

TUGAS AKHIR - TM184835

**ANALISA NUMERIK KARAKTERISTIK ALIRAN UDARA
PADA MINIBUS DAN IMPLIKASINYA PADA
PENYEBARAN VIRUS COVID-19**

MUHAMMAD HUSNIR RAHMAN

NRP 02111840000161

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 MINIBUS DAN IMPLIKASINYA
PADA PENYEBARAN VIRUS COVID-19**

MUHAMMAD HUSNIR RAHMAN

NRP 02111840000161

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 MINIBUS AND ITS
IMPLICATIONS FOR THE SPREAD OF THE
COVID-19 VIRUS**

MUHAMMAD HUSNIR RAHMAN

NRP 02111840000161

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 MINIBUS DAN
IMPLIKASINYA PADA PENYEBARAN VIRUS COVID-19**

PROPOSAL TUGAS AKHIR

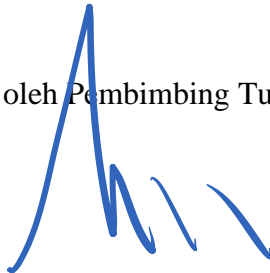
Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Teknik Mesin
Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Muhammad Husnir Rahman

NRP. 02111840000161

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Prof. Dr. Ir. Tri Yogi Yuwono, DEA

NIP. 196001291987011001

SURABAYA

2022

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA NUMERIK KARAKTERISTIK ALIRAN UDARA PADA MINIBUS 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 : **Muhammad Husnir Rahman**
NRP. 02111840000161

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 MINIBUS 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 : **Muhammad Husnir Rahman**

NRP. 02111840000161

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 : Muhammad Husnir Rahman / 02111840000161

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 Minibus 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

(Muhammad Husnir Rahman)

NRP. 02111840000161

STATEMENT OF ORIGINALITY


The undersigned below:

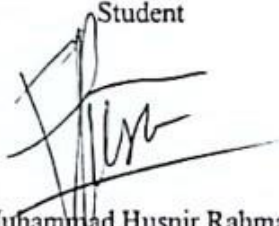
Name of student / NRP : Muhammad Husnir Rahman / 02111840000161
Department : Mechanical Engineering
Advisor / NIP : Prof. Dr. Ir. Tri Yogi Yuwono, DEA / 196001291987011001

hereby declare that the Final Project with the title of "Numerical Analysis Of Airflow Characteristics In Minibus 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

(Muhammad Husnir Rahman)
NRP. 02111840000161

ABSTRAK
ANALISA NUMERIK KARAKTERISTIK ALIRAN UDARA PADA
MINIBUS DAN IMPLIKASINYA PADA PENYEBARAN VIRUS
COVID-19

Nama Mahasiswa : MUHAMMAD HUSNIR RAHMAN
NRP : 02111840000161
Departemen : Teknik Mesin FTIRS-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr.Ir. Tri Yogi Yuwono, DEA.
Co-Pembimbing : Nur Ikhwan, S.T.,M.Eng

Adanya pandemi virus *Covid-19* yang dimulai sejak akhir tahun 2019 telah menyebabkan meningkatnya kasus kematian. Banyaknya kasus kematian ini selain disebabkan oleh virus *Covid-19* yang menyerang saluran pernapasan, juga disebabkan oleh cepatnya penyebaran virus *Covid-19*. Media penyebaran virus *Covid-19* yang utama adalah melalui aerosol atau *droplet* yang dikeluarkan saat manusia berbicara dan bernafas. Oleh sebab itu, guna mencegah penularan *covid-19* protokol kesehatan yang ketat wajib diterapkan seperti menggunakan masker, menjaga jarak, mencuci tangan, dan membatasi interaksi sosial. Salah satu interaksi sosial yang sering terjadi adalah di saat sekelompok orang berada di dalam ruangan mobil, dimana terdapat skenario dimana terdapat dua orang atau lebih yang berada di dalam satu kabin, terutama pada kendaraan umum dan mobil dengan kapasitas *passenger* yang besar. Berdasarkan kasus tersebut, maka pada tugas akhir ini akan dilakukan analisis karakteristik aliran udara di dalam kabin mobil, dimana diambil studi kasus untuk mobil minibus untuk mengetahui posisi tempat duduk yang paling optimal guna merespon kebutuhan dalam meminimalisir penyebaran virus *Covid-19*.

Tugas akhir ini menggunakan perangkat lunak ANSYS FLUENT untuk melakukan simulasi pada kabin pada minibus dimana diambil minibus ELF. Pemodelan simulasi pada penelitian ini yaitu ELF dengan divariasikan beberapa mode berkendara yaitu berkendara dengan AC mobil menyala dengan lima belas konfigurasi kapasitas AC depan dan belakang yang berbeda. Kemudian, hasil simulasi numerik akan di validasi melalui eksperimen dengan membandingkan nilai tekanan udara pada titik tertentu antara simulasi dan eksperimen. Dimana untuk validasi digunakan nilai dari salah satu variasi yaitu seluruh jendela terbuka.

Hasil simulasi diamati berdasarkan distribusi kecepatan di dalam kabin mobil, distribusi tekanan di dalam kabin mobil, dan juga karakteristik aliran di dalam kabin mobil. Variasi konfigurasi kecepatan AC yang paling banyak membahayakan *passenger* lainnya dilihat dari 3 sumber injeksi yang menyemprotkan 10 partikel berkecepatan 20 m/s yaitu pada variasi ke variasi ke 8 dengan kecepatan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s, outlet AC 2.30 m/s. Sedangkan variasi konfigurasi kecepatan AC yang hampir tidak membahayakan *passenger* lainnya dilihat dari 3 sumber injeksi yang menyemprotkan 10 partikel berkecepatan 20 m/s yaitu pada variasi ke 11 dengan kecepatan inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s, outlet AC 4.14 m/s.

Kata Kunci : Penyebaran COVID-19, COVID-19, Aliran Udara, Analisa Numerik, Minibus Elf.

ABSTRACT
**NUMERICAL ANALYSIS OF AIRFLOW CHARACTERISTICS IN MINIBUS
AND ITS IMPLICATIONS FOR THE SPREAD OF THE COVID-19 VIRUS**

Student's Name : MUHAMMAD HUSNIR RAHMAN
NRP : 02111840000161
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 pandemic that began at the end of 2019 has caused an increase in death cases. The number of deaths is not only caused by the Covid-19 virus that attacks the respiratory tract, but also due to the rapid spread of the Covid-19 virus. The main medium for spreading the Covid-19 virus is through aerosols or droplets released when humans talk and breathe. Therefore, in order to prevent the transmission of covid-19, strict health protocols must be implemented such as wearing masks, maintaining distance, washing hands, and limiting social interactions. One of the social interactions that often occurs is when a group of people are in a car room, where there is a scenario where there are two or more people in one cabin, especially in public vehicles and cars with large passenger capacity. Based on this case, this final project will analyze the characteristics of airflow in the car cabin, where a case study is taken for a minibus car to determine the most optimal seating position to respond to the need to minimize the spread of the Covid-19 virus.

This final project uses ANSYS FLUENT software to simulate the cabin of a minibus where an ELF minibus is taken. Simulation modeling in this study is ELF with an air speed inlet from the front side of ELF, to represent the wind while driving. In addition, several driving modes are also varied, namely driving with the car air conditioner on with six different configurations of front and rear air conditioner capacity, driving with two windows open, driving with only the left window open, and driving with only the right window open. Then, the numerical simulation results will be validated through experiments by comparing the air pressure values at a certain point between simulations and experiments. For validation, the value of one of the variations, i.e. all windows open, is used.

The simulation results are observed based on the velocity distribution in the car cabin, the pressure distribution in the car cabin, and also the flow characteristics in the car cabin. The AC speed configuration variation that most endangers other passengers is seen from 3 injection sources spraying 10 particles at a speed of 20 m/s, namely in the 8th variation with a front AC inlet speed of 4.14 m/s, rear AC inlet 1.33 m/s, AC outlet 2.30 m/s. While the variation of the AC speed configuration that is almost harmless to other passengers is seen from 3 injection sources that spray 10 particles at a speed of 20 m/s, namely in the 11th variation with a front AC inlet speed of 1.86 m/s, rear AC inlet 0.42 m/s, AC outlet 4.14 m/s.

Keywords: *COVID-19 Spread, COVID-19, Airflow, Number Analysis, Minibus Elf.*

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 meberikan 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, kakak, dan teman penulis khususnya yang bernama Farhati 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
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Mobil <i>Passenger</i>	5
2.2 Angkutan Umum	6
2.3 COVID-19	7
2.4 Pola Aliran Fluida	9
2.5 Numerical Modelling	10
2.5.1 Pre-Processing	10
2.5.2 Processing	10
2.5.3 Post-Processing	11
2.6 ANSYS WORKBENCH 18.1	11
2.6.1 Software Fluent	11
2.6.2 Viscous Model	12
2.6.3 Model Turbulensi Dekat Dinding (Near Wall Treatment)	13
2.7 Penelitian Terdahulu	14
2.7.1 Penelitian Mengenai Simulasi Aliran Udara di Dalam Mobil <i>Passenger</i>	14
2.7.2 Penelitian Mengenai Kondisi Kadar Udara di Dalam Bus	16
2.7.3 Penelitian Mengenai Penyebaran Droplet di Dalam Bus	18

2.7.4	Penelitian Mengenai Penyebaran Droplet kasus Tanpa Gejala pada Transportasi Publik	21
BAB III	24
3.1	Flowchart	24
3.2	Studi Literatur	26
3.3	Simulasi pada Software Fluent 19.1	26
3.3.1	Tahap Pre-Processing	26
3.3.2	Tahap Processing	29
3.3.3	Tahap Post-Processing	30
3.4	Grid Independence Test	31
3.5	Variasi Penelitian	32
3.6	Validasi Hasil Simulasi dengan Eksperimen	35
3.6.1	Membuat Model Eksperimen.....	35
3.6.2	Melakukan Pemasangan Pitot Tube	36
3.6.3	Pengujian dan Pengambilan Data pada Wind Tunnel.....	37
3.6.4	Hasil Validasi	39
BAB VI	ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	41
4.1	Variasi Kecepatan Outlet AC 2,26 m/s	41
4.1.1.	Kecepatan AC Depan 1,86 m/s dan Belakang 0,42 m/s	41
4.1.2.	Kecepatan AC Depan 2.30 m/s dan Belakang 1 m/s	45
4.1.3.	Kecepatan AC Depan 4.14 m/s dan Belakang 1.33 m/s	49
4.1.4.	Kecepatan AC Depan 1.86 m/s dan Belakang 1.33 m/s	53
4.1.5.	Kecepatan AC Depan 4.14 m/s dan Belakang 0,42 m/s	57
4.2	Variasi Kecepatan Outlet AC 2,30 m/s	61
4.2.1	Kecepatan AC Depan 1,86 m/s dan Belakang 0,42 m/s	61
4.2.2	Kecepatan AC Depan 2.30 m/s dan Belakang 1 m/s	65
4.2.3	Kecepatan AC Depan 4.14 m/s dan Belakang 1.33 m/s	69
4.2.4	Kecepatan AC Depan 1.86 m/s dan Belakang 1.33 m/s	73
4.2.5	Kecepatan AC Depan 4.14 m/s dan Belakang 0,42 m/s	77
4.3	Variasi Kecepatan Outlet AC 4,14 m/s	81
4.3.1.	Kecepatan AC Depan 1,86 m/s dan Belakang 0,42 m/s	81

4.3.2. Kecepatan AC Depan 2.30 m/s dan Belakang 1 m/s	85
4.3.3. Kecepatan AC Depan 4.14 m/s dan Belakang 1.33 m/s	89
4.3.4. Kecepatan AC Depan 1.86 m/s dan Belakang 1.33 m/s	93
4.3.5. Kecepatan AC Depan 4.14 m/s dan Belakang 0,42 m/s	97
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	102
5.1. Kesimpulan	102
5.2. Saran.....	103
DAFTAR PUSTAKA	104

