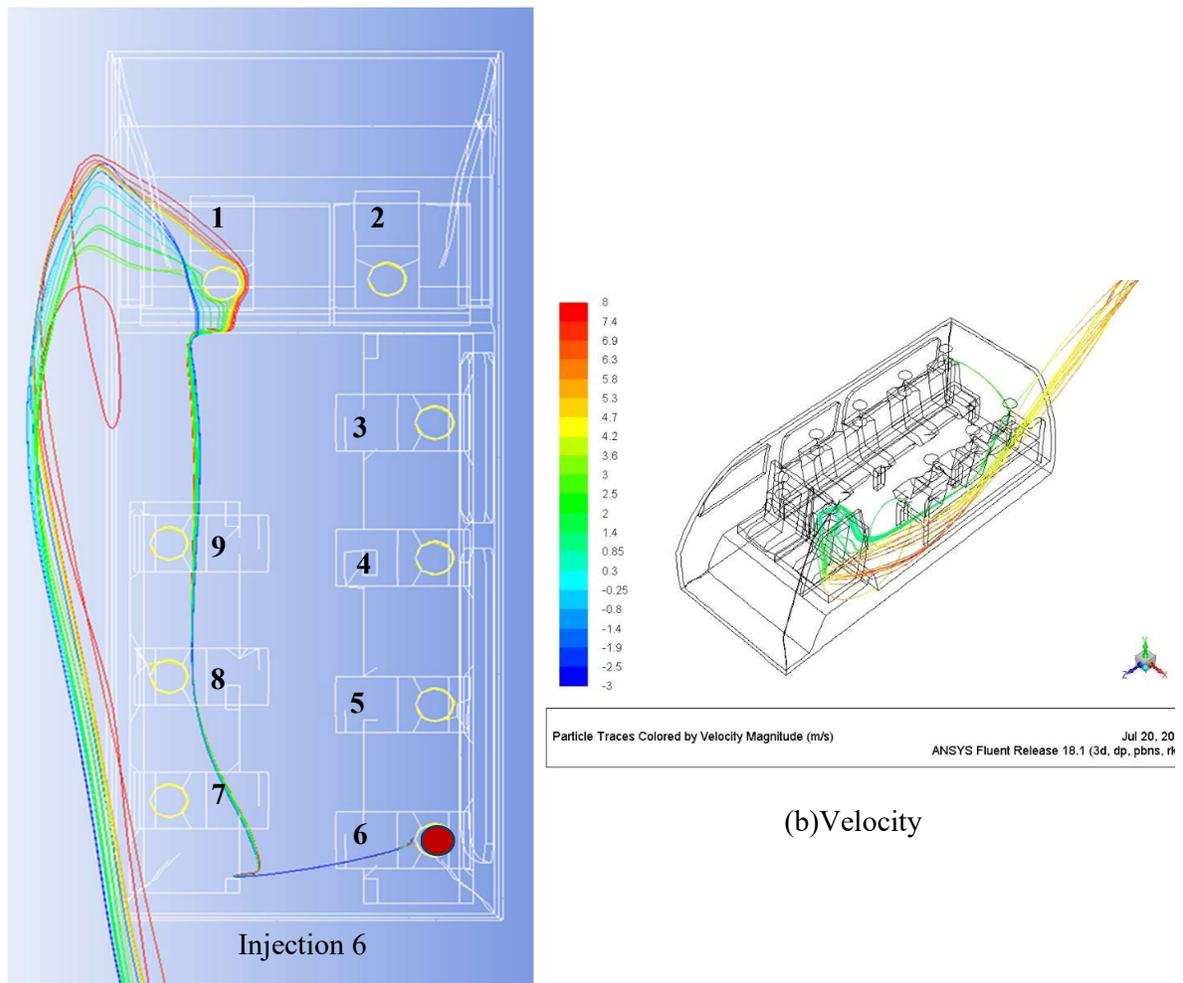
Gambar 4.34 Penyebaran Udara Titik 4 pada Variasi Bukaannya 4 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam

Pada Gambar 4.34 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 4, variasi bukaan jendela 4 dan kecepatan angkutan umum yaitu 40 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa aliran udara terinjeksi begitu luas sehingga tidak ada satupun penumpang yang aman dari virus.



(a) Partikel id

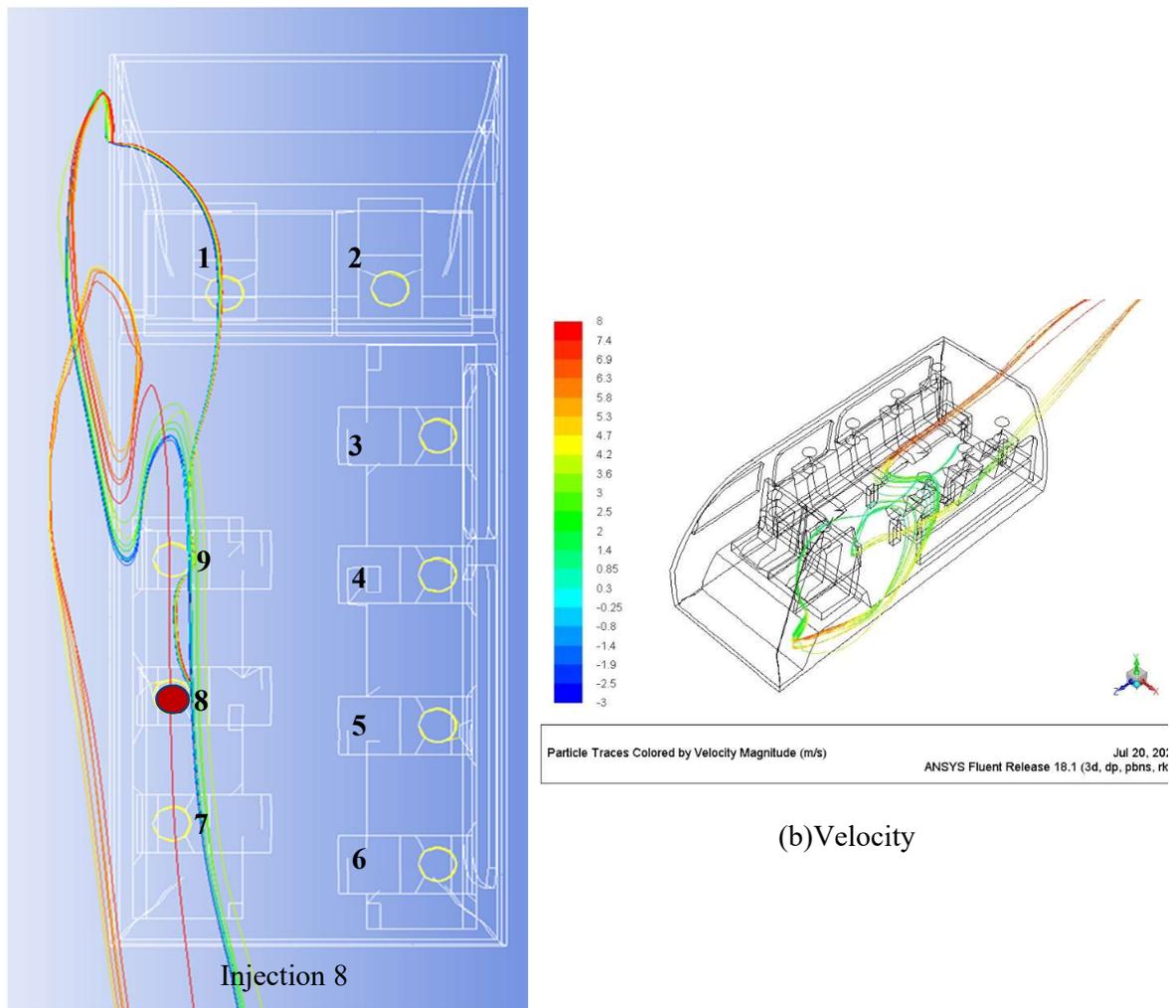
Gambar 4. 35 Penyebaran Udara Titik 6 pada Variasi Buka-an Jendela 4 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam



(a) Partikel id

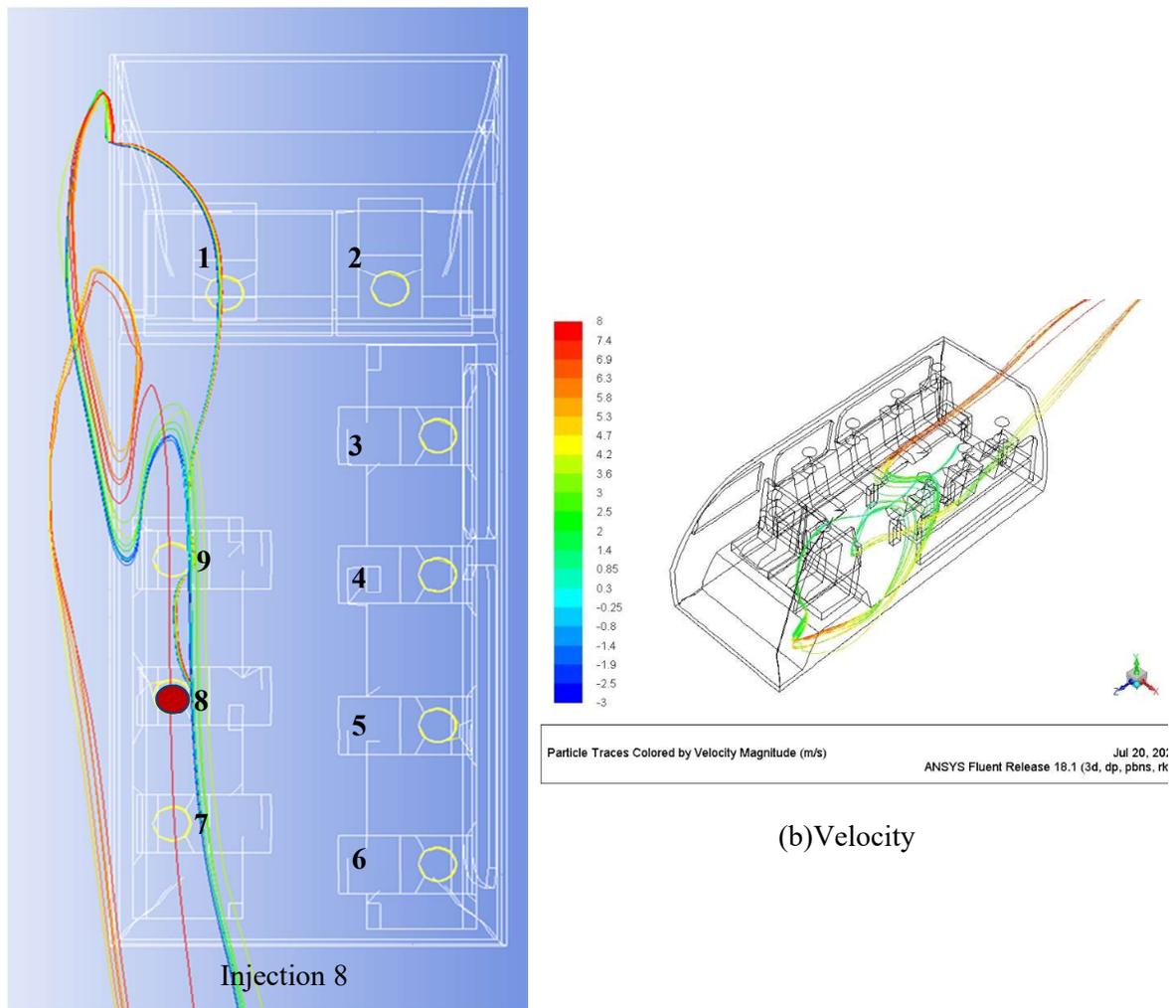
Gambar 4. 35 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 6, variasi bukaan jendela 4 dan kecepatan angkutan umum yaitu 40 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa setiap tempat duduk relatif aman dari penyebaran virus. Bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk relatif aman berada pada titik 3, 4 dan 5 dilihat dari jarak aliran terdekat yang relatif jauh dari kepala penumpang. Sedangkan penumpang yang rawan tertular berada di bangku nomor 1, 9, dan 8, ditunjukkan dengan banyaknya jumlah aliran disekitar kepala penumpang.