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Jumlah Penambahan Kasus Covid-19 di Indonesia	2
Gambar 1. 2 Kabin Mobil ELF	2
Gambar 2. 1 Mobil Sedan.....	5
Gambar 2. 2 Minibus 16 Penumpang (Elf)	6
Gambar 2. 3 Sport Utility Vehicle.....	6
Gambar 2. 4 Bus Antar Kota	7
Gambar 2. 5 Poster Protokol Kesehatan Pencegahan COVID-19.....	8
Gambar 2. 6 Timeline.....	9
Gambar 2. 7 Pathline	9
Gambar 2. 8 Streamline.....	10
Gambar 2. 9 ANSYS Workbench.....	11
Gambar 2. 10 Geometri Permodelan dan Variasi (Mathai, et al. 2021).....	15
Gambar 2. 11 Streamline dari Variasi ke 3 Simulasi (Mathai, et al. 2021).....	15
Gambar 2. 12 Air Change Rate (ACH) Seluruh Variasi (Mathai, et al. 2021) ...	16
Gambar 2. 13 Bus milik Universitas Harvard (a) Tampak Atas (b) Potongan A-A (c) Potongan B-B (Zhu, et al. 2010).....	17
Gambar 2. 14 Distribusi Kecepatan di Dalam Kabin Bus (Zhu, et al. 2010).....	18
Gambar 2. 15 Waktu Residual Udara di Dalam Kabin Bus (Zhu, et al. 2010) ...	18
Gambar 2. 16 Domain Permodelan (Yang, et al. 2020)	19
Gambar 2. 17 Ukuran Grid yang Digunakan (Yang, et al. 2020).....	20
Gambar 2. 18 Karakteristik Aliran Droplet (10 mikron RH 35%) dengan Berbagai Mode Pendingin Udara (a) ke bawah (b) ke kiri (c) ke tengah (d) ke belakang (e) ke depan (Yang, et al. 2020)	21
Gambar 2. 19 Boundary Condition pada Penelitian (Pena-Monferrer, et al. 2021)	22
Gambar 2. 20 Aliran Droplet pada Berbagai Variasi (Pena-Monferrer, et al. 2021)	22
Gambar 2. 21 Jarak Droplet ke Mulut <i>Passenger</i> (Pena-Monferrer, et al. 2021) 23	
Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian	25
Gambar 3. 2 Gambar Teknik Minibus 16 Seat.....	26
Gambar 3. 3 Model Tiga Dimensi.	27
Gambar 3. 4 Domain Geometri Komputasi.....	27
Gambar 3. 5 Meshing	28
Gambar 3. 6 Penentuan Domain.....	29
Gambar 3. 7 Post-Processing.....	30
Gambar 3. 8 Grafik Grid Independence Test	31
Gambar 3. 9 Posisi Inlet dan Outlet AC, jarak antar passenger	32
Gambar 3. 10 Meshing pada Domain Simulasi.....	33
Gambar 3. 11 Anemometer yang Digunakan dalam Pengukuran Kecepatan AC ELF.....	34
Gambar 3. 12 Letak Partikel Covid-19.....	35
Gambar 3. 13 Parameter Partikel Covid-19.....	35

Gambar 3. 13 Model Eksperimen Hasil 3D Printing.....	36
Gambar 3. 14 Lokasi Pitot Tube pada Eksperimen	36
Gambar 3. 15 Inclined Manometer pada Eksperimen	37
Gambar 3. 16 Flowchart Pengujian	38
Gambar 3. 17 Pengujian Pada Wind Tunnel	39
Gambar 4. 1 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.26 m/s.....	42
Gambar 4. 2 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.26 m/s.....	43
Gambar 4. 3 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.26 m/s.....	44
Gambar 4. 4 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.26 m/s	45
Gambar 4. 5 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 2,30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 2,26 m/s	46
Gambar 4. 6 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 2.26 m/s	47
Gambar 4. 7 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 2.26 m/s.....	48
Gambar 4. 8 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 2.26 m/s	49
Gambar 4. 9 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.26 m/s.....	50
Gambar 4. 10 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.26 m/s.....	51
Gambar 4. 11 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.26 m/s.....	52
Gambar 4. 12 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.26 m/s.....	54
Gambar 4. 13 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.26 m/s.....	55
Gambar 4. 14 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.26 m/s.....	56
Gambar 4. 15 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.26 m/s.....	57
Gambar 4. 16 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.26 m/s.....	58
Gambar 4. 17 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.26 m/s.....	59
Gambar 4. 18 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.26 m/s.....	60
Gambar 4. 19 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan	

arah aliran, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.26 m/s	61
Gambar 4. 20 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.30 m/s.....	62
Gambar 4. 21 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.30 m/s.....	63
Gambar 4. 22 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.30 m/s.....	64
Gambar 4. 23 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.30 m/s	65
Gambar 4. 24 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 2.30 m/s.....	66
Gambar 4. 25 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 2.30 m/s.....	67
Gambar 4. 26 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 2.30 m/s.....	68
Gambar 4. 27 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 2.30 m/s.....	69
Gambar 4. 28 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.30 m/s.....	70
Gambar 4. 29 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.30 m/s.....	71
Gambar 4. 30 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.30 m/s.....	72
Gambar 4. 31 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.30 m/s	73
Gambar 4. 32 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.30 m/s.....	74
Gambar 4. 33 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.30 m/s.....	75
Gambar 4. 34 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.30 m/s.....	76
Gambar 4. 35 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.30 m/s	77
Gambar 4. 36 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.30 m/s.....	78
Gambar 4. 37 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.30 m/s.....	79
Gambar 4. 38 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.30 m/s.....	80
Gambar 4. 39 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 4.14 m/s.....	82

Gambar 4. 40 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 4.14 m/s.....	83
Gambar 4. 41 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 4.14 m/s.....	84
Gambar 4. 42 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 4.14 m/s.....	85
Gambar 4. 43 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 4.14 m/s.....	86
Gambar 4. 44 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 4.14 m/s.....	87
Gambar 4. 45 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 4.14 m/s.....	88
Gambar 4. 46 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 4.14 m/s.....	89
Gambar 4. 47 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 4.14 m/s.....	90
Gambar 4. 48 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 4.14 m/s.....	91
Gambar 4. 49 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 4.14 m/s.....	92
Gambar 4. 50 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 4.14 m/s.....	93
Gambar 4. 51 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 4.14 m/s.....	94
Gambar 4. 52 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 4.14 m/s.....	95
Gambar 4. 53 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 4.14 m/s.....	96
Gambar 4. 54 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 4.14 m/s.....	97
Gambar 4. 55 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 4.14 m/s.....	98
Gambar 4. 56 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 4.14 m/s.....	99
Gambar 4. 57 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 4.14 m/s.....	100
Gambar 4. 58 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 4.14 m/s.....	101

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Boundary Condition.....	30
Tabel 3. 2 Grid Independence Test	31
Tabel 3. 3 Variasi Kecepatan AC.....	34
Tabel 3. 4 Hasil Validasi Simulasi.....	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada Januari 2020, terdapat *warning* pertama dalam gelombang pandemi COVID-19, dimana virus tersebut telah menyebabkan banyaknya kasus kematian. Tercatat kasus kematian di dunia sampai pada bulan Januari 2022 sebanyak 5.56 juta jiwa, dan sebanyak 144 ribu di Indonesia (Satuan Penanganan COVID-19 2021). **Gambar 1.1** menunjukkan jumlah penambahan kasus Covid-19 di Indonesia. Banyaknya kasus kematian ini selain disebabkan oleh virus Covid-19 yang menyerang saluran pernapasan. Selain itu, hal ini juga disebabkan oleh cepatnya penyebaran virus Covid-19 yang dapat menyebar melalui aerosol atau *droplet* yang dikeluarkan saat manusia berbicara dan bernafas. Dunia mengalami adaptasi secara cepat untuk menangani virus tersebut, dengan mengasosialisasikan protocol Kesehatan yang diterapkan tidak hanya secara individual, namun juga secara komunal. Penyesuaian dilakukan terutama di tempat umum, yang memiliki tingkat sirkulasi serta perpindahan manusia yang tinggi dan sangat riskan terhadap risiko penularan virus Covid-19. Sebab itu, guna mencegah penularan covid-19, WHO menetapkan protokol kesehatan yang ketat wajib diterapkan seperti menggunakan masker, menjaga jarak, mencuci tangan, dan membatasi interaksi sosial. Salah satu interaksi sosial yang sering terjadi adalah di saat sekelompok orang berada di dalam ruangan mobil, dimana terdapat skenario dimana terdapat dua orang atau lebih yang berada di dalam satu kabin, terutama pada kendaraan umum atau mobil dengan kapasitas *passenger* yang besar. (Zhu, et al. 2010) telah 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, et al. 2021) melakukan penelitian mengenai karakteristik aliran dan potensi penularan virus antara pengemudi-*passenger*, dan sebaliknya pada *passenger-car* dengan berbagai konfigurasi ventilasi, didapatkan bahwa dengan membuka semua jendela, maka potensi penularan virus adalah yang paling kecil. (Yang, et al. 2020) melakukan penelitian mengenai potensi penularan droplet pada bus di China dengan variasi RH dan ukuran droplet, dimana didapatkan semakin kecil droplet maka penularan akan semakin meningkat. (Pena-Monferrer, Antao and Manson-Sawko 2021) melakukan simulasi secara high-resolution, dimana hasil simulasi dapat menunjukkan probabilitas jarak dari droplet seseorang yang bersuara terhadap mulut dari seseorang yang diam, dimana dapat digunakan untuk mengetahui potensi penyebaran virus.



Gambar 1. 1 Jumlah Penambahan Kasus Covid-19 di Indonesia

(Sumber: <https://covid19.go.id/peta-sebaran>, Diakses Januari 2022)



Gambar 1. 2 Kabin Mobil ELF

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perlu dilakukannya analisis terutama terkait karakteristik aliran di dalam kabin sebuah kendaraan dengan jumlah *passenger* yang banyak. Dimana pada tugas akhir ini akan dilakukan analisis karakteristik aliran udara di dalam mobil ELF antar kota guna mengetahui potensi meminimalisir penyebaran virus Covid-19. Tugas akhir ini menggunakan perangkat lunak ANSYS FLUENT untuk melakukan simulasi pada kabin ELF. Pemodelan simulasi pada penelitian ini yaitu ELF dengan inlet kecepatan udara dari sisi depan ELF, untuk merepresentasikan angin saat berkendara. Selain itu, juga divariasikan beberapa mode berkendara yaitu berkendara dengan AC mobil menyala dengan enam konfigurasi kapasitas AC depan dan belakang yang berbeda, berkendara dengan dua jendela terbuka, berkendara dengan hanya jendela kiri yang terbuka, dan berkendara dengan hanya jendela kanan yang terbuka. Output dari hasil simulasi adalah distribusi kecepatan di dalam kabin mobil, distribusi tekanan di dalam kabin mobil, dan juga karakteristik aliran di dalam kabin mobil.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini, akan diamati aliran didalam kabin minibus model ELF, serta analisis kemungkinan penyebaran covid-19 pada di dalam kabin ELF. Hipotesa awal pada penelitian ini adalah:

1. Semakin tingginya kecepatan dari kendaraan, maka kemungkinan penyebaran virus akan menurun, hal ini diakibatkan sirkulasi udara akan semakin lebih cepat
2. Daerah bertekanan rendah di dalam kabin ELF 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 akan berpengaruh terhadap penyebaran virus covid-19, dengan hipotesa bahwa semakin banyaknya jendela yang terbuka maka kemungkinan penyebaran virus covid-19 akan semakin menurun karena akan meningkatkan pergantian udara di dalam mobil
4. Penggunaan *air conditioning* di dalam minibus dapat meningkatkan kemungkinan penyebaran virus covid-19, karena dapat menurunkan pergantian udara segar di dalam mobil

Berdasarkan hipotesa diatas akan dilakukan berbagai variasi kecepatan AC inlet dan outlet untuk mengetahui karakteristik aliran dan kemungkinan penyebaran virus covid-19. Selain itu, juga divariasikan beberapa mode berkendara yaitu berkendara dengan AC mobil menyala dengan enam konfigurasi kapasitas AC depan dan belakang yang berbeda

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.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kemungkinan penyebaran virus Covid-19 pada Angkutan Antar Kota type Mini/Sedang (ELF) melalui simulasi aliran secara numerik menggunakan perangkat lunak Ansys Fluent 19.0, dengan mempertimbangkan:

1. Pengaruh kecepatan udara terhadap karakteristik aliran di dalam kabin ELF.

2. Pengaruh penggunaan *air conditioning* terhadap karakteristik aliran di dalam kabin ELF.

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 dalam berkendara khususnya pada mobil ELF pada kondisi pandemi Covid-19.

BAB II

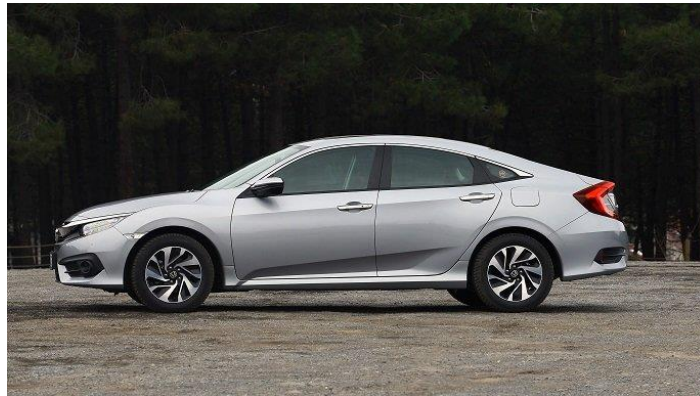
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mobil *Passenger*

Mobil *passenger* berdasarkan klasifikasi jenisnya terbagi atas 3, yaitu:

1. Sedan

Kendaraan Bermotor roda 4 digunakan khusus untuk mengangkut orang dengan maksimal jumlah kursi untuk 5 orang termasuk supir serta barang *passenger* dengan memiliki 3 bagian ruang kendaraan yaitu bagian mesin, bagian kabin *passenger*, dan bagian kabin barang atau bagasi seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2. 1 Mobil Sedan

(Sumber: Google image, diakses 2022.)

2. Minibus

Kendaraan Bermotor yang juga disebut minibus, minicoach, atau commuter adalah kendaraan roda 4 yang digunakan khusus untuk mengangkut orang dengan kapasitas yang lebih besar dari minivan namun lebih kecil dari bus seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2. 2 Minibus 16 Penumpang (Elf)

Sumber: (Google Image, diakses 2022.)

3. Sport Utility Vehicle

Kendaraan Bermotor roda 4 yang digunakan khusus untuk mengangkut orang dengan kapasitas 5-7 *passenger* dan supir serta barang dengan memiliki 2 bagian ruang kendaraan yaitu bagian mesin serta bagian kabin *passenger* namun dibangun diatas kerangka (chassis) truk ringan atau dikenal dengan istilah Kendaraan Utilitas Sport yaitu Sport Utility Vehicle (SUV) seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2. 3 Sport Utility Vehicle

Sumber: (Google Image, diakses 2022.)

2.2 Angkutan Umum

Angkutan adalah sarana untuk memindahkan orang dan atau barang dari satu tempat ke tempat lain. Tujuan dari angkutan adalah memfasilitasi orang atau kelompok orang menjangkau berbagai tempat yang dikehendaki atau mengirimkan barang dari tempat asalnya ke tempat

tujuannya. Prosesnya dapat dilakukan dengan menggunakan sarana angkutan berupa kendaraan. Sementara Angkutan Umum *Passenger* adalah angkutan *passenger* yang menggunakan kendaraan umum yang dilakukan dengan sistem sewa atau bayar. Termasuk dalam pengertian angkutan umum *passenger* adalah angkutan kota (bus, minibus, dsb), kereta api, angkutan air, dan angkutan udara. (Warpani 2002). **Gambar 2.4** menunjukkan gambar bus antar kota.



Gambar 2. 4 Bus Antar Kota

(Sumber: Google Image, diakses 2022.)

2.3 COVID-19

Corona virus adalah kumpulan virus yang bisa menginfeksi sistem pernapasan (Kemenkes, 2020). 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). Berikut merupakan beberapa metode penularan virus COVID-19 (Lotfi, Hamblin and Rezaei 2020)

1. Droplet

Ketika seorang pasien batuk atau bersin, droplet yang mengandung virus dari mulut

penderita COVID-19 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 benda di sekitar pengidap COVID-19. 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, dan kelembaban 40-50%

4. Transmisi Aerosol

Aerosol dapat bertahan di udara selama 24-48 jam dan menyebar dari beberapa meter hingga puluhan meter. Penyebaran aerosol ini rawan terjadi pada ruang tertutup. Namun, bukti mengenai penularan aerosol masih kurang kuat. WHO juga menganggap bahwa rute ini memerlukan penyelidikan lebih lanjut.



Gambar 2. 5 Poster Protokol Kesehatan Pencegahan COVID-19

(Sumber: Google Image, diakses 2022.)

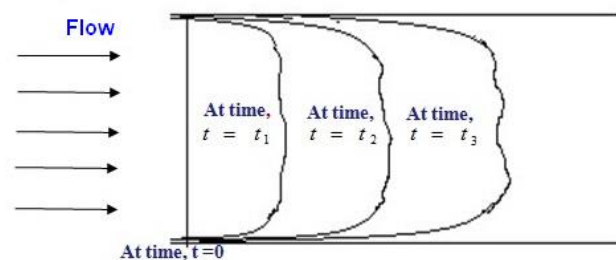
Untuk mencegah penularan virus COVID-19, pemerintah Indonesia menetapkan 5M yaitu sebagai berikut: (Kemenkes RI, 2020) :

- 1) Menggunakan masker
- 2) Mencuci tangan
- 3) Menjaga jarak
- 4) Menjauhi kerumunan

5) Mengurangi mobilitas

2.4 Pola Aliran Fluida

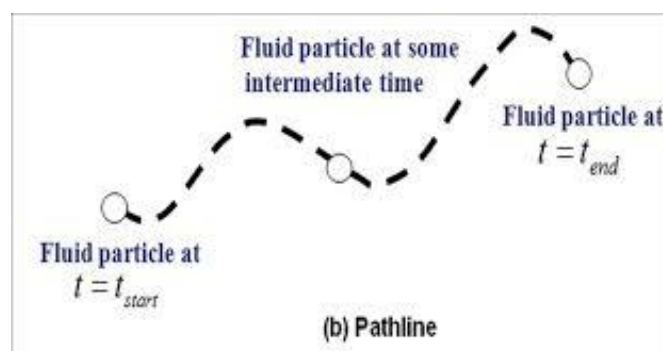
Pola aliran dari suatu fluida dapat divisualisasikan dengan menggunakan timelines, pathlines, streaklines dan streamlines. Jika partikel fluida yang berdekatan yang mengalir pada medan aliran fluida diberi tanda pada saat itu juga, maka akan terbentuk garis oleh fluida pada saat itu juga. Garis tersebut disebut juga sebagai *timeline* (Pritchard 2010) seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2. 6 Timeline

(Sumber: Pritchard, 2010.)

Pathline adalah jalur atau lintasan yang dilalui oleh partikel fluida yang bergerak. Untuk membuat sebuah pathline terlihat, sebuah partikel fluida akan diidentifikasi dengan menggunakan asap, akan diambil sebuah foto berdasarkan gerakan fluida tersebut seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2. 7 Pathline

Streamlines adalah garis yang digambar pada medan aliran sehingga pada setiap saat garis tersebut bersinggungan dengan vektor kecepatan aliran tersebut. Oleh karena itu, tidak akan ada aliran diseberang atau tegak lurus streamline. Streamline bisa digunakan sebagai teknik visualisasi. Pada aliran steady, kecepatan pada setiap titik fluida adalah konstan, sehingga bentuk dari streamline tidak pernah berubah terhadap waktu. seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.7**.



Gambar 2. 8 Streamline

2.5 Numerical Modelling

Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah suatu langkah untuk melakukan pendekatan dalam melakukan analisis sebuah aliran fluida, reaksi kimia dan analisis lainnya yang berkaitan dengan fluida. Pendekatan tersebut dilakukan dengan penyelesaian persamaan matematika atau model matematika. Proses analisis CFD secara umum dapat dibagi menjadi tiga tahapan yaitu *Pre-Processing*, *Processing*, dan *Post-Processing* (Sukamta, Thoharudin and Nugroho 2018)

2.5.1 Pre-Processing

Pre-Processing merupakan tahapan pertama pada proses CFD. Pada tahapan ini, dilakukan beberapa kegiatan, pertama adalah pembuatan geometri. Geometri yang dibuat harus memiliki dimensi yang sesuai dengan kondisi nyata. Langkah selanjutnya adalah pembuatan *grid* atau *meshing*. Domain geometri yang dimodelkan pada CFD harus dibagi menjadi beberapa sel, susunan sel-sel yang membentuk geometri secara utuh dinamakan dengan *grid* (Arkyan 2018) Pembuatan *grid* menentukan kualitas hasil simulasi. Semakin banyak jumlah *grid* maka kualitas hasil simulasi semakin baik, namun seiring meningkatnya jumlah *grid*, waktu yang diperlukan untuk melakukan proses simulasi juga semakin lama. Langkah terakhir yaitu penentuan *boundary condition*. *Boundary condition* yang ditentukan meliputi fenomena yang akan dimodelkan, pendefinisian properti dari material dan fluida, dan pendefinisian batas-batas kondisi seperti *wall*, *velocity inlet*, dan *outflow*.

2.5.2 Processing

Processing merupakan aktivitas penyelesaian masalah oleh *solver* pada software CFD. *Solver* menyelesaikan masalah secara diskrip pada setiap elemen dengan menggunakan algoritma dari suatu software. Kualitas dari hasil CFD dipengaruhi oleh metode yang digunakan dalam menjalankan *software solver*. Metode yang biasa digunakan yaitu *finite volume method*

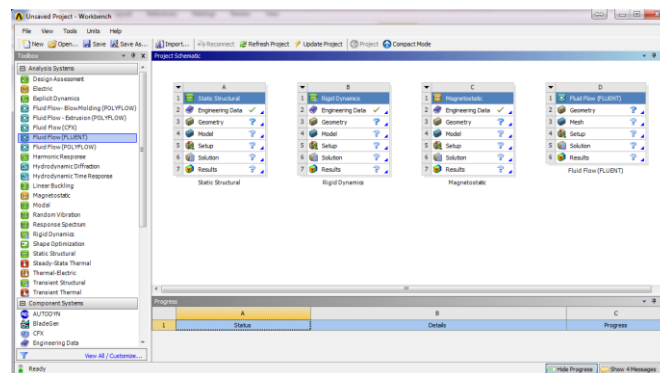
yang merupakan pengembangan dari persamaan *finite difference*. Terdapat beberapa software code solver yang tersedia di pasaran yaitu CFX/ANSYS, FLUENT, PHOENICS, dan STAR-CD.

2.5.3 Post-Processing

Pada tahap *Post-Processing*, dilakukan analisa dari hasil simulasi secara keseluruhan. Data yang dihasilkan dapat ditampilkan secara kualitatif dari kontur hasil simulasi, seperti kontur kecepatan, kontur temperatur, kontur tekanan, dan lain-lain. Selain itu, hasil proses simulasi juga dapat ditampilkan secara kuantitatif.

2.6 ANSYS WORKBENCH 18.1

ANSYS merupakan sebuah perangkat lunak yang dapat digunakan untuk melakukan analisis statis, dinamis, perpindahan panas, aliran fluida, dan elektromagnetik. ANSYS menggunakan metode elemen hingga untuk menyelesaikan persamaan yang mengatur dan *boundary condition* yang mengatur (Mahmud and Wissam 2013) Setiap jenis analisis pada ANSYS memiliki masing-masing prosedurnya. **Gambar 2.8** menunjukkan user interface dari Ansys Workbench.