(b) Velocity



(a) Partikel id

Gambar 4.36 Penyebaran Udara Titik 8 pada Variasi Buka-an Jendela 4 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam



(a) Partikel id

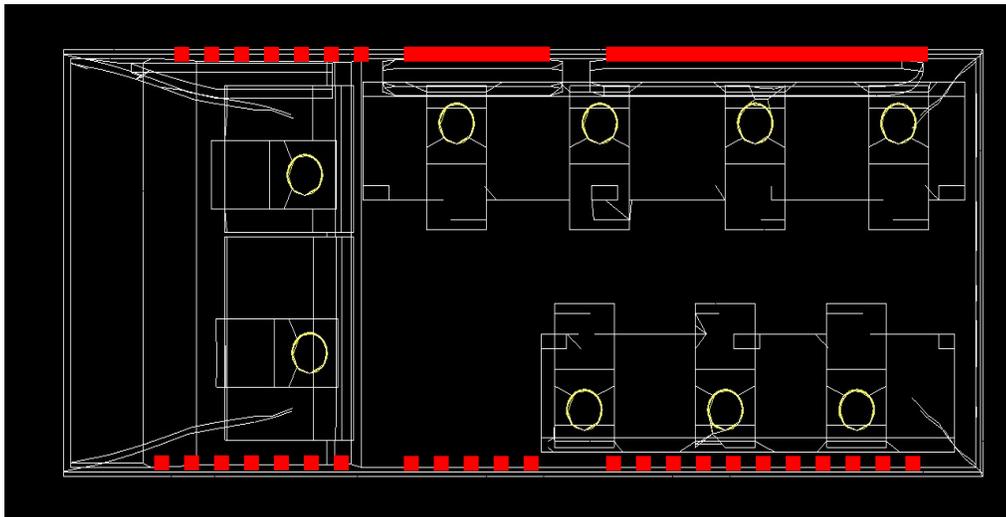
Gambar 4.36 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 8, variasi bukaan jendela 4 dan kecepatan angkutan umum yaitu 40 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa penyebarannya hanya di satu sisi. Sehingga penumpang yang rawan tertular berada di bangku nomor 1, 9, dan 7.

Bila dibandingkan kecepatan kendaraan 30 km/jam dan 40 km/jam pada hasil simulasi dengan bukaan jendela variasi 4, kondisi yang paling membahayakan penumpang didalam angkutan umum yaitu bila kendaraan melaju dengan kecepatan 30km/s dengan sumber injeksi dipenumpang nomor 4 dan kecepatan 40 km/jam dengan sumber injeksi dipenumpang nomor 4. Sedangkan dengan variasi sumber injeksi lainnya, penyebaran relatif hanya di satu sisi sehingga membahayakan lebih sedikit penumpang.

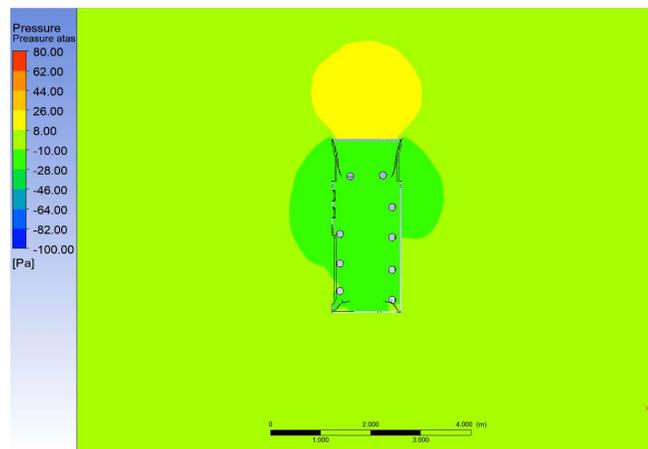
4.5 Bukaan Jendela Variasi 5

Angkutan umum yang tidak menggunakan Air Conditioner (AC) membuka sebagian jendela sebagai sumber aliran udara. Pada tugas akhir ini dilakukan analisa penyebaran droplet virus dalam keadaan kecepatan kendaraan 30 km/jam dan 40 km/jam. Pada variasi

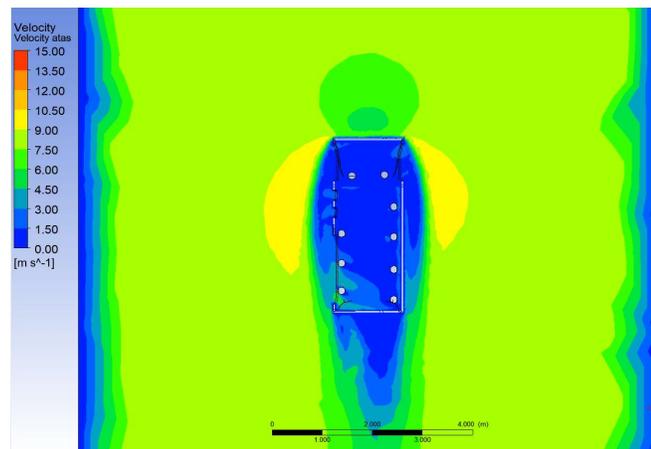
ini jendela yang ditutup yaitu jendela bagian tengah dan belakang di sebelah kanan, dan jendela lainnya dibiarkan terbuka. Bukaan jendela variasi 5 ditunjukkan pada Gambar 4.37. Dalam hal ini, virus yang akan terbawa dalam aliran udara diasumsikan sebagai partikel yang berupa water-liquid dan inert, dengan interval diameter partikel antara 1 mikron sampai 5 mikron dan flowrate sebesar 10-20 kg/s. Partikel tersebut diinjeksikan dari lokasi tempat duduk penumpang yang kita inginkan dalam simulasi yaitu pada titik 4, 6 dan 8. Secara teoritis aliran akan mengalir dari posisi dengan energi tinggi menuju posisi dengan energi rendah. Dengan demikian partikel yang terbawa oleh aliran juga akan mengalir dari posisi dengan energi yang lebih tinggi menuju posisi dengan energi lebih rendah. Selanjutnya dilakukan penilaian resiko penumpang lain akan mudah tertular bila terdapat aliran udara pembawa virus disekitar kepalanya. Selanjutnya, dilakukan analisa penyebaran virus berdasarkan karakteristik aliran menggunakan software ANSYS FLUENT 19.1.



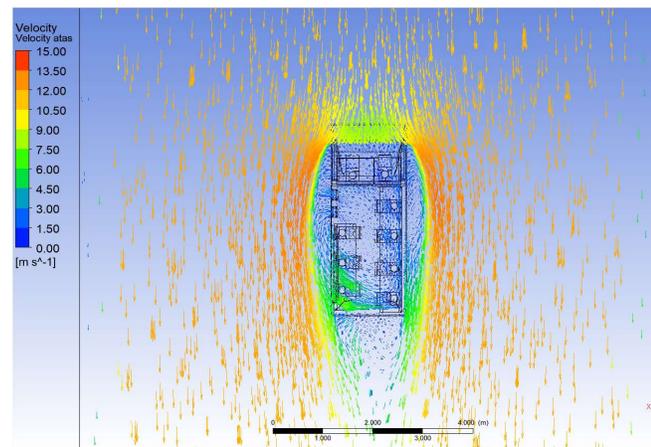
Gambar 4.37 Bukaan Jendela Variasi 5



(a) Pressure Contour

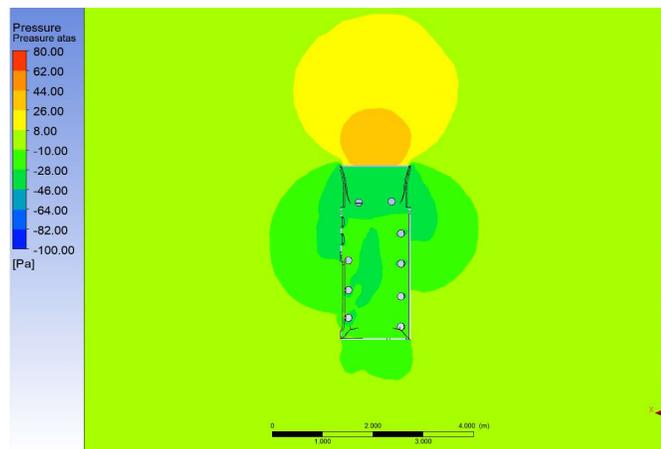


(b) Velocity Contour

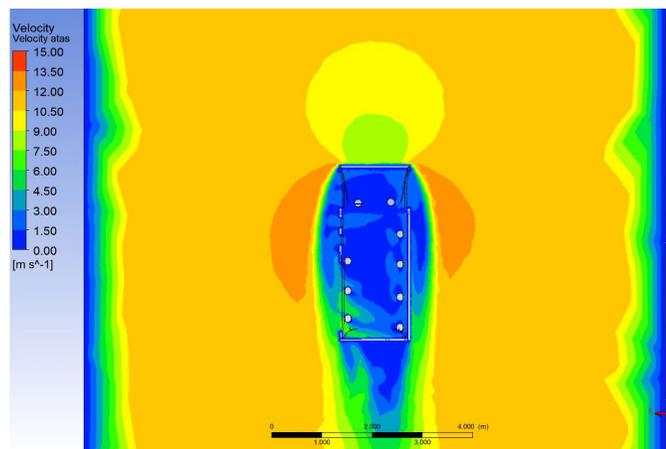


(c) Vector Velocity

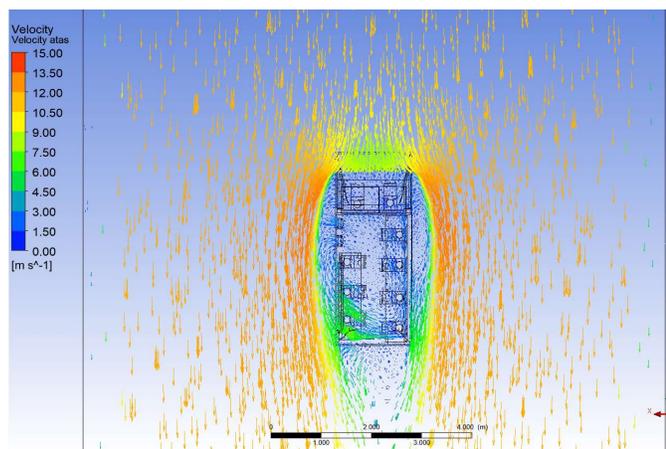
Gambar 4.38 Distribusi Tekanan dan Kecepatan Udara pada Variasi Buka-an Jendela 5 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam



(a) Pressure Contour



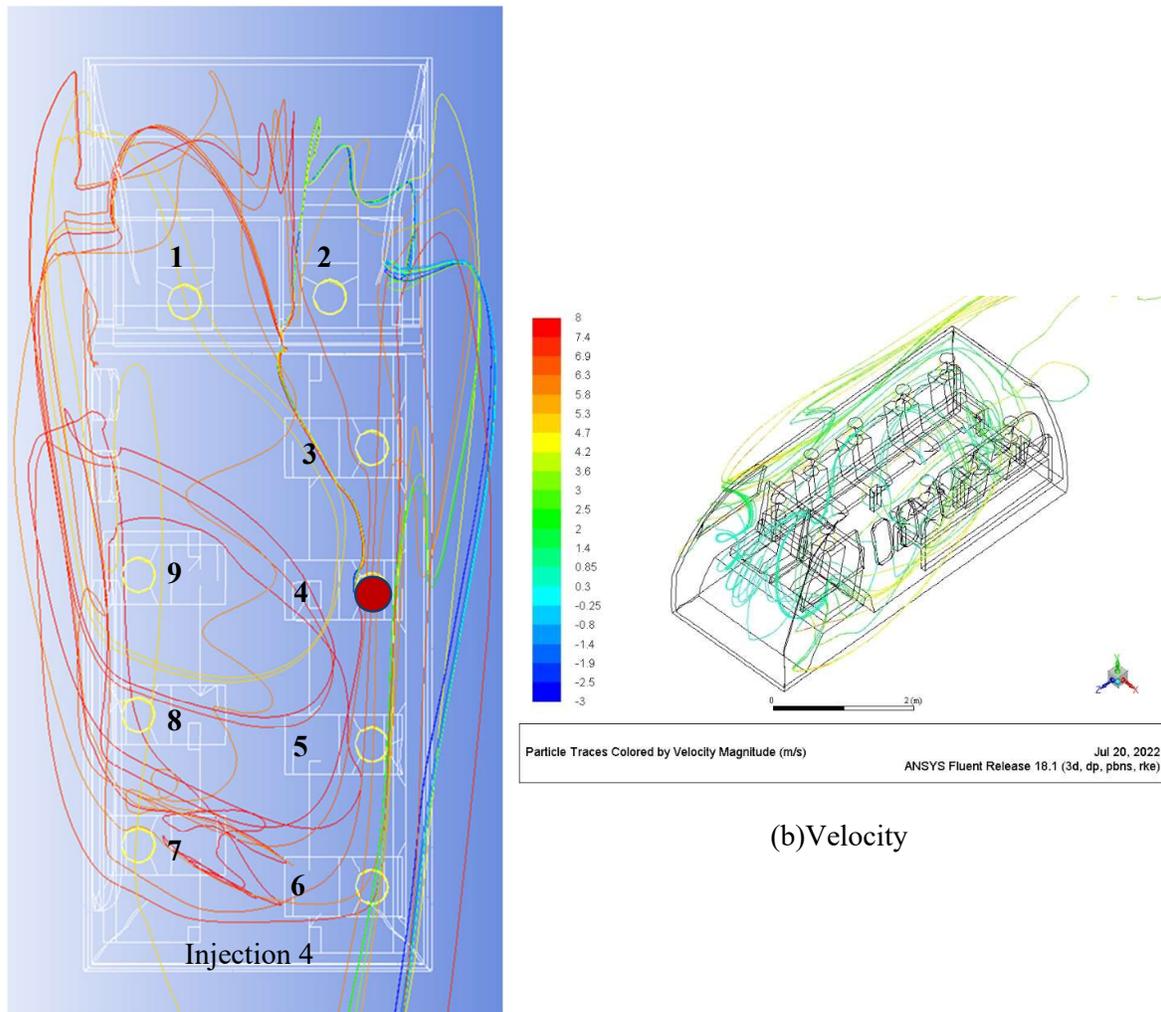
(b) Velocity Contour



(c) Vector Velocity

Gambar 4.39 Distribusi Tekanan dan Kecepatan Udara pada Variasi Buka-an Jendela 5 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam

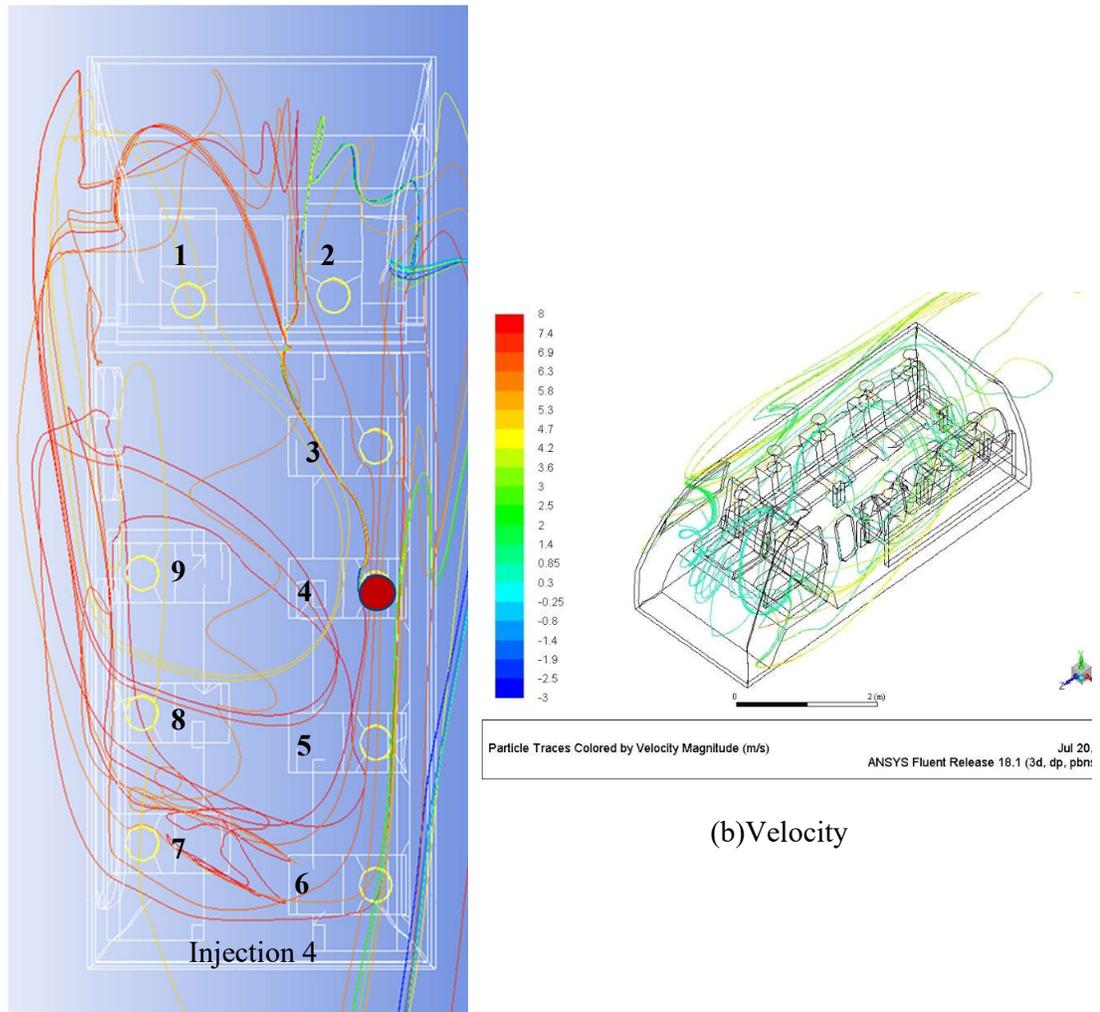
4.5.1 Penyebaran Droplet Kecepatan Kendaraan 30 km/jam



(a) Partikel id

(b) Velocity

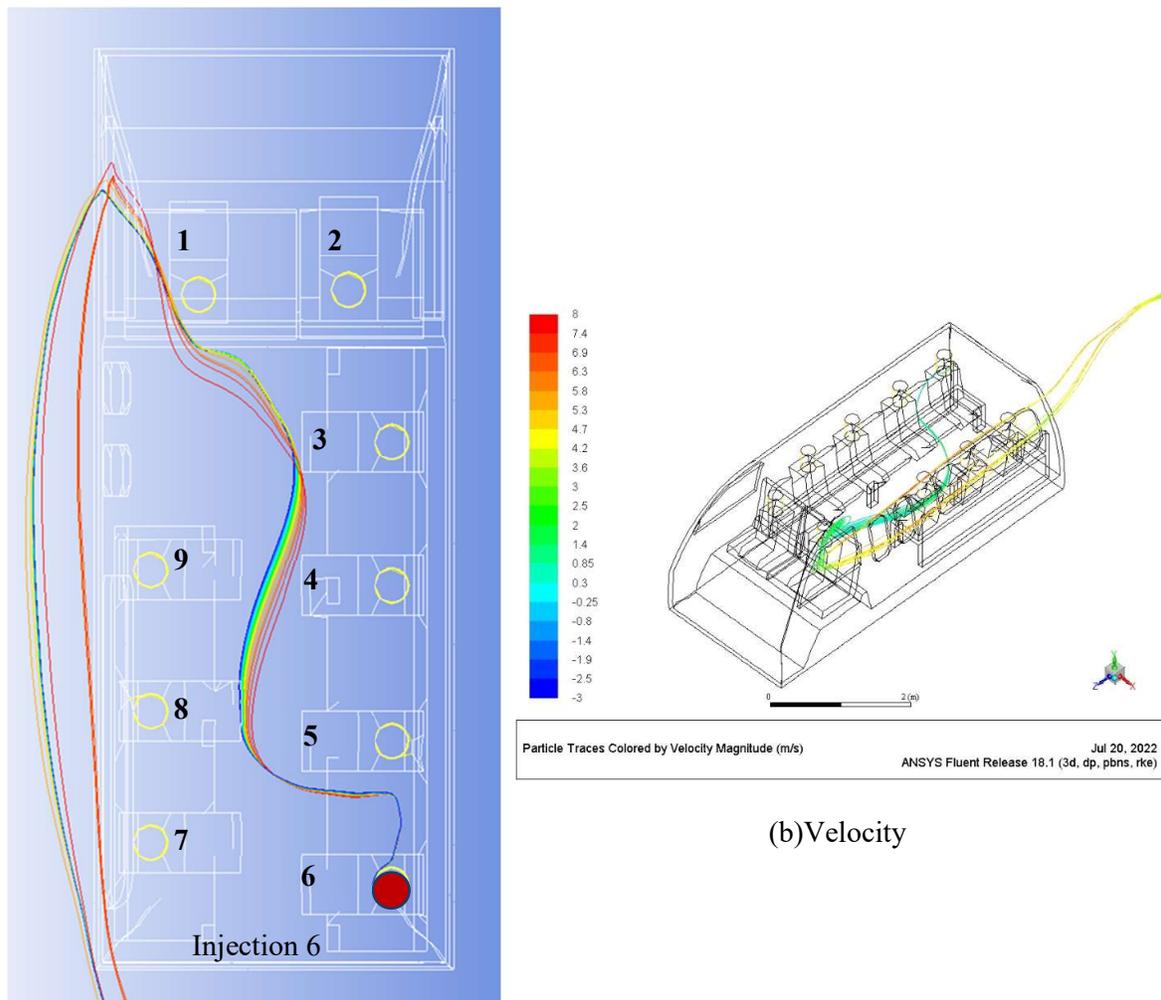
Gambar 4.40 Penyebaran Udara Titik 4 pada Variasi Bukaannya Jendela 5 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam



(a) Partikel id

Gambar 4.40 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 4, variasi bukaan jendela 5 dan kecepatan angkutan umum yaitu 30 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bila semua tempat duduk tidak aman dari penyebaran virus. Namun bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi virus yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk relatif aman berada pada titik 1 dilihat dari aliran disekitar kepala penumpang paling sedikit dan jaraknya yang relatif jauh. Sedangkan posisi duduk yang paling tidak aman yaitu ada pada titik 6.