Gambar 2. 9 ANSYS Workbench

2.6.1 Software Fluent

ANSYS Fluent menyediakan kemampuan memodelkan yang cukup luas meliputi *incompressible* dan *compressible* dan aliran fluida laminar dan turbulen. Analisis *steady-state* maupun *transient* juga dapat dilakukan pada *software* ini. Hasil analisis dari *software* Fluent antara lain temperatur, tekanan, kecepatan, laju massa, dan pola aliran fluida yang terjadi dalam sistem yang dianalisa. (Ansys Inc. 2013)

Fluent memiliki struktur data yang efisien dan lebih fleksibel, karena Fluent ditulis dalam bahasa C. Fluent juga dapat dijalankan sebagai proses terpisah secara simultan pada klien *desktop workstation* dan *computer server*. Fluent sering digunakan karena memiliki kelebihan antara lain:

1. Fluent mudah digunakan.
2. Model yang realistic (tersedia berbagai pilihan (solver))
3. Diskritisasi atau meshing model yang efisien.
4. Cepat dalam penyajian hasil.
5. Visualisasi yang mudah untuk dimengerti.

Dalam dunia industri, Fluent sering digunakan untuk mendesain suatu sistem fluida dan untuk mencari sumber atau analisis kegagalan suatu sistem fluida. Penggunaan Fluent secara umum dalam bidang Aerospace, Otomotif, Biomedical, Pertambangan, Petrokimia, Pembangkit tenaga, *Turbomachinery*.

2.6.2 Viscous Model

Sebuah aliran fluida dapat dikelompokkan menjadi dua berdasarkan viskositasnya yaitu *viscous* dan *inviscid*. Pada aliran *viscous*, efek viskositas fluida dipertimbangkan sehingga pada daerah yang paling dekat dengan permukaan kecepatan aliran bernilai nol dan aliran akan membentuk *boundary layer*. Hal tersebut menyebabkan terbentuknya sebuah profil kecepatan aliran. Pada aliran *inviscid*, viskositas fluida diabaikan. *Software* ANSYS membagi permodelan aliran *viscous* menjadi beberapa beberapa macam model yaitu:

1. Model Spalart-Allmaras

Model Spalart-Allmaras merupakan sebuah model persamaan yang digunakan untuk menyelesaikan persamaan viskositas eddy kinematik (turbulen). Model SPalart-Allmaras didesain secara spesifik penggunaannya pada bidang dirgantara yang melibatkan *wall-bounded flows* dan menunjukkan hasil yang cukup baik untuk *boundary layer* yang turbulen yang mengalami *adverse pressure gradient*. Model Spalart-Allmaras efektif untuk model dengan bilangan *Reynolds* yang rendah.

2. Model k- ϵ

Model k- ϵ merupakan sebuah model berdasarkan persamaan *transport* untuk energi kinetik turbulen (k) dan laju disipasinya (ϵ). Dalam penurunan model k- ϵ , aliran diasumsikan turbulen secara penuh dan efek dari viskositas molekular diabaikan. Model k- ϵ standar hanya valid untuk aliran yang turbulen secara penuh. Seiring berjalannya waktu, model ini dikembangkan menjadi model RNG k- ϵ dan model *realizable* k- ϵ .

3. Model RNG k- ϵ

Model RNG k- ϵ diturunkan melalui teknik statistik yang dinamakan teori renormalisasi grup. Perbedaan model RNG k- ϵ dengan k- ϵ standar yaitu, memiliki tambahan persamaan ϵ yang meningkatkan akurasi untuk aliran *rapidly strained*, efek dari *swirl* pada turbulen juga

termasuk pada model sehingga meningkatkan akurasi untuk aliran *swirling*, dan model ini menyediakan persamaan yang efek tif untuk aliran yang memiliki bilangan *Reynolds* rendah.

4. Model *Realizable* k- ϵ

Model *Realizable* k- ϵ memuat formula alternative untuk viskositas turbulen. *Realizable* berarti model memenuhi beberapa batasan matematika pada *Reynolds stress* yang konsisten dengan keadaan aliran turbulen. Beberapa studi menunjukkan bahwa model *Realizable* menyediakan hasil terbaik diantara semua jenis model k- ϵ . Salah satu keterbatasan pada model *Realizable* k- ϵ yaitu model ini menghasilkan viskositas turbulen non-fisik dalam situasi dimana terdapat zona fluida stasioner dan rotasional.

5. Model k- ω standar

Model k- ω standar pada ANSYS didasari oleh model k- ω *Wilcox* yang menggabungkan modifikasi untuk efek bilangan *Reynolds* renda dan penyebaran *shear flow*.

6. Model k- ω SST

Model k- ω SST dikembangkan oleh Menter yang efektif untuk memformulasikan model k- ω di daerah *near-wall* dengan *freestream* yang independen dari model k- ϵ di daerah yang jauh dari *wall*. Oleh karena itu, model k- ω SST lebih akurat dan handal untuk klasifikasi *flow* yang lebih luas dibandingkan dengan model k- ω standar.

7. Model *Reynold s Stress* (RSM)

Model *Reynold s Stress* atau RSM memiliki potensi untuk memberikan hasil yang lebih akurat untuk aliran yang kompleks karena RSM memperhitungkan efek dari *streamline curvature*, *swirl*, rotasi, dan perubahan cepat pada *strain rate* dengan lebih teliti. Model ini memiliki waktu perhitungan yang lebih lama untuk mendapatkan hasil perhitungan yang konvergen.

8. Model *Large Eddy Simulation* (LES)

Model *Large Eddy Simulation* atau LES merupakan pendekatan yang berada diantara DNS dan RANS dalam hal fraksi dari skala yang diselesaikan. Model LES memungkinkan penggunaan *mesh* yang lebih kasar dan *time-step* yang lebih besar dibandingkan dengan DNS. Namun, model LES membutuhkan model *mesh* yang lebih halus dibandingkan dengan model RANS. Model LES harus dijalankan dengan lama untuk mendapatkan hasil yang stabil. Oleh karena itu, LES membutuhkan kemampuan komputasi yang lebih tinggi.

2.6.3 Model Turbulensi Dekat Dinding (*Near Wall Treatment*)

Keberadaan aliran turbulen sangat dipengaruhi oleh dinding. Oleh karena itu, sebuah formula empirik yang disebut fungsi dinding (*wall treatment*) digunakan untuk menjembatani

daerah yang dipengaruhi viskositas diantara dinding dan daerah *fully-turbulent*. Dalam pendekatan yang lain, model turbulensi dimodifikasi agar daerah yang dipengaruhi viskositas dapat diselesaikan dengan *mesh* hingga ke dinding. Pendekatan tersebut disebut juga dengan *near wall treatment*. Terdapat beberapa jenis model *near wall* yang ada pada ANSYS yaitu *standard wall function*, *non-equilibrium wall function*, *enhanced wall treatment*, dan *user-defined wall function*

1. *Standard Wall Function*

Standard Wall Function pada ANSYS Fluent didasari oleh penelitian Launder dan Spalding. *Standard Wall Function* memberikan akurasi yang baik untuk sebagian besar aliran yang memiliki bilangan *Reynolds* tinggi namun terbatas ketika kondisi aliran berbeda jauh dari kondisi ideal yang digunakan untuk mendefinisikan fungsi.

2. *Non-Equilibrium Wall Function*

Non-Equilibrium Wall Function memiliki kemampuan untuk melakukan analisis ketika aliran dekat dinding memiliki gradien tekanan yang signifikan, dimana produksi turbulen dan disipasi tidak sama. Kemampuan *Non-Equilibrium Wall Function* dalam menjelaskan pengaruh gradien tekanan membuat model menjadi lebih akurat untuk jenis aliran yang kompleks seperti *separated flow*, *reattached flow*, dan *impinging flow*.

3. *Enhanced Wall Treatment*

Enhanced Wall Treatment digunakan untuk mendapatkan pendekatan permodelan *near-wall* yang memiliki akurasi standar untuk *mesh* yang halus namun tidak menurunkan kualitas *mesh* yang terletak di daerah *near-wall*. Idealnya model ini diperutukkan bagi yang ingin menggunakan *mesh* yang tidak terlalu halus dekat dinding

4. *User-Defined Wall Function*

Opsi *udf wall function* ini hanya tersedia pada model $k-\epsilon$. Dengan memilih *User-Defined Wall Function* pada *Near Wall treatment* memungkinkan kita untuk mengaitkan *Law-of-the-wall* UDF.

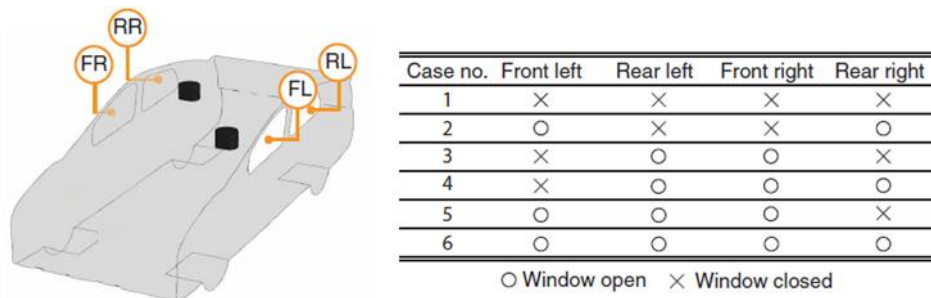
2.7 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan beberapa referensi penelitian terdahulu yang digunakan untuk sebagai referensi dalam penelitian ini.

2.7.1 Penelitian Mengenai Simulasi Aliran Udara di Dalam Mobil *Passenger*

Penelitian mengenai simulasi aliran di dalam mobil *passenger* dilakukan oleh (Mathai, et

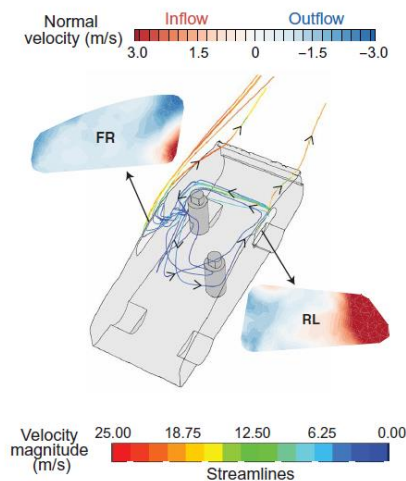
al. 2021). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi penularan virus di dalam kabin mobil antara pengemudi ke *passenger*, dan sebaliknya dengan berbagai variasi bukaan jendela. Pada penelitian ini diambil mobil Toyota Prius sebagai domain permodelan. *Passenger* dan pengemudi dimodelkan sebagai silinder dengan enam variasi bukaan jendela yang berbeda-beda. **Gambar 2.10** menunjukkan geometri permodelan dan variasi yang digunakan dalam penelitian ini



Gambar 2. 10 Geometri Permodelan dan Variasi

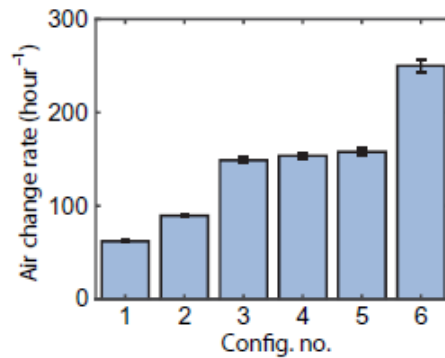
(Mathai, et al. 2021)

Hasil yang didapatkan dari simulasi adalah kontour tekanan di bagian luar mobil, streamline aliran di dalam mobil, dan *air change rate (ACH)* atau seberapa cepat udara dapat berganti di dalam mobil. **Gambar 2.11** menunjukkan streamline aliran, sedangkan air change rate ditunjukkan pada **Gambar 2.12**



Gambar 2. 11 Streamline dari Variasi ke 3 Simulasi

(Mathai, et al. 2021)