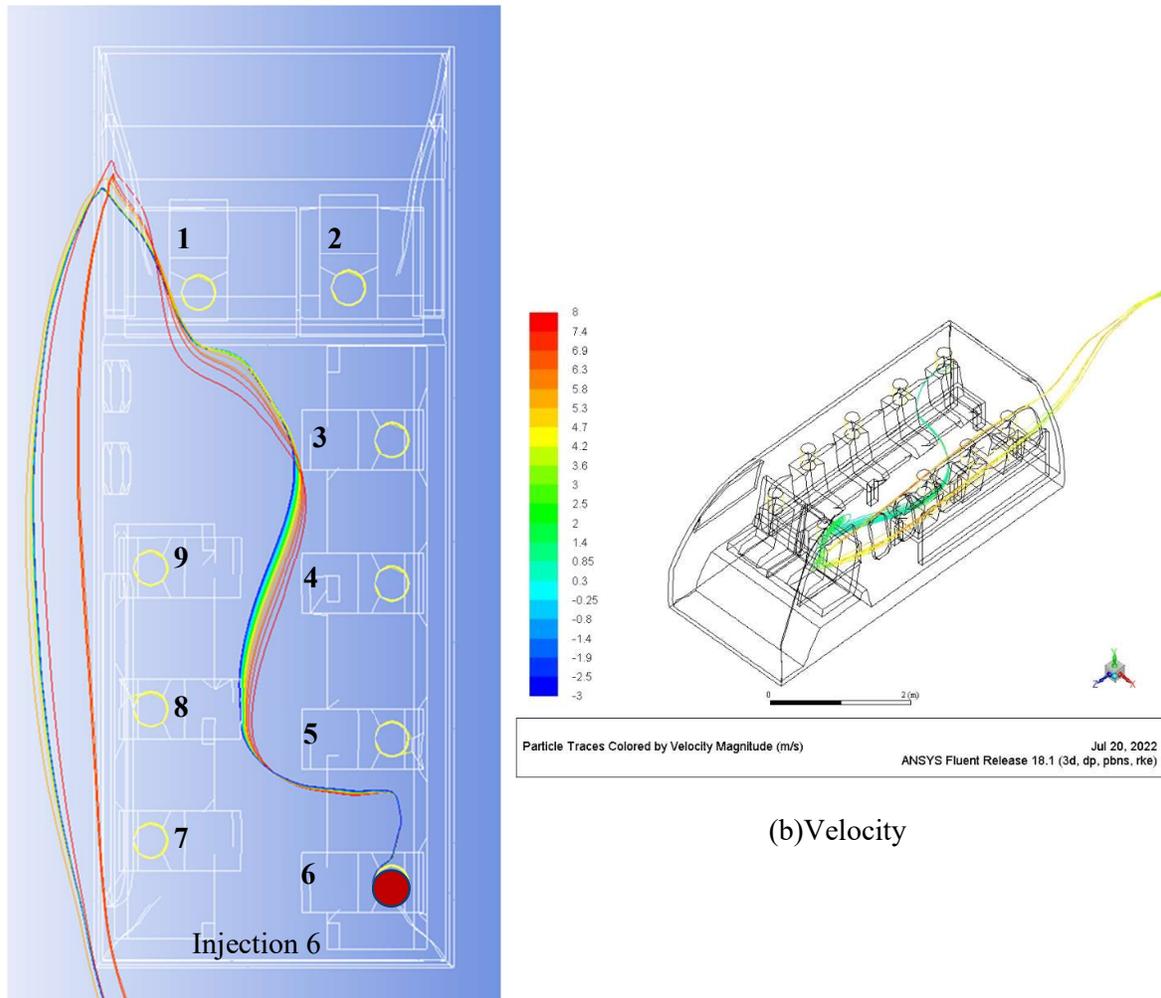
(b) Velocity



(a) Partikel id

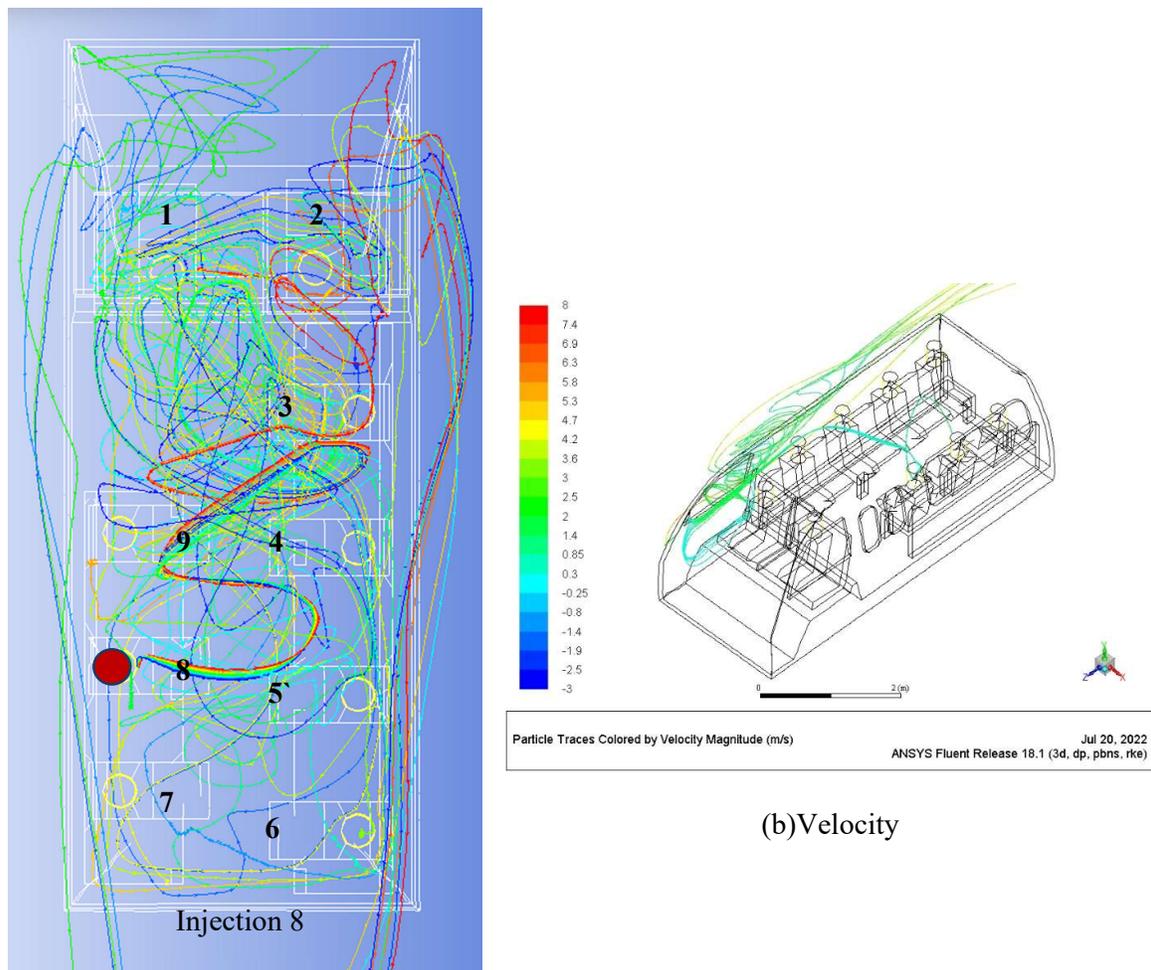
(b) Velocity

Gambar 4.41 Penyebaran Udara Titik 6 pada Variasi Bukaannya Jendela 5 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam



(a) Partikel id

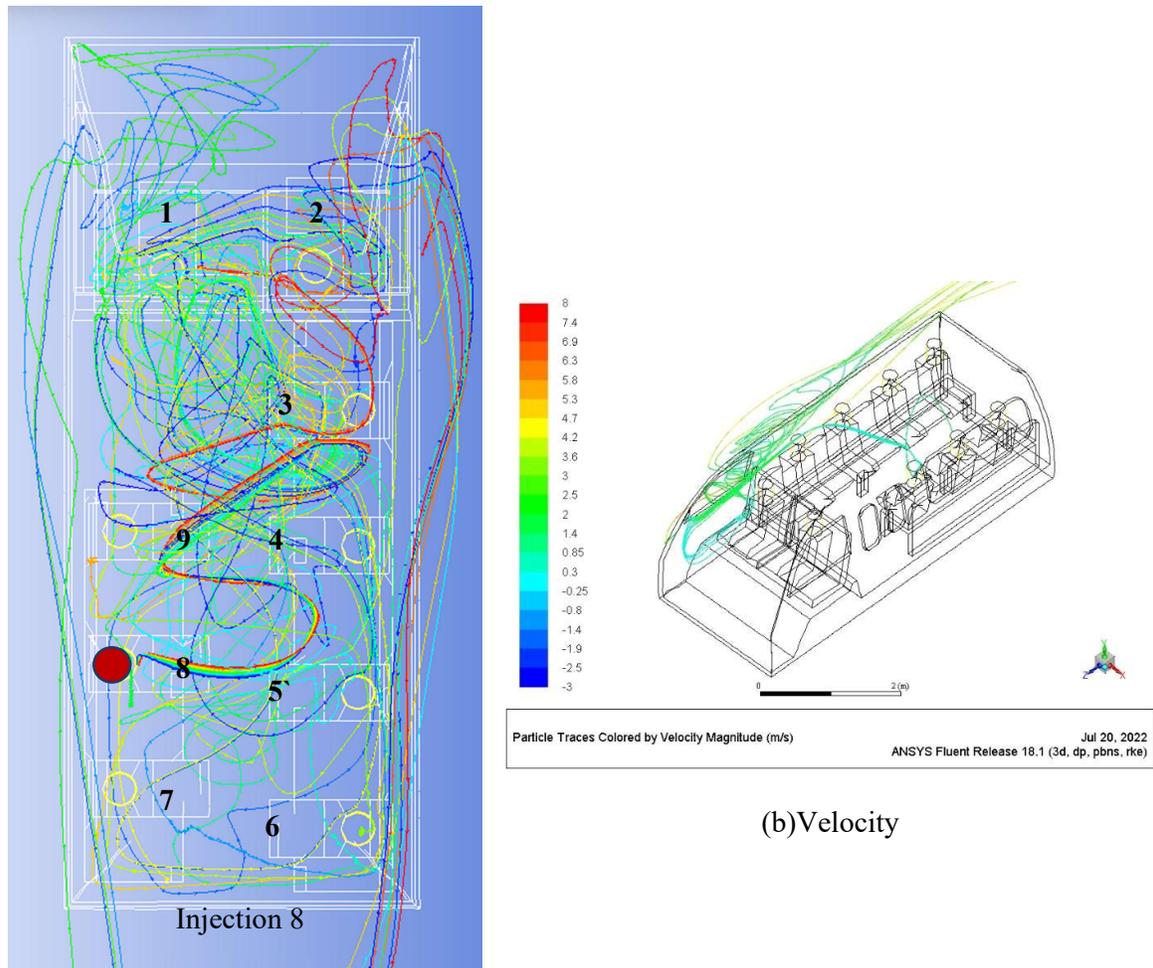
Gambar 4.41 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 6, variasi bukaan jendela 5 dan kecepatan angkutan umum yaitu 30 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa penyebaran virus relatif sempit. Namun bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk paling bahaya berada pada titik 1.



(a) Partikel id

(b) Velocity

Gambar 4.42 Penyebaran Udara Titik 8 pada Variasi Buka-an Jendela 5 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam

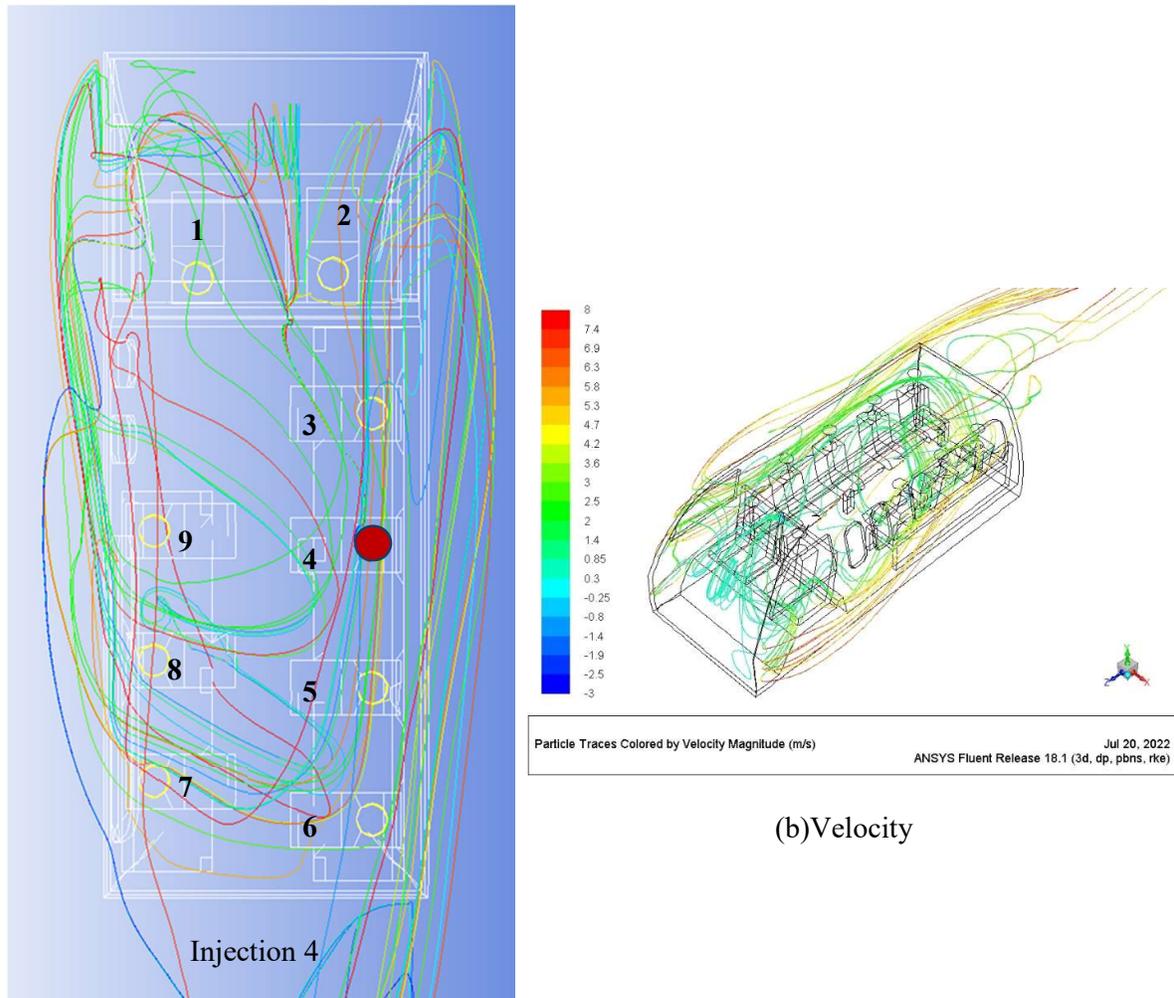


(a) Partikel id

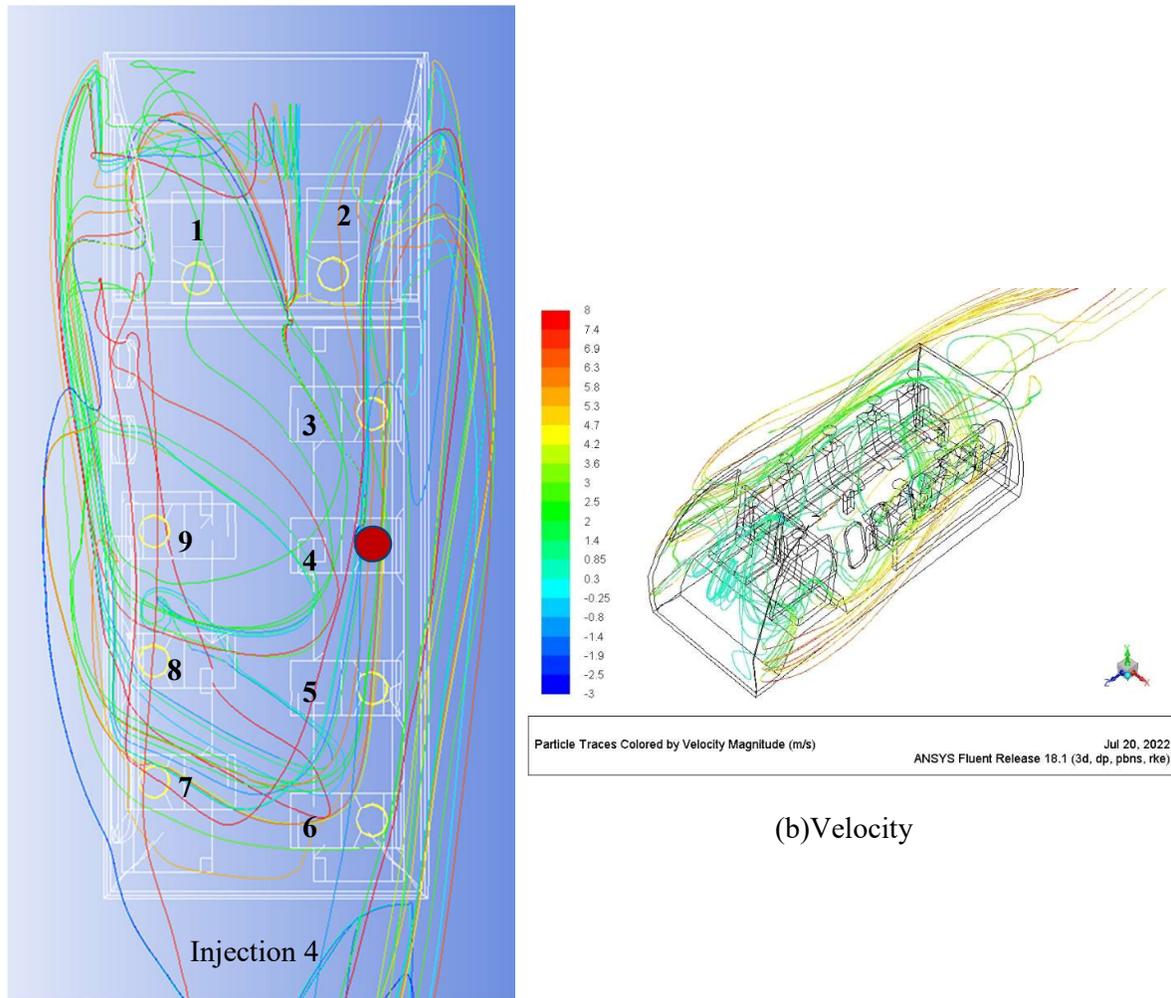
Gambar 4.42 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 8, variasi bukaan jendela 5 dan kecepatan angkutan umum yaitu 30 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa semua tempat duduk tidak aman dari penyebaran virus terlihat dari aliran partikel yang penyebarannya begitu luas.

(b) Velocity

4.5.2 Penyebaran Droplet Kecepatan Kendaraan 40 km/jam



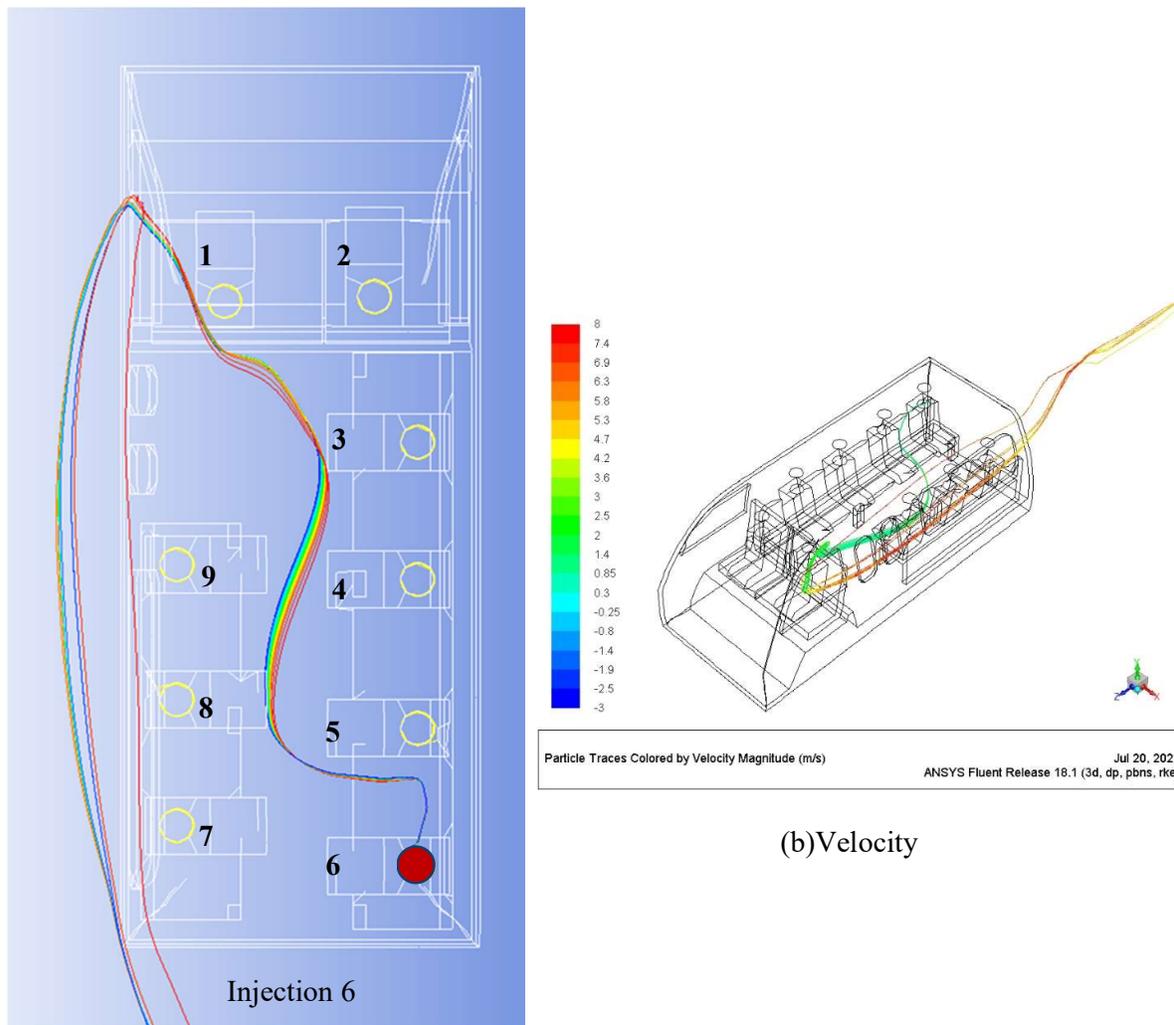
Gambar 4.43 Penyebaran Udara Titik 4 pada Variasi Buka-an Jendela 5 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam



(a) Partikel id

Gambar 4.43 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 4, variasi bukaan jendela 5 dan kecepatan angkutan umum yaitu 40 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bila semua tempat duduk tidak aman dari penyebaran virus. Namun bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk yang paling bahaya yaitu ada pada titik 3 dan 5.

(b) Velocity

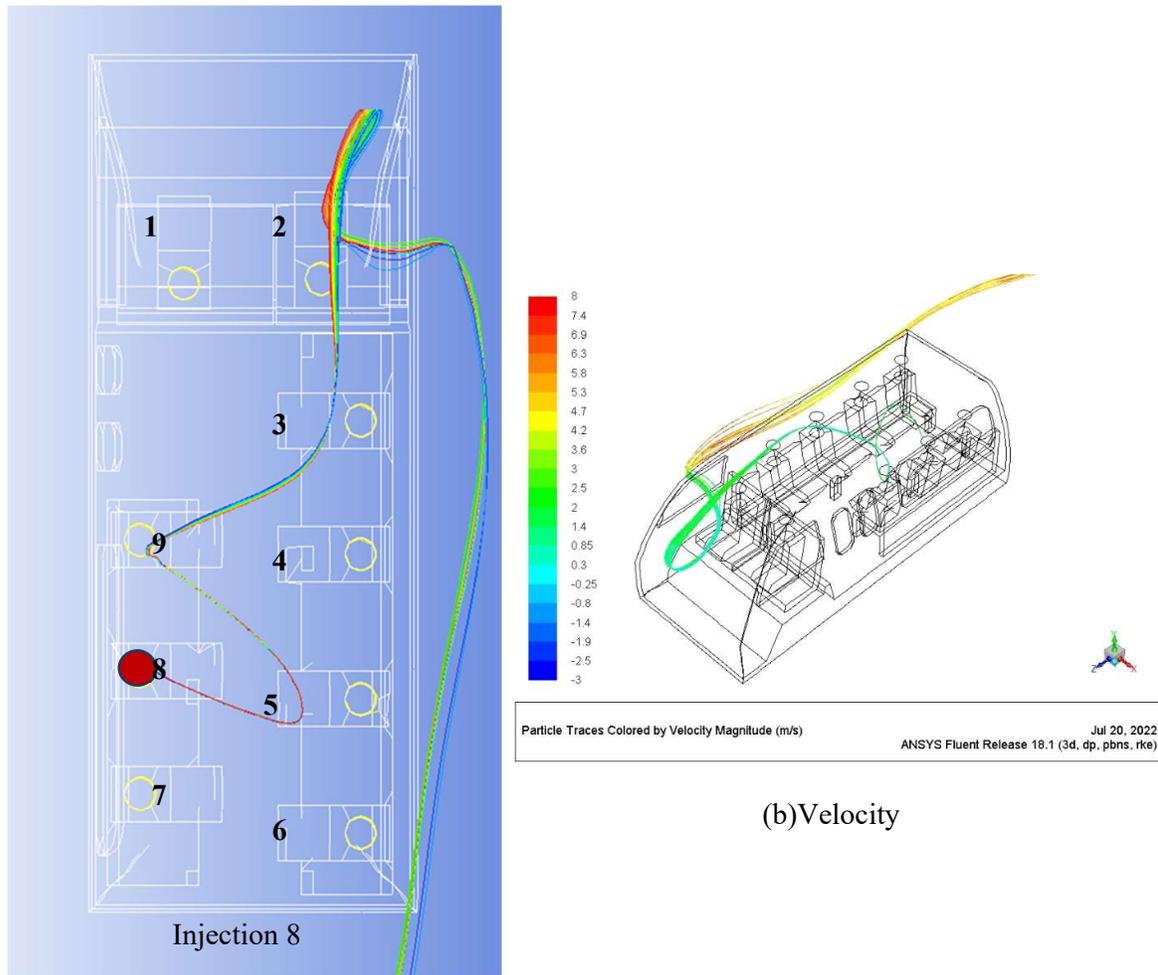


(a) Partikel id

(b) Velocity

Gambar 4.44 Penyebaran Udara Titik 6 pada Variasi Bukaannya 5 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam

Pada Gambar 4.44 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 6, variasi bukaan jendela 5 dan kecepatan angkutan umum yaitu 40 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa penyebaran virus relatif luas dan hampir mengenai kepala setiap penumpang. Namun bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk relatif aman berada pada titik 1 dilihat dari jarak aliran terdekat yang relatif jauh dari kepala penumpang.



(a) Partikel id

(b) Velocity

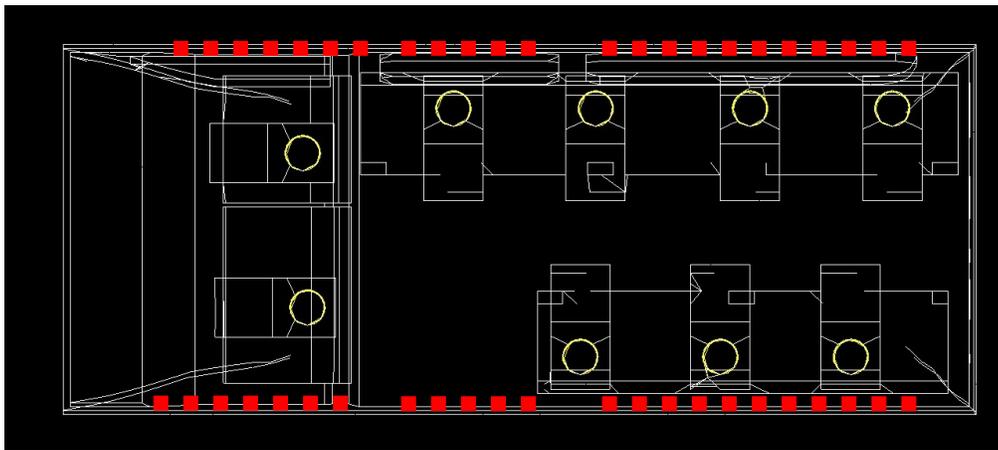
Gambar 4.45 Penyebaran Udara Titik 4 pada Variasi Buka-an Jendela 5 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam

Pada Gambar 4.45 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 8, variasi bukaan jendela 5 dan kecepatan angkutan umum yaitu 40 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa penyebaran virus relatif sempit. Namun bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk paling bahaya berada pada titik 9, 3 dan 2 ditunjukkan dengan banyaknya aliran disekitar kepala penumpang.

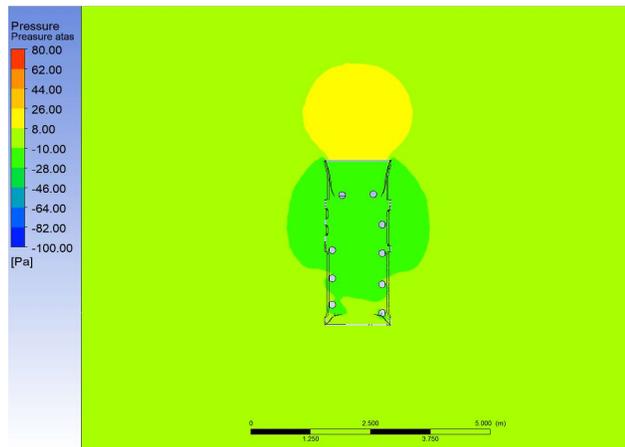
Bila dibandingkan kecepatan kendaraan 30 km/jam dan 40 km/jam pada hasil simulasi dengan bukaan jendela variasi 5, kondisi yang paling membahayakan penumpang didalam angkutan umum yaitu bila kendaraan melaju dengan kecepatan 30 km/jam dengan sumber injeksi dipenumpang nomor 4 dan kecepatan 40 km/jam dengan sumber injeksi dipenumpang nomor 4. Sedangkan dengan variasi sumber injeksi lainnya, penyebaran relatif hanya di satu sisi sehingga membahayakan lebih sedikit penumpang.