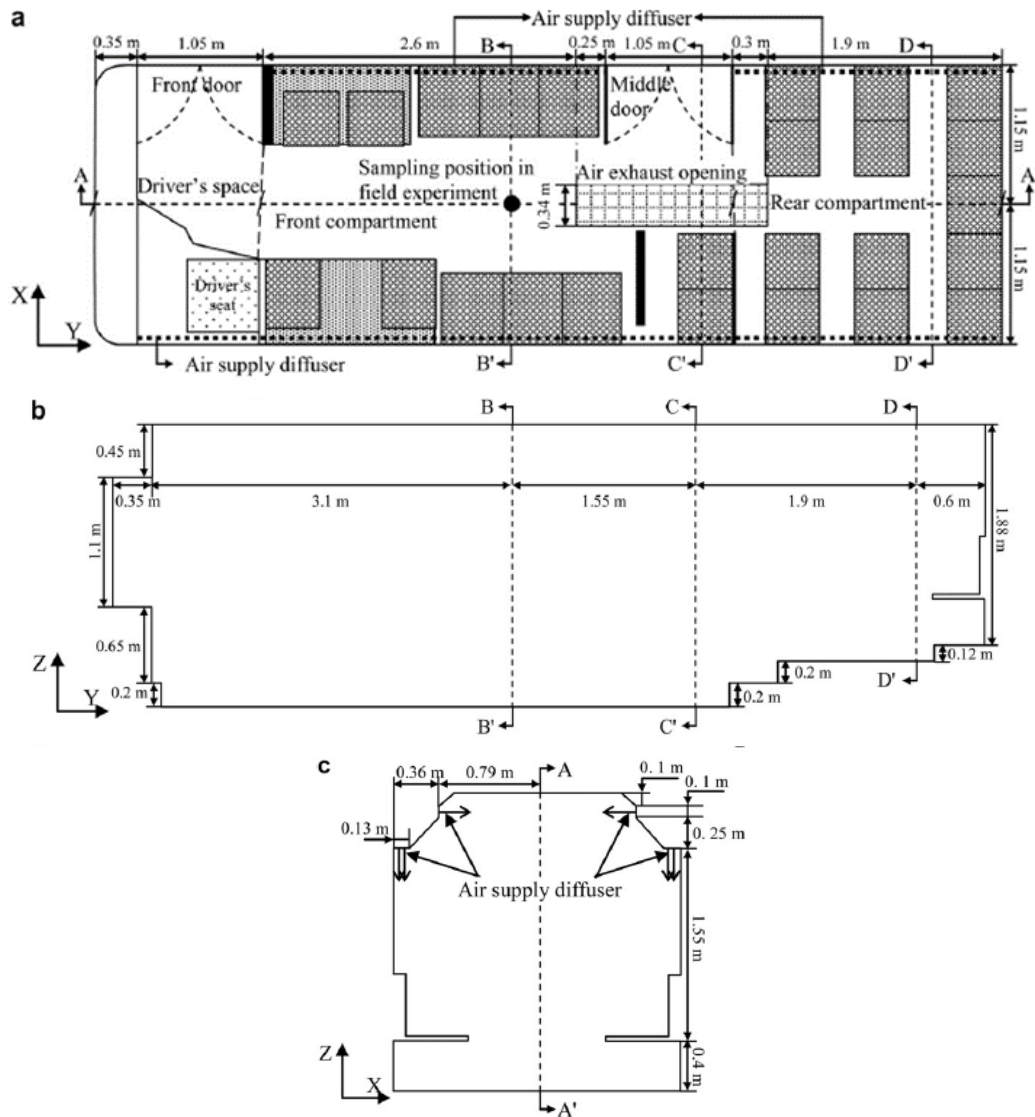


Gambar 2. 12 Air Change Rate (ACH) Seluruh Variasi
(Mathai, et al. 2021)

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah streamline dari aliran udara bergantung dipengaruhi oleh kondisi tekanan di luar mobil, dimana aliran akan mengalir dari area bertekanan tinggi ke area yang bertekanan rendah. Dengan membuka semua jendela (konfigurasi 6) maka aliran di dalam kabin akan mudah keluar dan masuk, sehingga *air change rate* memiliki nilai maksimum. Skenario menutup semua jendela merupakan scenario yang paling buruk (konfigurasi 1). Opsi dengan membuka jendela yang terdapat di dekat *passenger* bukan merupakan opsi terbaik (konfigurasi 2). Namun membuka jendela dengan posisi terjauh dari *passenger* (konfigurasi 3) dapat memberikan proteksi terbaik bagi *passenger*. Selain itu, kecepatan mengemudi juga mempengaruhi meningkatnya ACH, dimana semakin cepat kendaraan maka ACH akan meningkat, sehingga potensi penularan virus semakin mengecil.

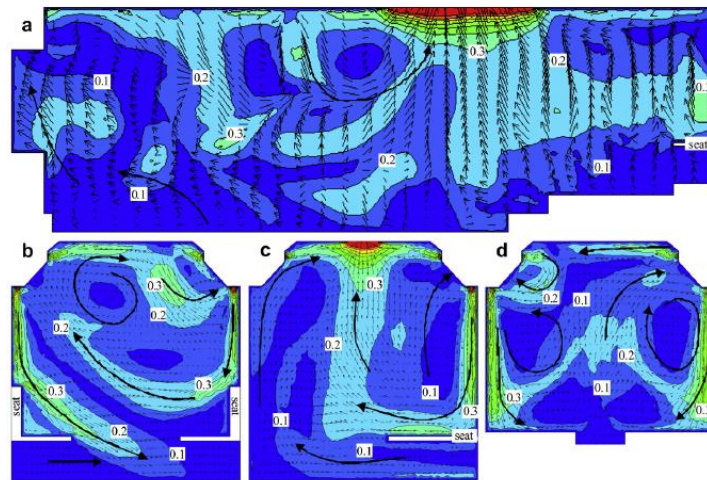
2.7.2 Penelitian Mengenai Kondisi Kadar Udara di Dalam Bus

Penelitian mengenai kondisi kadar udara di dalam bus dilakukan oleh (Zhu, et al. 2010). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas dari ventilasi pada bus dan juga mengetahui komposisi gas udara di dalam bus. Penelitian ini dilakukan secara simulasi dan eksperimen, dimana simulasi CFD digunakan untuk mengetahui aliran udara di dalam kabin bus, sedangkan metode eksperimen dilakukan untuk mengetahui kandungan CO, CO₂, dan juga kadar partikel di dalam bus. Bus yang digunakan di dalam penelitian ini adalah bus transportasi umum milik Universitas Harvard seperti terlihat pada **Gambar 2.13**.

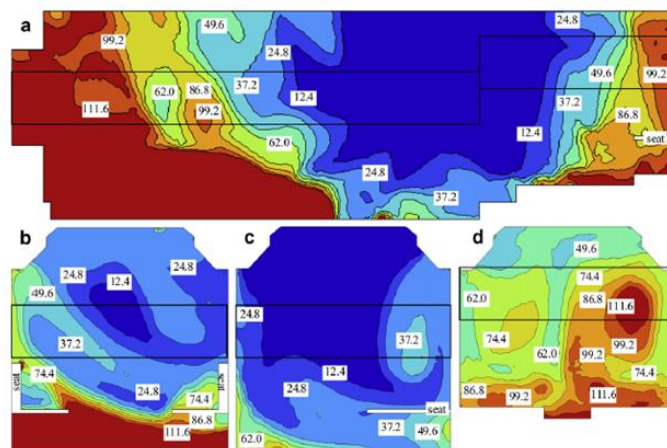


Gambar 2. 13 Bus milik Universitas Harvard (a) Tampak Atas (b) Potongan A-A (c) Potongan B-B (Zhu, et al. 2010)

Input *boundary condition* pada simulasi berupa temperature dinding dan lantai bus, kecepatan udara pada diffuser. Input *boundary condition* didapatkan berdasarkan hasil pengukuran dengan kondisi AC menyala, dan semua jendela dan pintu tertutup. Sedangkan eksperimen pengukuran komposisi udara dilakukan selama empat hari yang dimulai pada pukul 09:00 hingga 16:30 dengan keadaan bus sedang beroperasi dengan *passenger*.



Gambar 2. 14 Distribusi Kecepatan di Dalam Kabin Bus (Zhu, et al. 2010)



Gambar 2. 15 Waktu Residual Udara di Dalam Kabin Bus (Zhu, et al. 2010)

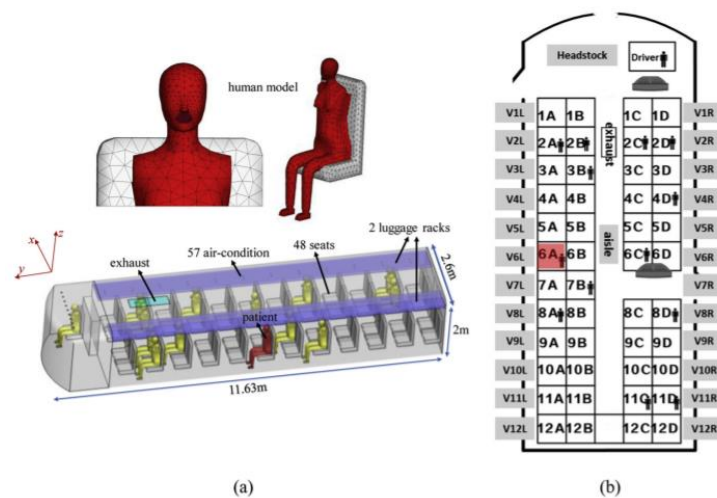
Gambar 2.14 dan **Gambar 2.15** menunjukkan hasil simulasi berupa distribusi kecepatan dan waktu residual udara. Hasil simulasi menunjukkan nilai maksimum kecepatan udara di dalam kabin bus dibawah 0.3 m/s dimana ini sudah dalam rentang standart yang ditetapkan oleh ASHRAE. Waktu residual dari udara 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 dikarenakan udara semakin cepat keluar dari kabin. Hasil eksperimen menunjukkan kadar CO₂ yang tinggi didalam kabin bus, hal ini menunjukkan diperlukan strategi ventilasi guna mencegah penularan penyakit antar *passenger* di dalam bus.

2.7.3 Penelitian Mengenai Penyebaran Droplet di Dalam Bus

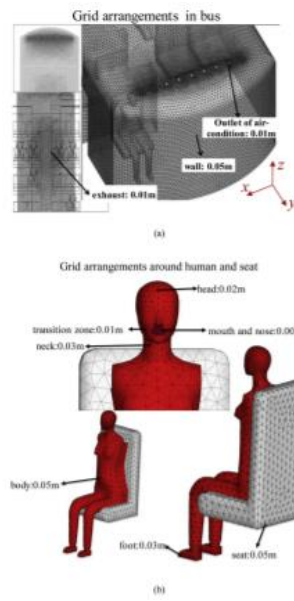
Penelitian mengenai penyebaran droplet di dalam bus dilakukan oleh (Yang, et al. 2020). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari relative humidity udara, dan juga aliran di dalam bus terhadap proses penyebaran dan evaporasi dari droplet. Selain itu, juga diamati

pengaruh diameter droplet terhadap penyebaran droplet. Penelitian ini dilakukan secara simulasi. 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.