4.6 Bukaannya Jendela Variasi 6

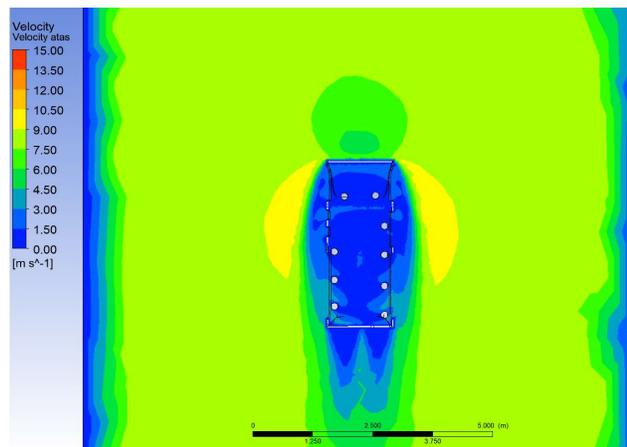
Angkutan umum yang tidak menggunakan Air Conditioner (AC) membuka sebagian jendela sebagai sumber aliran udara. Pada tugas akhir ini dilakukan analisa penyebaran droplet virus dalam keadaan kecepatan kendaraan 30 km/jam dan 40 km/jam. Pada variasi ini, semua jendela dibuka. Bukaannya jendela variasi 6 ditunjukkan pada Gambar 4.46. Dalam hal ini, virus yang akan terbawa dalam aliran udara diasumsikan sebagai partikel yang berupa water-liquid dan inert, dengan interval diameter partikel antara 1 mikron sampai 5 mikron dan flowrate sebesar 10-20 kg/s. Partikel tersebut diinjeksikan dari lokasi tempat duduk penumpang yang kita inginkan dalam simulasi yaitu pada titik 4, 6 dan 8. Selanjutnya dilakukan penilaian resiko penumpang lain akan mudah tertular bila terdapat aliran udara pembawa virus disekitar kepalanya. Selanjutnya, dilakukan analisa penyebaran virus berdasarkan karakteristik aliran menggunakan software ANSYS FLUENT 19.1.



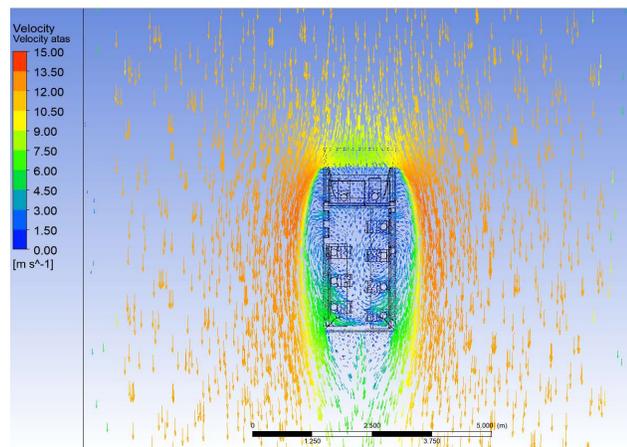
Gambar 4.46 Bukaannya Jendela Variasi 6



(c) Pressure Contour

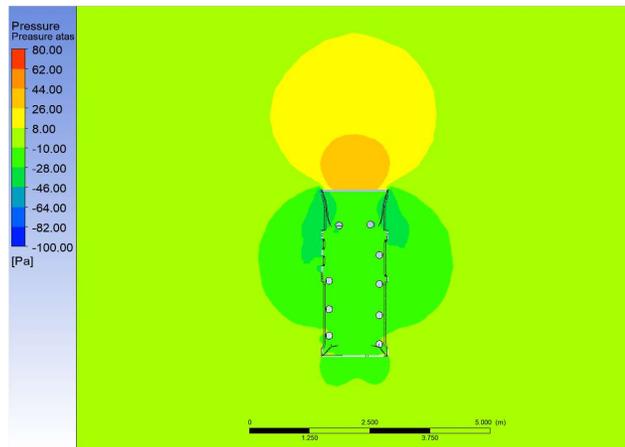


(d) Velocity Contour

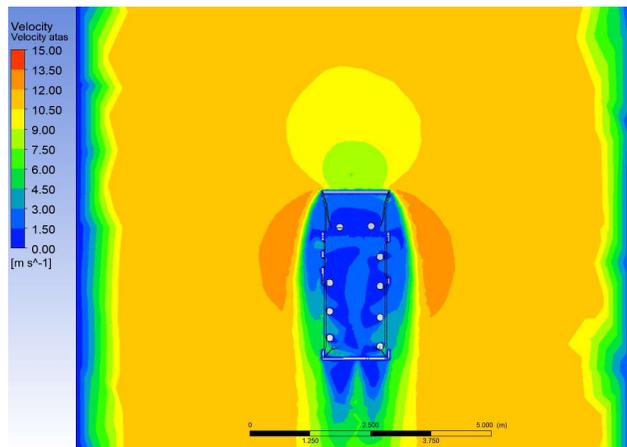


(c) Vector Velocity

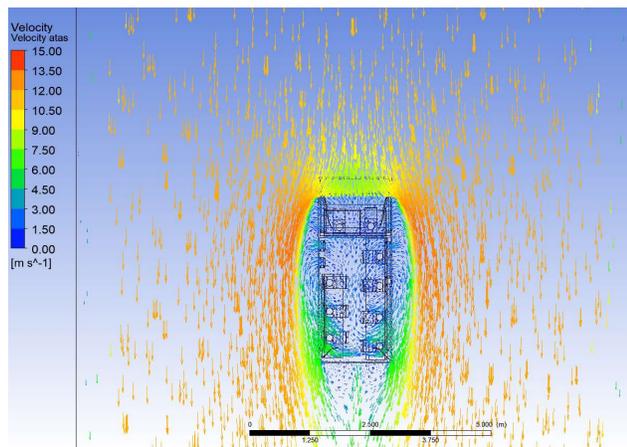
Gambar 4.47 Distribusi Tekanan dan Kecepatan Udara pada Variasi Buka-an Jendela 6 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam



(e) Pressure Contour



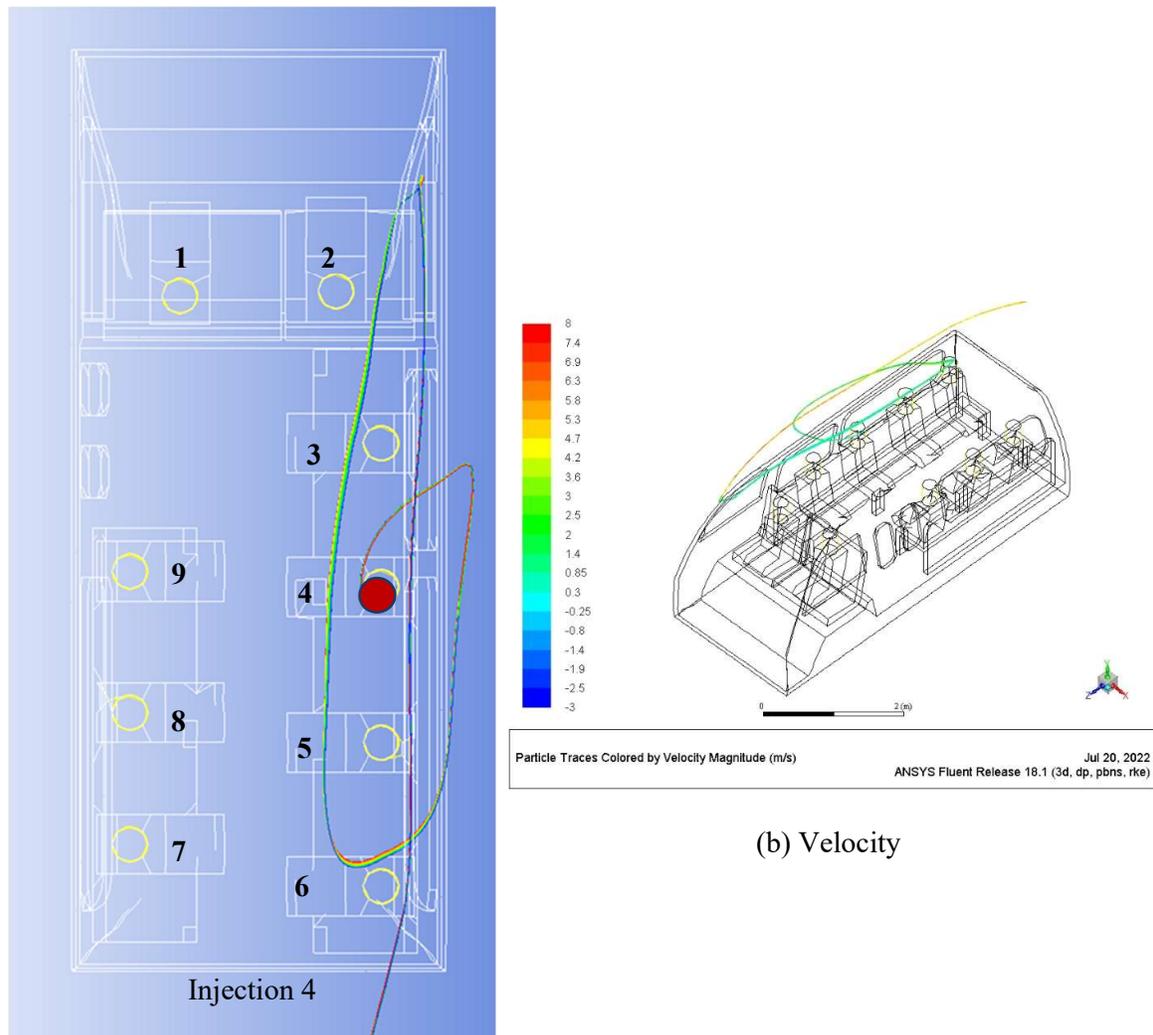
(f) Velocity Contour



(c) Vector Velocity

Gambar 4.48 Distribusi Tekanan dan Kecepatan Udara pada Variasi Buka-an Jendela 6 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam

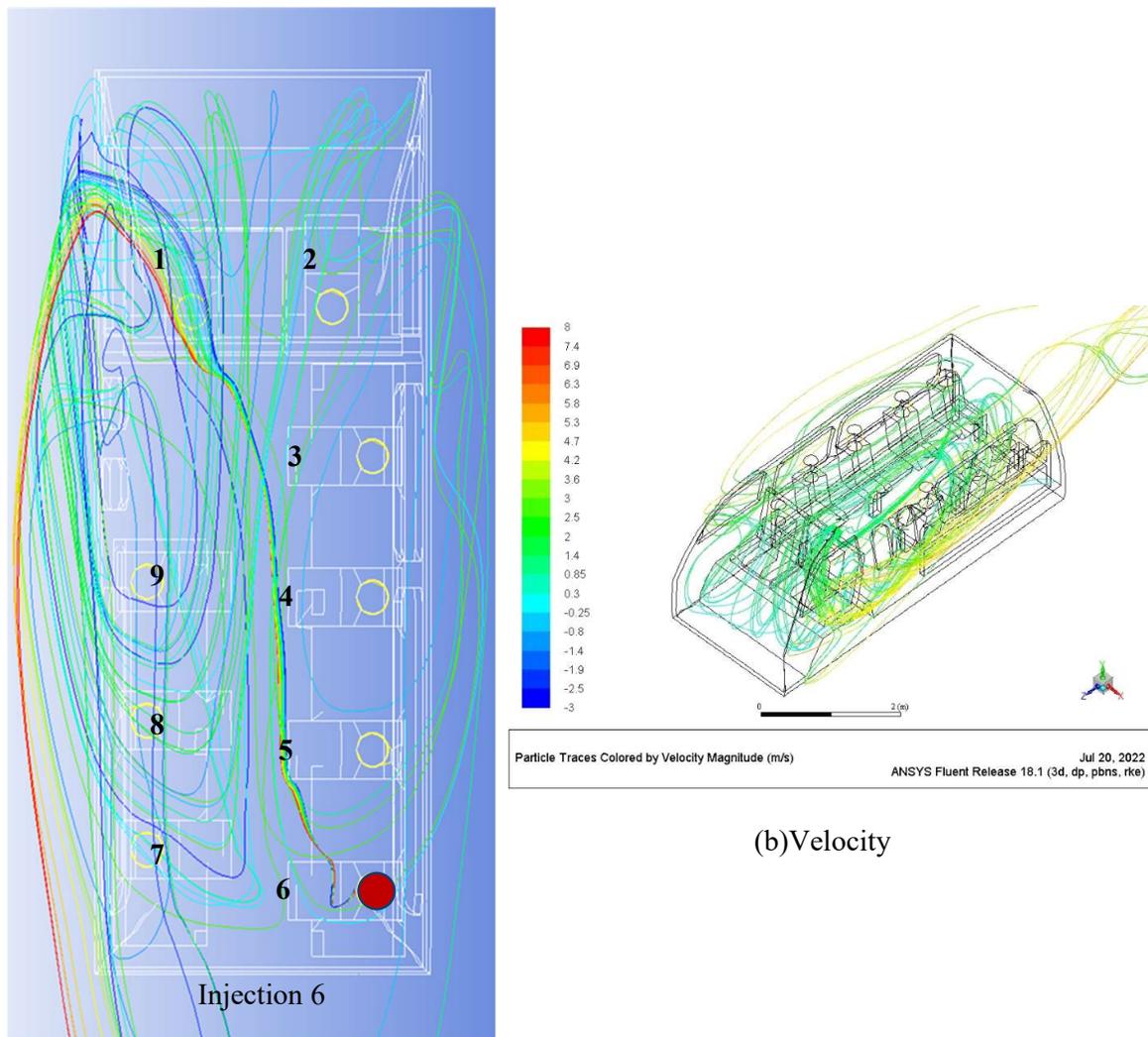
4.6.1 Penyebaran Droplet Kecepatan Kendaraan 30 km/jam



(a) Partikel id

Gambar 4.49 Penyebaran Udara Titik 4 pada Variasi Bukaannya Jendela 6 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam

Pada Gambar 4.49 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 4, variasi bukaan jendela 6 dan kecepatan angkutan umum yaitu 30 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa penyebaran virus sangat minim. Namun bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk paling bahaya berada pada titik 3.

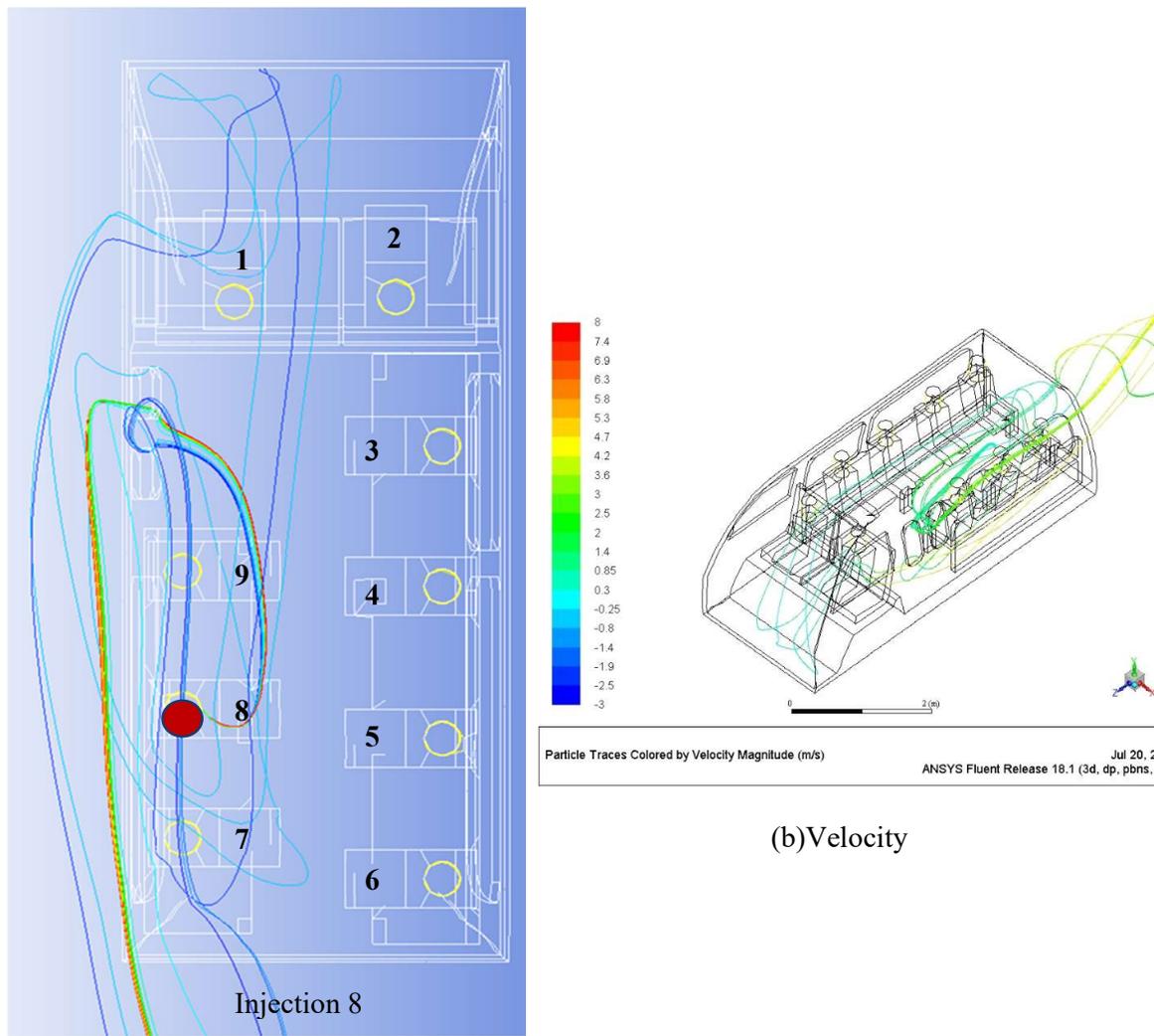


(a) Partikel id

(b) Velocity

Gambar 4.50 Penyebaran Udara Titik 6 pada Variasi Bukaannya dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam

Pada Gambar 4.50 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 6, variasi bukaan jendela 6 dan kecepatan angkutan umum yaitu 30 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa penyebaran virus luas. Namun bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk relatif aman berada pada titik 4.



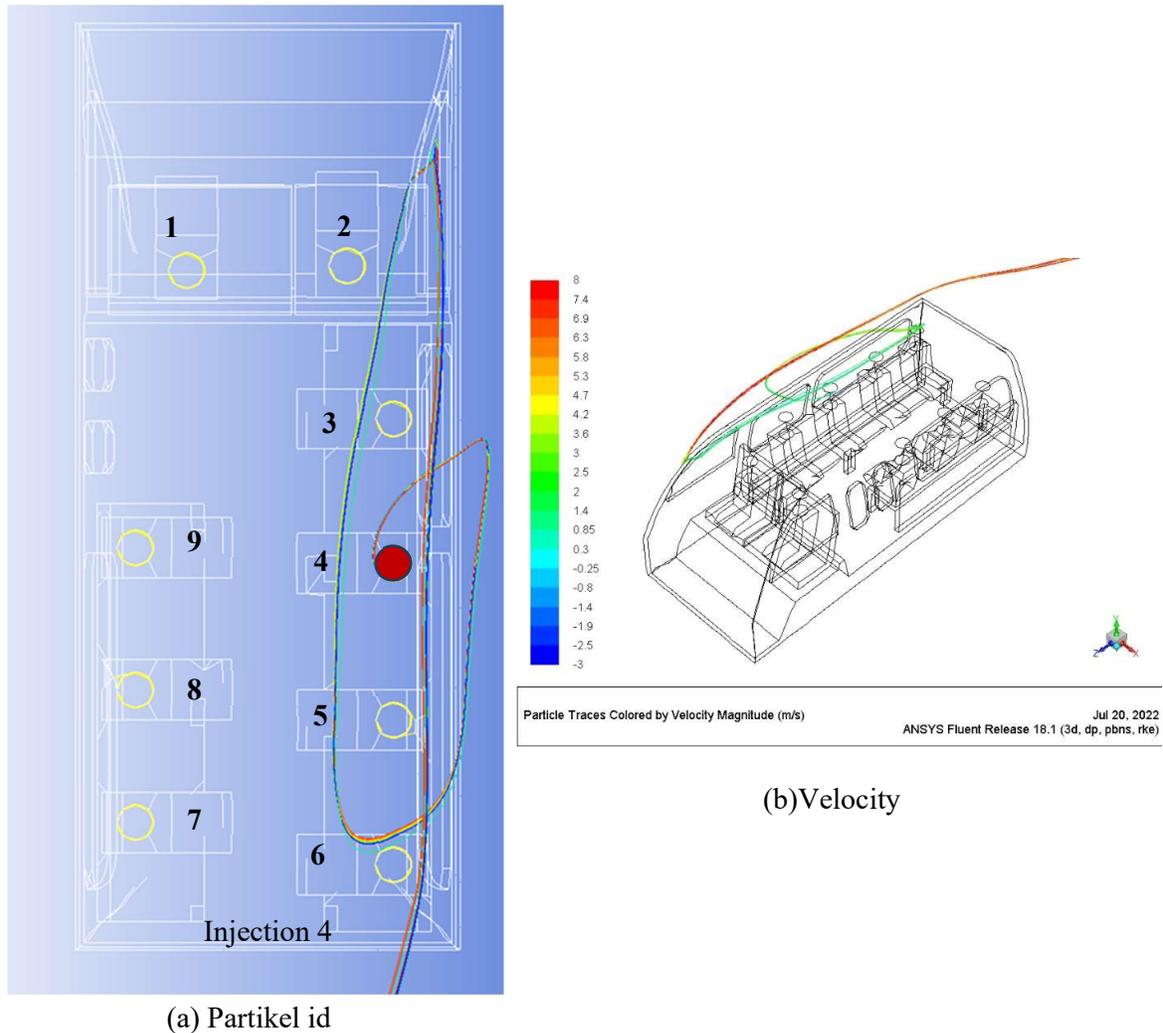
(a) Partikel id

(b) Velocity

Gambar 4.51 Penyebaran Udara Titik 8 pada Variasi Bukaannya Jendela 6 dengan Kecepatan Kendaraan 30 km/jam

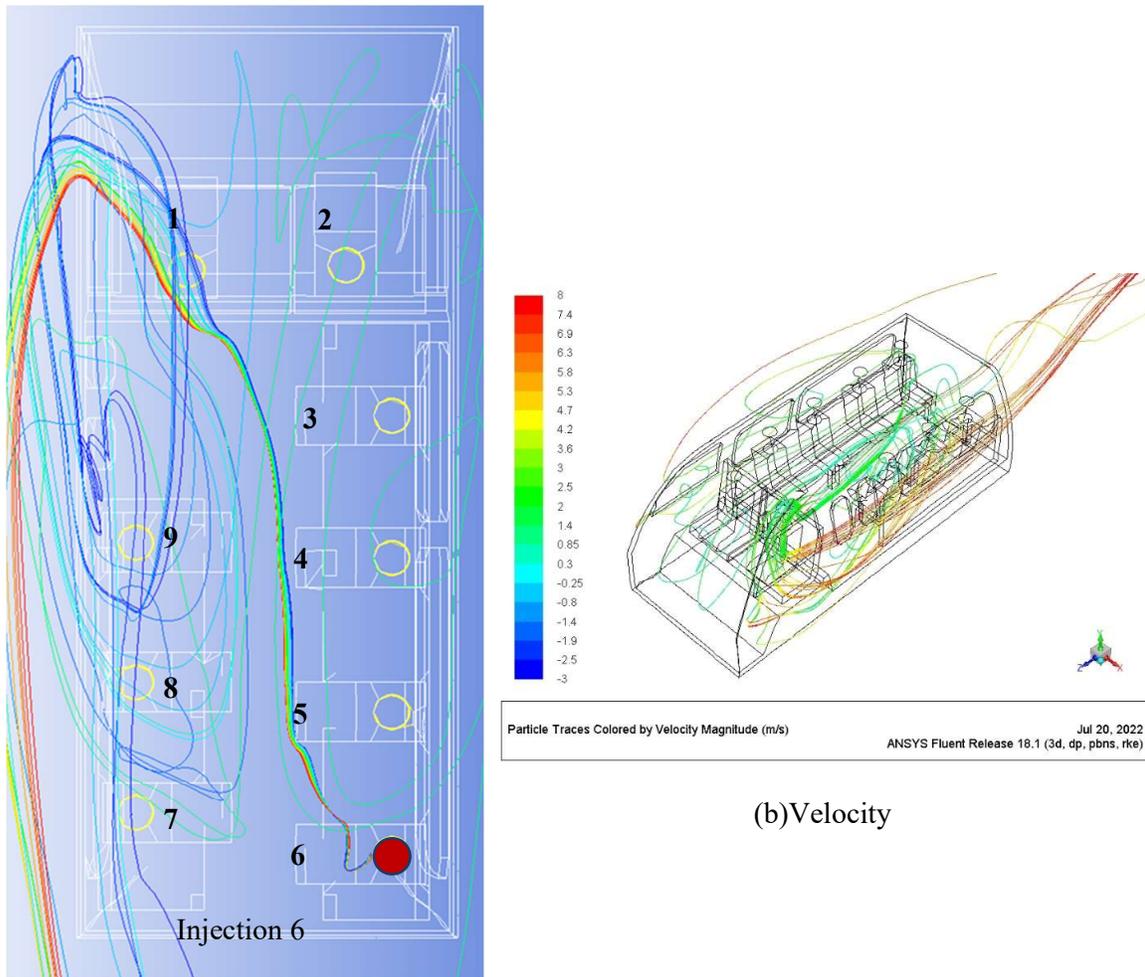
Pada Gambar 4.51 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 8, variasi bukaan jendela 6 dan kecepatan angkutan umum yaitu 30 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa penyebaran virus relatif sempit. Namun bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk paling bahaya berada pada titik 7 dan 9.