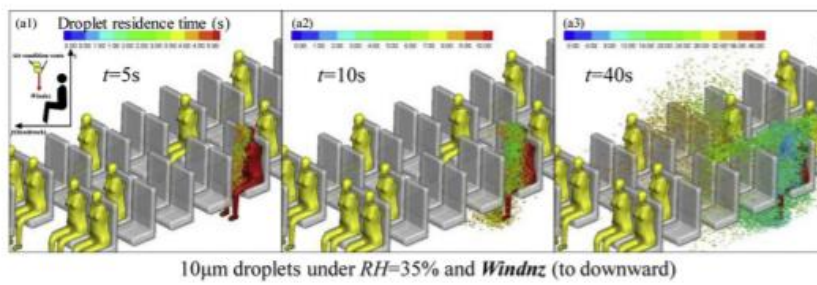
Pada permodelan penelitian ini, terdapat 14 orang di dalam bus dimana salah satu orang merupakan orang yang terinfeksi virus, terdapat dua pendingin udara dan sembilan ventilasi di dalam bus. Ukuran droplet yang digunakan adalah 10 mikrometer dan 50 mikrometer, relative humidity yang digunakan adalah 35% dan 95%, mode dari pendingin udara terdapat lima mode yaitu kebawah, ke dinding kiri, ke belakang, ke depan, dan ke lorong. Hasil yang diamati adalah kondisi dari droplet yang meliputi melayang di udara, menempel di permukaan, dan keluar dari ventilasi. **Gambar 2.16** menunjukkan domain permodelan yang digunakan di dalam penelitian ini. Proses meshing dilakukan pada software GAMBIT dan dibuat semakin rapat di daerah tertentu, terutama pada daerah mulut *passenger* seperti terlihat pada **Gambar 2.17**



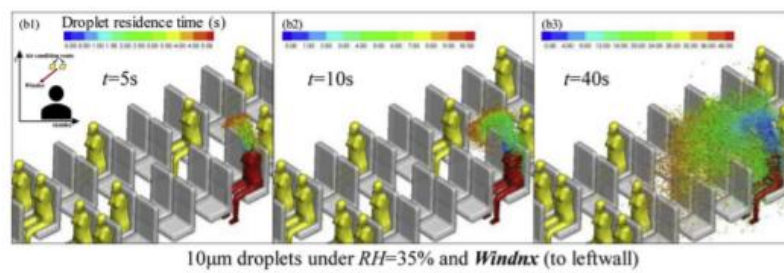
Gambar 2. 16 Domain Permodelan
(Yang, et al. 2020)



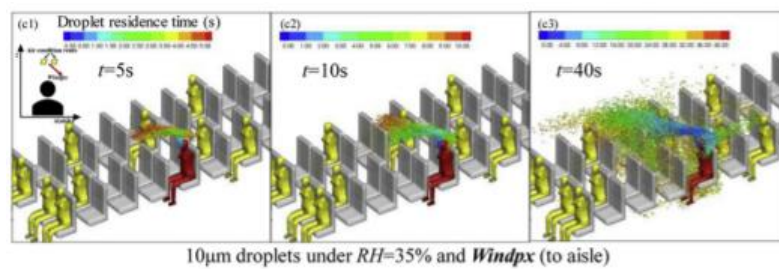
Gambar 2. 17 Ukuran Grid yang Digunakan
(Yang, et al. 2020)



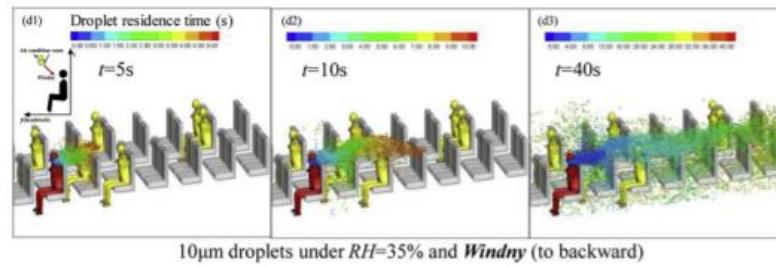
(a)



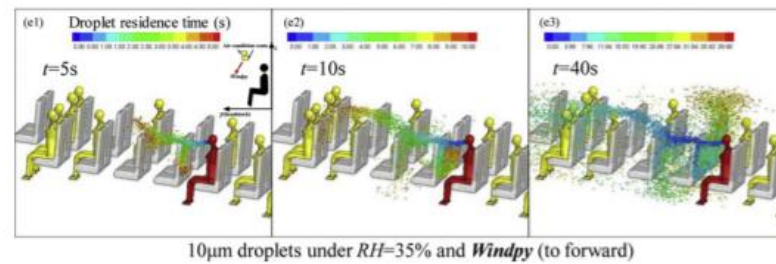
(b)



(c)



(d)



(e)

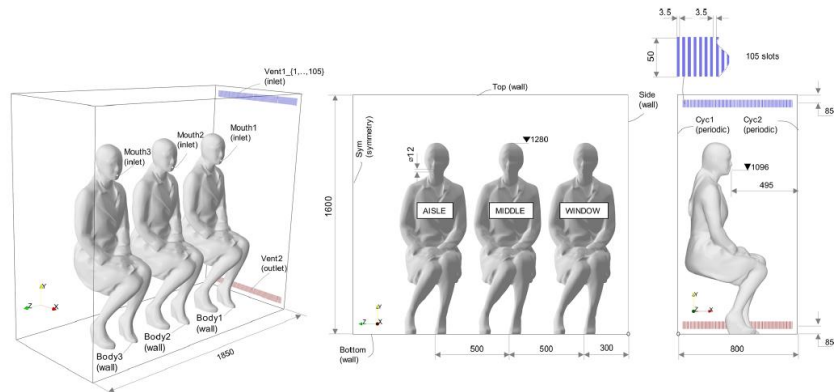
Gambar 2. 18 Karakteristik Aliran Droplet (10 mikron RH 35%) dengan Berbagai Mode Pendingin Udara (a) ke bawah (b) ke kiri (c) ke tengah (d) ke belakang (e) ke depan (Yang, et al. 2020)

Gambar 2.18 menunjukkan karakteristik droplet pada kasus ukuran droplet 10 mikron dan *relative humidity* udara 35%. Berdasarkan berbagai konfigurasi, terlihat bahwa penyebaran droplet yang paling luas terjadi dengan mode udara ke arah lorong, sedangkan *passenger* di belakang orang terinfeksi akan terkena droplet jika mode udara diarahkan ke belakang. Ukuran dari droplet juga mempengaruhi karakteristik dari droplet di dalam bus, semakin kecil ukuran droplet, maka droplet akan semakin mudah tertahan di udara dan menyebabkan resiko infeksi semakin meningkat. Semakin tingginya *relative humidity*, maka droplet akan mengalami proses evaporasi yang lebih lambat, sehingga droplet akan semakin mudah menempel di dinding dan mengurangi resiko penyebaran infeksi.

2.7.4 Penelitian Mengenai Penyebaran Droplet kasus Tanpa Gejala pada Transportasi Publik

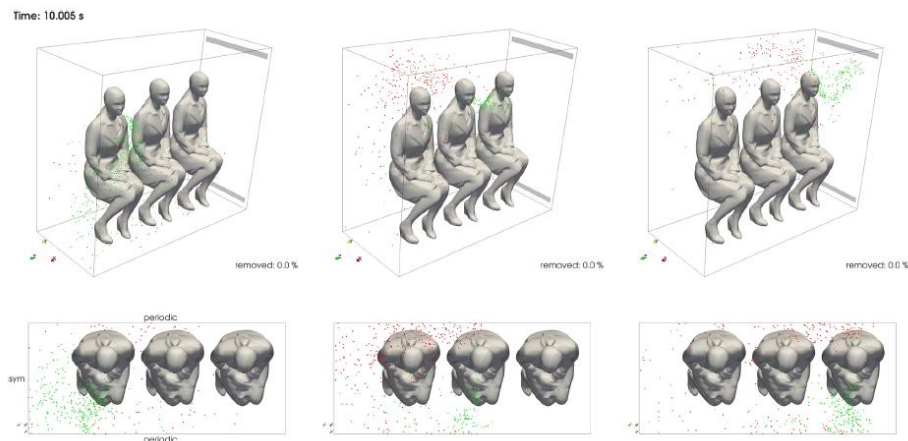
Penelitian mengenai penyebaran penyebaran droplet kasus tanpa gejala pada transportasi publik dilakukan oleh (Pena-Monferrer, et al. 2021). Penelitian ini bertujuan untuk melakukan investigasi terhadap penyebaran droplet, secara khusus akibat dari percakapan antar *passenger* di kendaraan public dengan kasus tanpa gejala. Penelitian ini dilakukan secara simulasi secara *high-resolution* dengan memodelkan tiga *passenger*. Tiga scenario yang digunakan adalah salah satu *passenger* yang berbicara. Untuk kasus yang akan diamati adalah *passenger* di dekat jendela,

passenger di tengah, dan *passenger* di kursi ujung dekat lorong tempat berjalan.

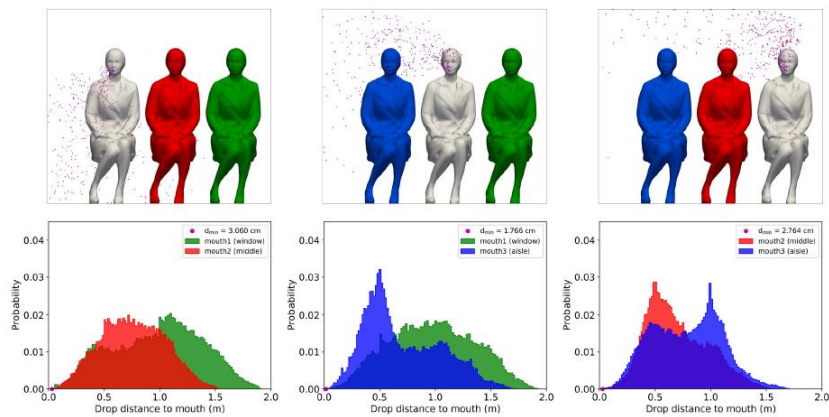


Gambar 2. 19 Boundary Condition pada Penelitian (Pena-Monferrer, et al. 2021)

Gambar 2.19 menunjukkan boundary condition yang digunakan di dalam penelitian. Dimana terdapat tiga *passenger*, vent inlet, dan vent outlet. Mulut *passenger* di modelkan sebagai inlet, sedangkan tubuh *passenger* di modelkan sebagai wall. Droplet keluar dari mulut *passenger* yang di ibaratkan mengeluarkan suara dengan huruf vocal “a”. Simulasi menggunakan OPENFOAM dengan model turbulensi yang digunakan adalah *Large Eddy Simulation (LES)* sedangkan persamaan Lagrangian digunakan untuk melakukan tracking particle



Gambar 2. 20 Aliran Droplet pada Berbagai Variasi (Pena-Monferrer, et al. 2021)



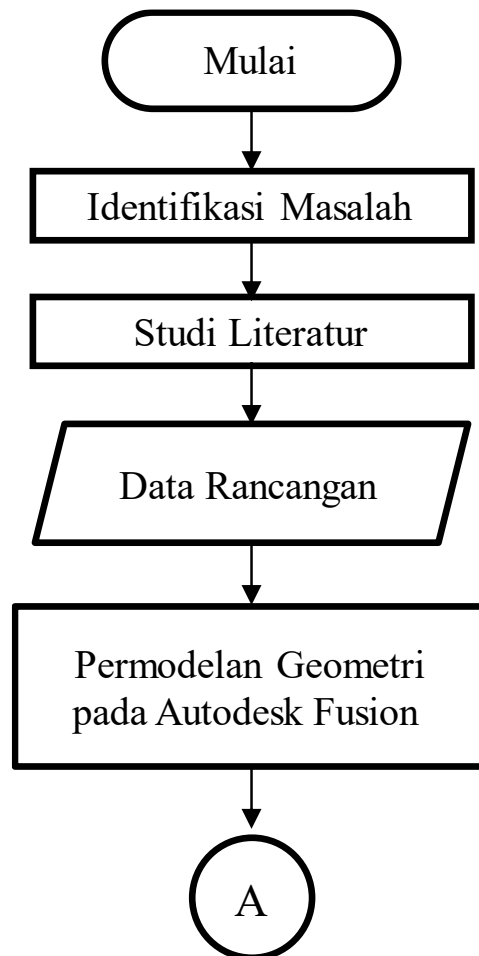
Gambar 2. 21 Jarak Droplet ke Mulut *Passenger*
(Pena-Monferrer, et al. 2021)

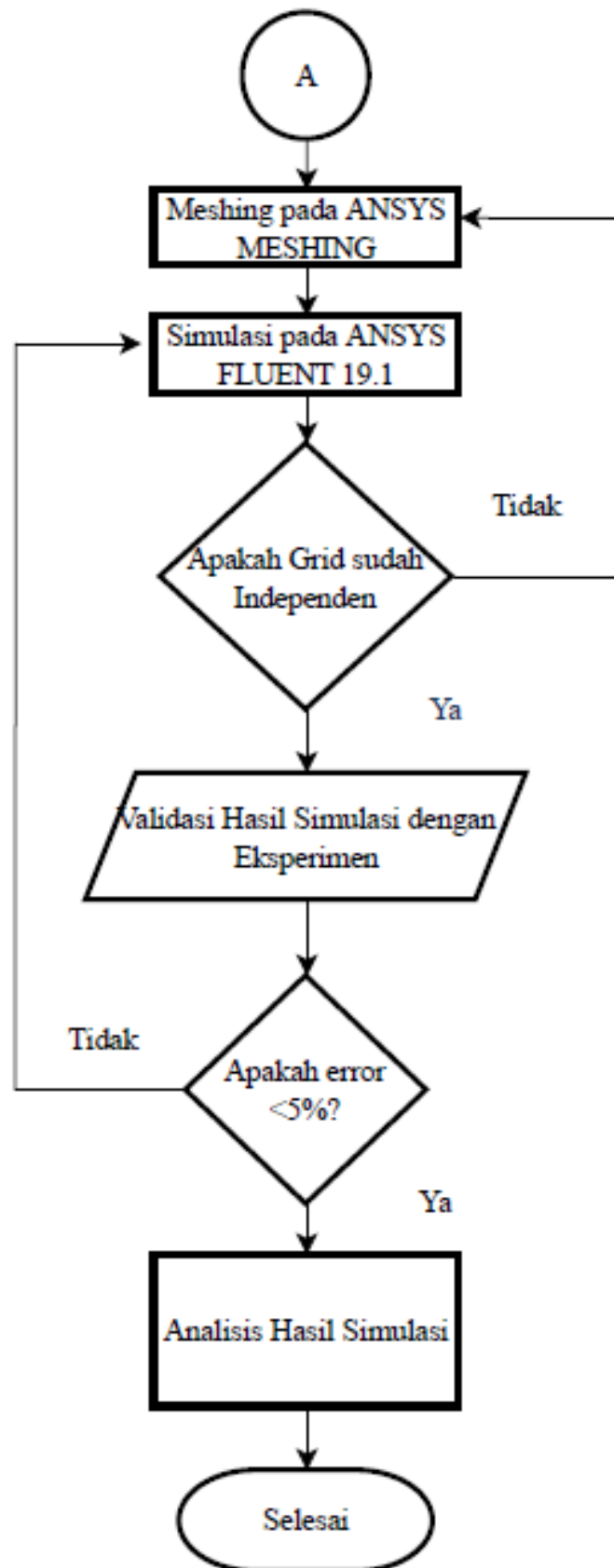
Gambar 2.20 menunjukkan aliran droplet pada berbagai variasi, sedangkan **Gambar 2.21** menunjukkan distribusi probabilitas jarak droplet ke mulut *passenger* pada berbagai variasi, dimana jarak minimum terjadi pada kasus dimana *passenger* di tengah berbicara, dengan jarak droplet 1,766 cm dari mulut *passenger* yang lain. Jarak maksimum terjadi pada kasus *passenger* di dekat lorong berbicara dengan jarak droplet minimum 3.06 cm. Pada penelitian ini sistem ventilasi dapat mengeluarkan droplet sebanyak 24.1% pada 40 detik pertama setelah *passenger* berbicara. Tidak ditemukan adanya droplet yang menempel ke mulut *passenger* lain, sehingga hal ini bisa dikatakan cukup aman terhadap penyebaran virus.

BAB III METODOLOGI

Pada penelitian ini dilakukan melalui metode numerik yaitu menggunakan ANSYS FLUENT 19.1 dan juga metode eksperimen untuk melakukan validasi

3.1 Flowchart





Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian

Gambar 3.1 menunjukkan flowchart penelitian yang meliputi studi literature, simulasi, validasi, dan analisis hasil simulasi.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari virus covid-19 dan penelitian yang sudah dilakukan terkait penyebaran covid-19. Studi Literatur diperoleh dari buku, artikel ilmiah, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan permasalahan yang dibahas.

3.3 Simulasi pada Software Fluent 19.1

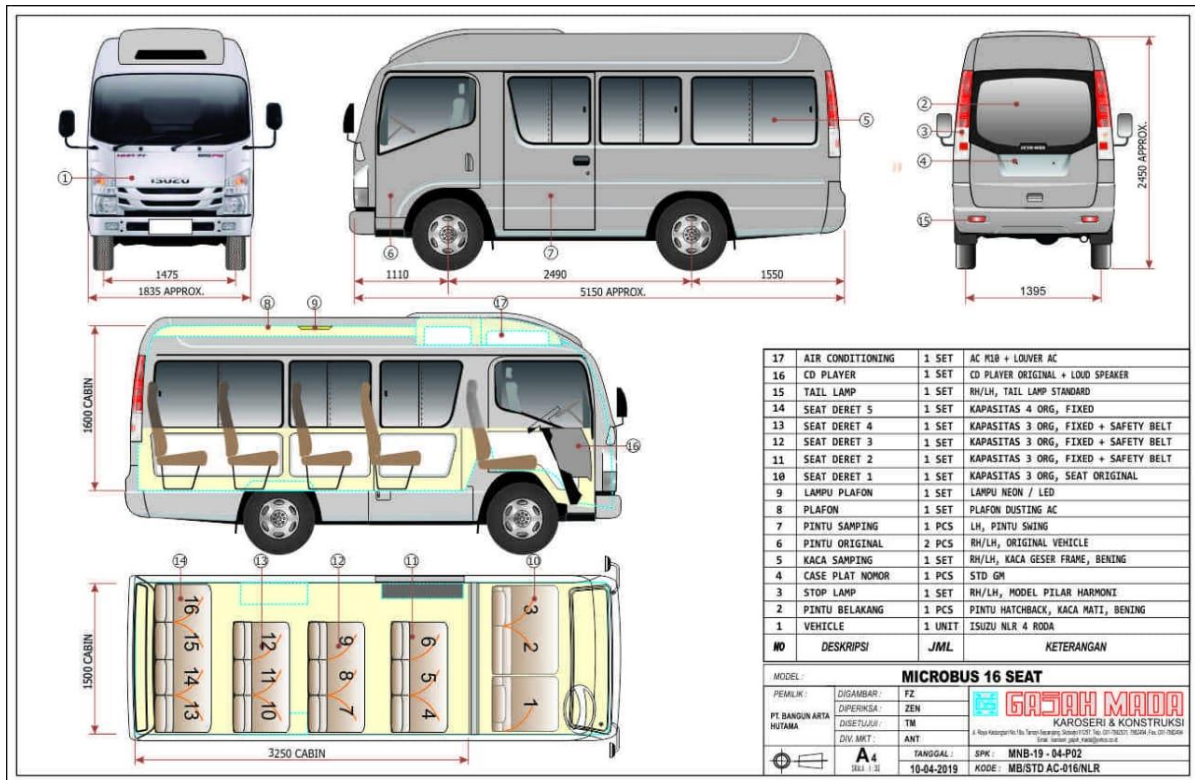
Proses simulasi pada software ANSYS FLUENT dibagi menjadi tiga yaitu *pre-processing*, *processing*, dan *post-processing*.

3.3.1 Tahap Pre-Processing

Pada tahap ini, dilakukan pembuatan geometri, pembuatan *meshing*, dan penentuan domain dari permukaan dan volume yang akan dianalisis. Tahap ini dilakukan pada Autodesk Fusion 360 untuk membuat geometri, dan *meshing* dilakukan pada ANSYS MESHING

1. Pembuatan Geometri

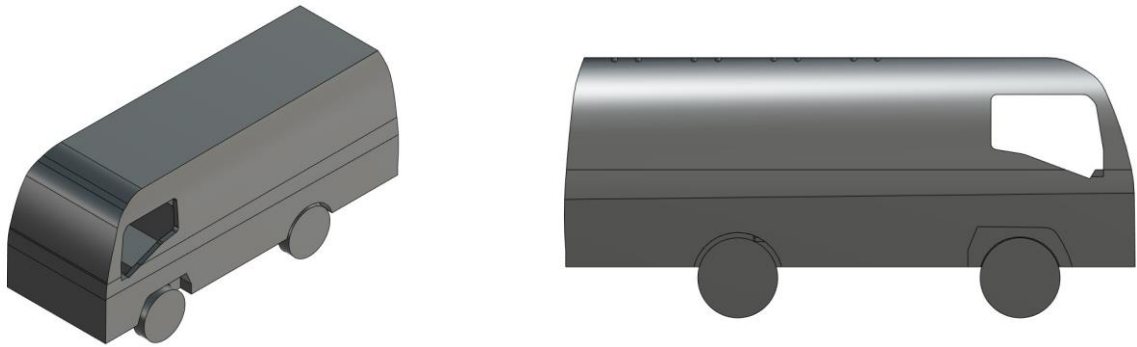
Geometri yang dibuat adalah *minibus 16 seat* yang ukuran dan bentuknya didapatkan berdasarkan referensi gambar teknik seperti terlihat pada Gambar 3.2



Gambar 3. 2 Gambar Teknik Minibus 16 Seat

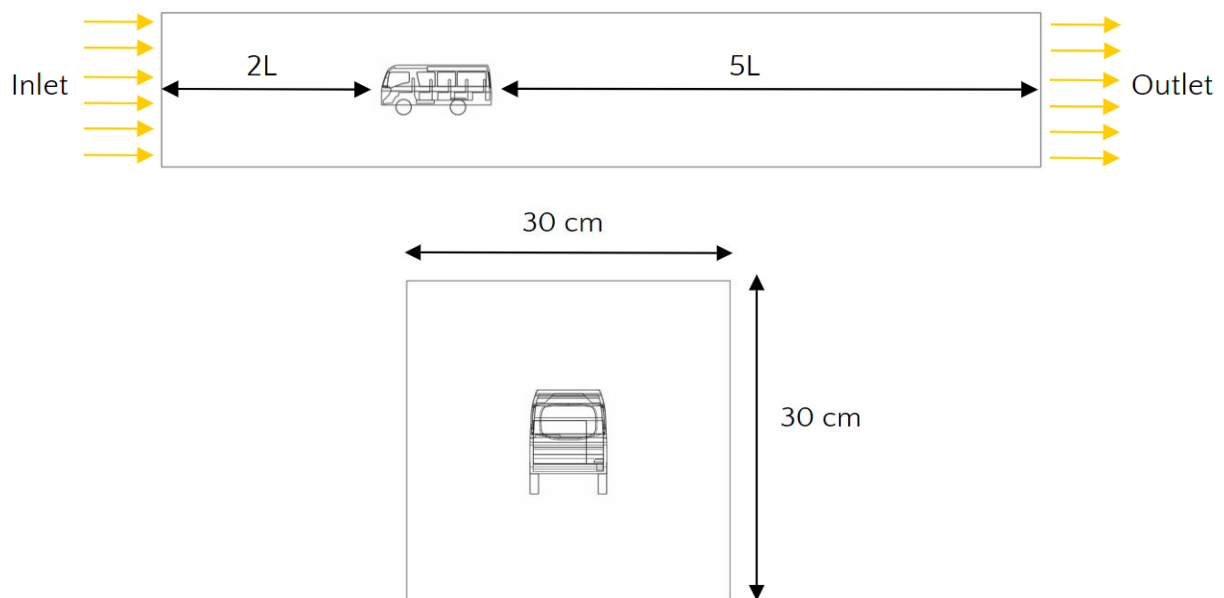
Selanjutnya dilakukan pembuat model tiga dimensi menggunakan software Autodesk Fusion,

dengan dimensi luar kendaraan adalah panjang = 5150 mm, lebar = 1835 mm, dan tinggi 2450 mm. Untuk dimensi dalam kendaraan (kabin) antara lain; panjang = 4750 mm, lebar = 1500 mm, dan tinggi 1600 mm. Hasil dari permodelan tiga dimensi terlihat pada **Gambar 3.3**



Gambar 3.3 Model Tiga Dimensi.

Model tiga dimensi kemudian perlu dibawa ke software ANSYS untuk membuat domain penelitian. **Gambar 3.4** menunjukkan domain komputasi yang telah dibuat pada software ANSYS. Enclosure dibuat di sekitar mobil sebagai wadah aliran yang menyerupai dengan *wind tunnel* di Lab. Mekanika Fluida departemen Teknik Mesin ITS, domain outlet setelah *minibus* diperpanjang hingga $5L$ ($L=212$ mm) dengan tujuan agar tidak terjadi *reverse flow*.