4.6.2 Penyebaran Droplet Kecepatan Kendaraan 40 km/jam



Gambar 4.52 Penyebaran Udara Titik 4 pada Variasi Buka-an Jendela 6 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam

Pada Gambar 4.52 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 4, variasi bukaan jendela 6 dan kecepatan angkutan umum yaitu 40 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bila penyebaran aliran hanya terjadi di satu sisi. Sehingga bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk yang paling bahaya yaitu ada pada titik 2, 3, 5 dan 6.

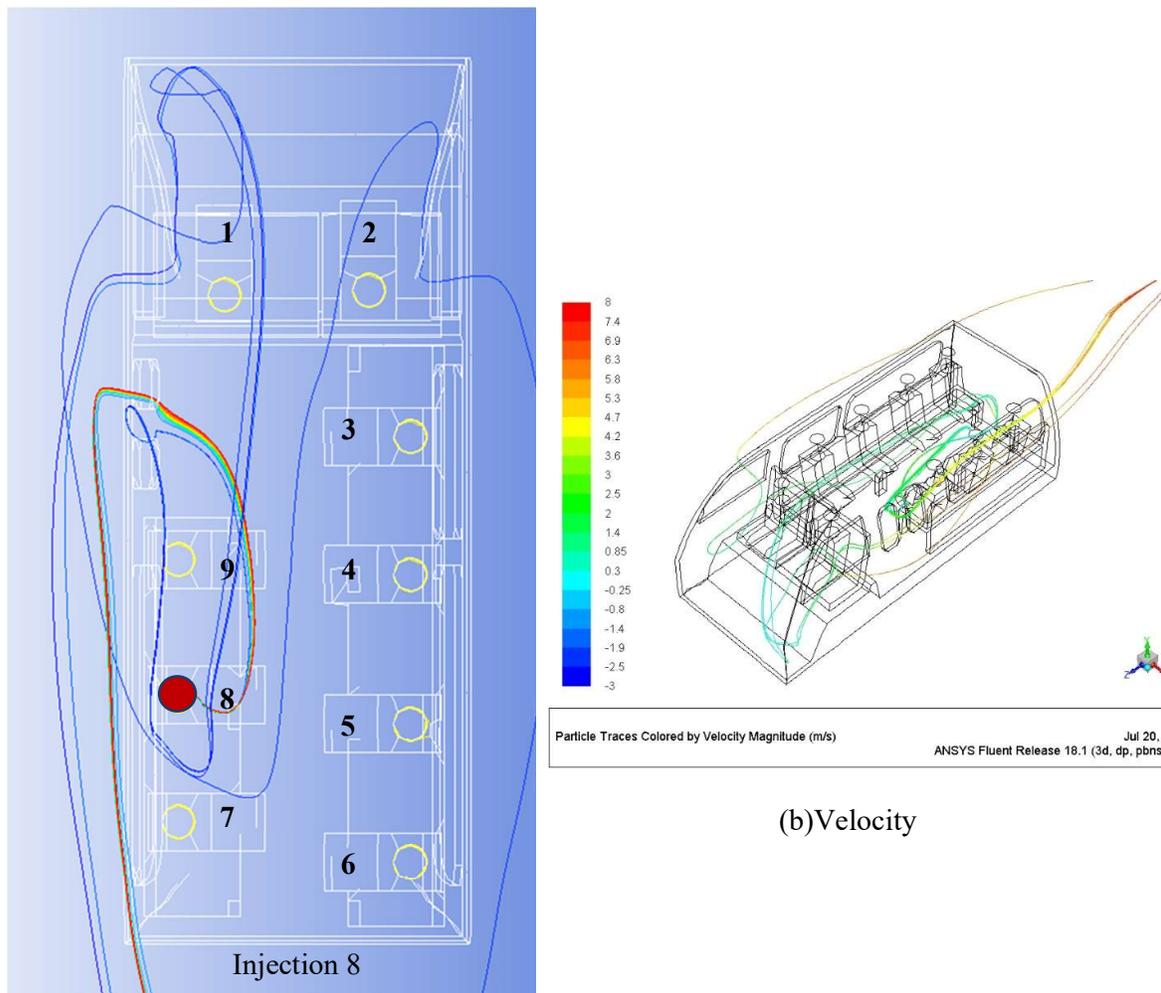


(a) Partikel id

(b) Velocity

Gambar 4.53 Penyebaran Udara Titik 6 pada Variasi Bukaannya Jendela 6 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam

Pada Gambar 4.53 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 6, variasi bukaan jendela 6 dan kecepatan angkutan umum yaitu 40 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa penyebaran virus relatif luas dan hampir mengenai kepala setiap penumpang. Namun bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk relatif aman berada pada titik 5, 4, dan 3 dilihat dari jarak aliran terdekat yang relatif jauh dari kepala penumpang.



(a) Partikel id

(b) Velocity

Gambar 4.54 Penyebaran Udara Titik 8 pada Variasi Bukaannya Jendela 6 dengan Kecepatan Kendaraan 40 km/jam

Pada Gambar 4.54 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus bila orang terinjeksi duduk di bangku nomor 8, variasi bukaan jendela 6 dan kecepatan angkutan umum yaitu 40 km/jam. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa penyebaran virus relatif sempit. Namun bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel terinjeksi yang mendekati kepala penumpang, tempat duduk paling bahaya berada pada titik 9, 1 dan 2 ditunjukkan dengan banyaknya aliran disekitar kepala penumpang.

Bila dibandingkan kecepatan kendaraan 30 km/jam dan 40 km/jam pada hasil simulasi dengan bukaan jendela variasi 6, kondisi yang paling membahayakan penumpang didalam angkutan umum yaitu bila kendaraan melaju dengan kecepatan 30km/jam dengan sumber injeksi dipenumpang nomor 6 dan kecepatan 40 km/jam dengan sumber injeksi dipenumpang nomor 6. Sedangkan dengan variasi sumber injeksi lainnya, penyebaran relatif hanya di satu sisi sehingga membahayakan lebih sedikit penumpang.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat penyebaran virus Covid-19 di dalam angkot melalui simulasi numeric menggunakan software Ansys-Fluent 19.1. Dalam hal ini, virus yang akan terbawa dalam aliran udara diasumsikan sebagai partikel yang berupa water-liquid dan inert, dengan interval diameter partikel antara 1 mikron sampai 5 mikron dan flowrate sebesar 10-20 kg/s. Partikel tersebut diinjeksikan dari 3 lokasi tempat duduk. Pada tugas akhir ini di analisa berdasarkan keadaan kendaraan umum yang tidak menggunakan AC sehingga diberikan 6 variasi bukaan jendela sebagai sirkulasi udara dalam kendaraan. Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Bila dibandingkan berdasarkan kecepatan kendaraan, penyebaran aliran relatif sama, kecuali pada variasi bukaan jendela 3 dan 6. Pada variasi bukaan jendela 3, kemungkinan penyebaran covid-19 dalam kabin angkutan umum lebih sedikit apabila kendaraan melaju dengan kecepatan 30 km/jam. Sedangkan untuk variasi bukaan jendela 6, kemungkinan penyebaran covid-19 dalam kabin angkutan umum lebih sedikit apabila kendaraan melaju dengan kecepatan 40 km/jam. Maka dapat disimpulkan bahwa kecepatan kendaraan berpengaruh terhadap penyebaran covid-19 dalam kabin angkutan umum.
2. Variasi bukaan jendela berpengaruh terhadap perubahan karakteristik aliran penyebaran virus Covid-19 di dalam kabin angkutan umum. Berdasarkan hasil simulasi dari 6 variasi bukaan jendela yang relatif aman bila dilihat dari 3 titik sumber injeksi ialah variasi 3 dan kecepatan kendaraan 30 km/jam dan variasi 6 dengan kecepatan kendaraan 40 km/jam.
3. Variasi konfigurasi bukaan jendela serta kecepatan kendaraan yang membahayakan hampir semua penumpang yaitu pada variasi ke 1 dengan kecepatan kendaraan 30 km/jam, sumber injeksi virus dari tempat duduk nomor 8 dan 4; variasi ke 2 dengan kecepatan kendaraan 30 km/jam, sumber injeksi virus dari tempat duduk nomor 6; variasi ke 2 dengan kecepatan kendaraan 40 km/jam, sumber injeksi virus dari tempat duduk nomor 6; variasi ke 3 dengan kecepatan kendaraan 30 km/jam, sumber injeksi virus dari tempat duduk nomor 6; variasi ke 3 dengan kecepatan kendaraan 40 km/jam, sumber injeksi virus dari tempat duduk nomor 6 dan 8; variasi ke 4 dengan kecepatan kendaraan 30 km/jam, sumber injeksi virus dari tempat duduk nomor 4; variasi ke 4 dengan kecepatan kendaraan 40 km/jam, sumber injeksi virus dari tempat duduk nomor 4; variasi ke 5 dengan kecepatan kendaraan 30 km/jam, sumber injeksi virus dari tempat duduk nomor 4; variasi ke 5 dengan kecepatan kendaraan 40 km/jam, sumber injeksi virus dari tempat duduk nomor 4; dan variasi ke 6 dengan kecepatan kendaraan 30 km/jam, sumber injeksi virus dari tempat duduk nomor 6. Sedangkan variasi konfigurasi bukaan jendela serta kecepatan kendaraan yang memiliki risiko penyebaran paling kecil atau hanya membahayakan 1-2 penumpang lainnya yaitu pada variasi ke 2 dengan kecepatan kendaraan 30 km/jam, sumber injeksi virus dari tempat duduk nomor 4; variasi ke 2 dengan kecepatan kendaraan 40 km/jam, sumber injeksi virus dari tempat duduk nomor 4; variasi ke 5 dengan kecepatan kendaraan 30 km/jam, sumber injeksi virus dari tempat duduk nomor 6; dan variasi ke 5 dengan kecepatan kendaraan 40 km/jam, sumber injeksi virus dari tempat duduk nomor 6.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil yang didapat, sebaiknya penumpang dan supir harus tetap mematuhi protokol kesehatan dalam kondisi pandemi Covid-19. Kemudian saran dan rekomendasi yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu melakukan simulasi unsteady atau simulasi secara transient. Hal tersebut ditujukan agar dapat diketahui penyebaran virus setiap waktu tertentu dan mengetahui waktu virus keluar dari kabin mobil.

DAFTAR PUSTAKA

- Anslys Inc. 2013. *Workbench User Guide*. Cannonzburg: ANSYS Inc.
2022. *covid19.go.id*. January. <http://covid19.go.id>.
- Fluent.Inc. 2006. *Fluent's User Guide*. Lebanon: Fluent.Inc.
- Lotfi, Melika, Michael R Hamblin, dan Nima Rezaei. 2020. "COVID-19: Transmission, prevention, and potential therapeutic opportunities." *Elsevier Public Health Emergency Collection* 254-266.
- Mathai, Varghese, Asimanshu Das, Jeffrey A. Bailey, dan Breuer Kenneth. 2021. "Airflows inside passenger cars and implications for airborne disease transmission." *Science Advances*.
- Pena-Monferrer, C, S Antao, dan R Manson-Sawko. 2021. "Numerical investigation of droplets in a cross-ventilated space with sitting passengers under asymptomatic virus transmission conditions." *Physics of Fluid*.
- Pritchard, Phillip J., dan John W. Mitchell. 2015. *Fox and McDonald's Introduction to Fluid Mechanics 9th Edition*. United States of America: Wiley.
- UNICEF. 2020. *UNICEF : Coronavirus*. <https://www.unicef.org/coronavirus/covid-19>.
- Warpani, P. Suwardjoko. 2002. *Pengelolaan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*. Bandung: ITB.
2022. *WHO International*. <https://www.who.int/indonesia/news/novel-coronavirus/qa/qa-how-is-covid-19-transmitted>.
- Yang, Xia, Cuiyun Ou, Hongyu Yang, Li Liu, Tie Song, Min Kang, Hualing Lin, dan Jian Hang. 2020. "Transmission of pathogen-laden expiratory droplet in coach bus." *Journal of Hazardous Materials*.
- Zhu, Shengwei, Phillip Demokritou, dan John Spengler. 2010. "Experimental and numerical investigation of micro-environmental conditions in public transportation buses." *Building and Environment* 2077-2088.