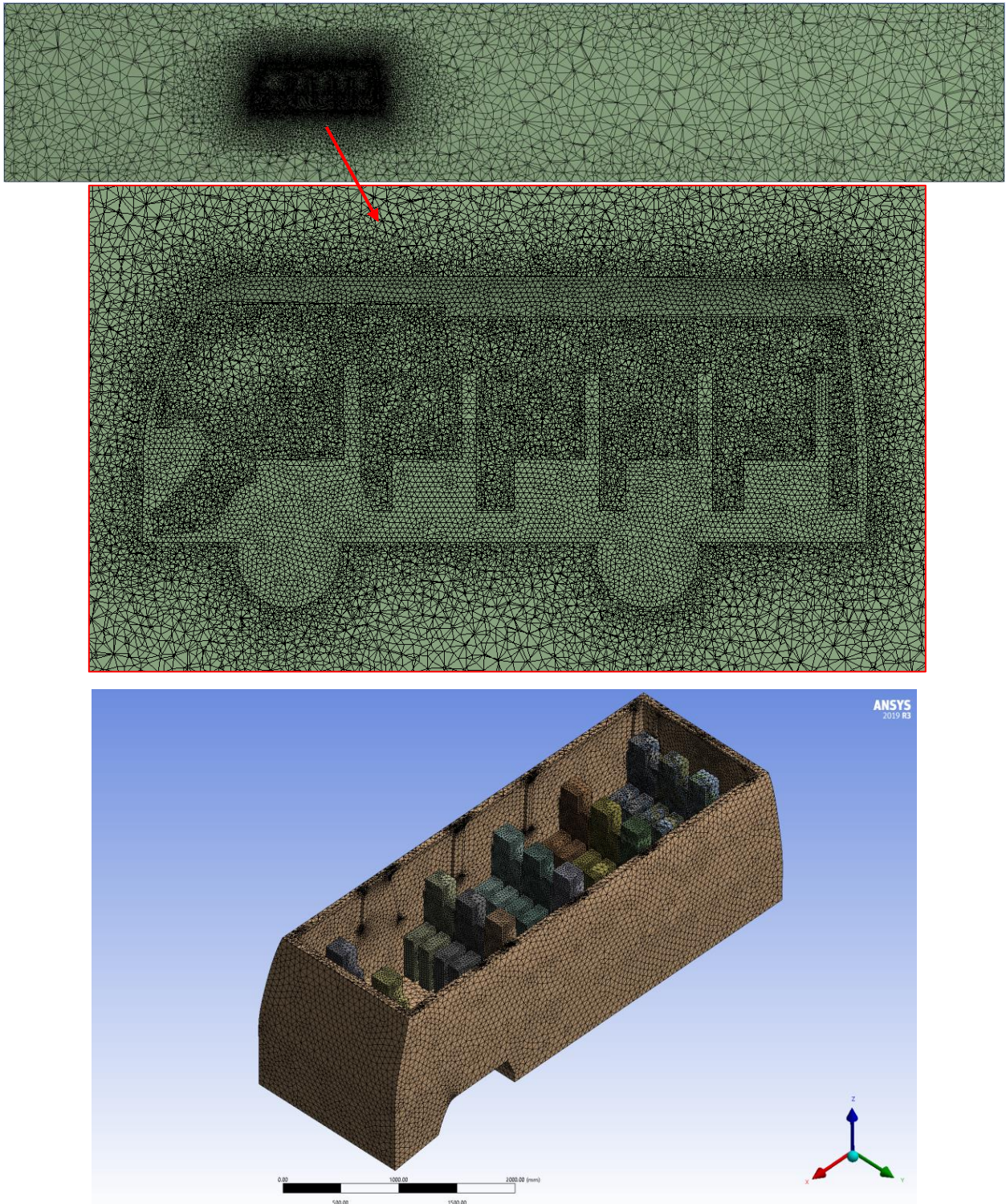


Gambar 3.4 Domain Geometri Komputasi

2. Pembuatan *Meshing*

Tahapan selanjutnya adalah pembuatan *meshing*. *Meshing* yang dibuat disusun lebih rapat pada daerah yang dianalisis, yaitu pada bagian kendaraan. **Gambar 3.5** menunjukkan hasil pada

software ANSYS MESHING

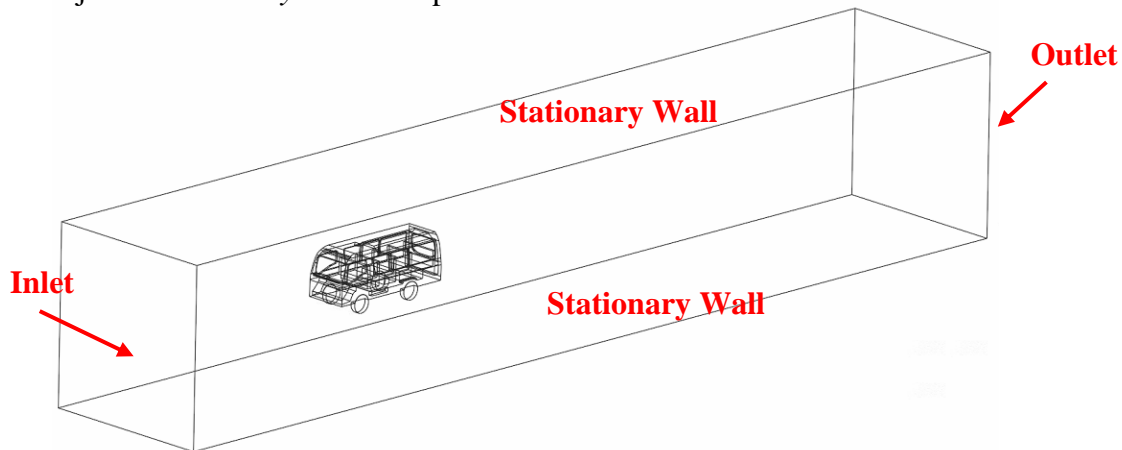


Gambar 3. 5 Meshing

Jenis mesh yang digunakan pada permodelan ini adalah *unstructural mesh* dengan bentuk *tetrahedral*. Refining mesh ditempatkan pada bagian *passenger*, inlet, dan outlet, guna merapatkan hasil mesh yang digunakan untuk meningkatkan akurasi pada dan menghemat waktu komputasi.

3. Penentuan Domain

Tahapan terakhir dalam *pre-processing* adalah penentuan domain. Penentuan domain dilakukan untuk menentukan *boundary condition* saat dilakukan simulasi. Pada bagian dinding *wind-tunnel*, penumpang, dan bodi mobil didefinisikan sebagai *stationary wall, no slip*. **Gambar 3.6** menunjukkan *boundary condition* pada simulasi



Gambar 3. 6 Penentuan Domain

3.3.2 Tahap *Processing*

Tahap *processing* dilakukan pada *software* Fluent 19.1. Ada beberapa tahapan dalam *processing*, yaitu menentukan *solver model*, menentukan *viscous model*, menentukan material, menentukan *boundary condition* dan *operating condition*, menentukan *control* dan *monitoring condition* dan *intialize condition*. Setelah tahapan-tahapan tersebut dilakukan, proses iterasi dari simulasi dapat dimulai.

1. *Solver model* dan *model*

Dalam penelitian ini, digunakan 3 dimensi *double precision* agar didapatkan hasil yang lebih akurat karena *double precision* memperhitungkan lebih banyak digit di belakang koma. *Double precision* juga dapat membantu agar konvergensi tercapai lebih cepat. Pada model viscous digunakan *k-ε regular* sebagai model karena memiliki kemampuan analisis aliran untuk struktur yang kompleks. Untuk mensimulasikan gerakan partikel droplet covid-19 juga digunakan model *discrete phase* berupa *inert injection*

2. Material

Material yang digunakan dalam simulasi ini, yaitu udara sebagai fluida

3. *Boundary condition*

Boundary condition yang ditetapkan mengikuti domain yang sudah dipilih pada tahap *pre-processing*. Pada tahap ini, diberikan nilai-nilai pada domain **Tabel 3.1** menunjukkan *boundary condition* yang digunakan pada simulasi ini.

Tabel 3. 1 Boundary Condition

<i>Inlet</i>	<i>Velocity inlet</i>	$V = 16.67 \text{ m/s}, 22.22 \text{ m/s}$
<i>Outlet</i>	<i>Pressure Outlet</i>	
<i>Wall</i>	<i>Wall</i>	<i>Stationary Wall</i>

Penggunaan *velocity inlet* merepresentasikan aliran udara di jalan dengan kecepatan 60 km/jam (16.67 m/s) dan 80 km/jam (22.22 m/s). Pada outlet diberikan boundary *outflow* dikarenakan aliran udara bebas mengalir keluar, pada badan angkot diberikan boundary *wall*

4. *Monitoring solution*

Monitoring solution digunakan untuk mengatur batasan nilai residual untuk seluruh parameter sebesar 10^{-5}

5. *Initialize condition*

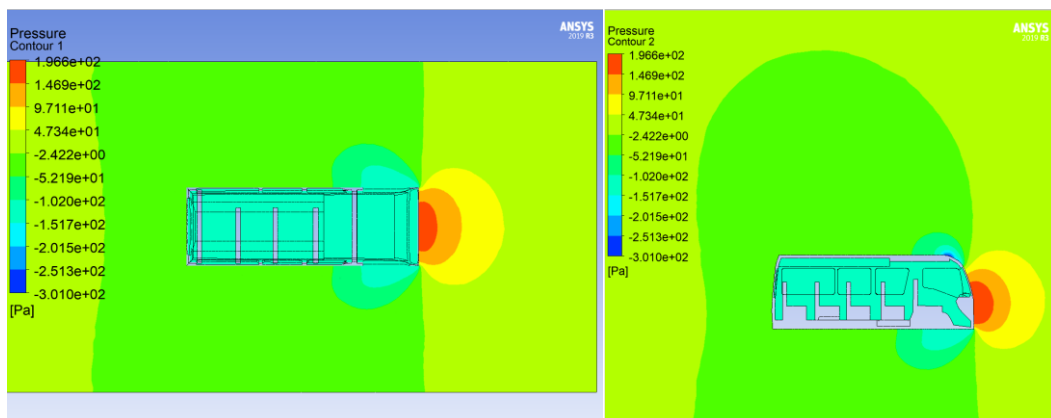
Tahap *initialization* dilakukan untuk mendapatkan nilai awal parameter sebelum proses iterasi simulasi dijalankan. Digunakan *initialization* dengan tipe *hybrid initialization* untuk menentukan parameter awal berdasarkan kondisi batas yang telah ditetapkan.

6. Iterasi

Tahap paling akhir pada *processing* adalah iterasi. Pada proses ini ditentukan jumlah iterasi yang akan dilakukan. Ditentukan jumlah iterasi sebanyak 500 agar tercapai kriteria konvergensi. Konvergensi tercapai ketika nilai residual yang ditentukan pada tahap *monitoring* tercapai.

3.3.3 Tahap Post-Processing

Pada tahap *post-processing* dilakukan pengambilan data dari hasil simulasi seperti kontour tekanan dan kecepatan, **Gambar 3.7** menunjukkan contoh data hasil simulasi.

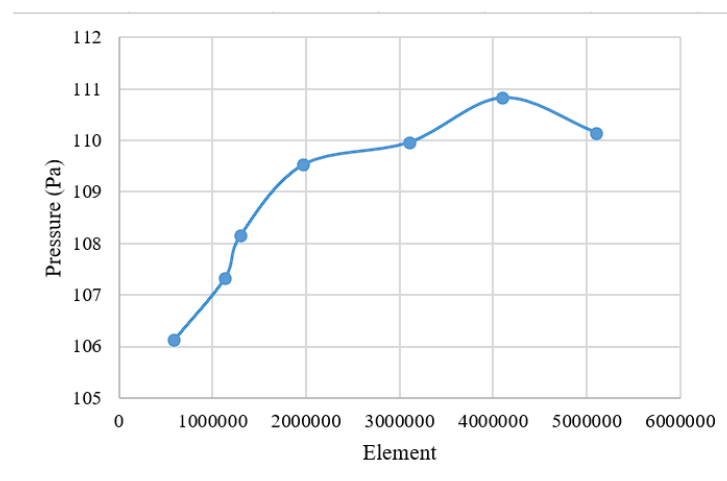
**Gambar 3. 7** Post-Processing

3.4 Grid Independence Test

Grid independence test dilakukan untuk membuktikan bahwa permodelan yang dilakukan sudah baik dan hasil dari simulasi, tidak dipengaruhi oleh jumlah *grid* permodelan. Metode yang digunakan dalam melakukan *grid independence test* adalah melakukan simulasi dengan variasi jumlah elemen mulai dari yang sedikit hingga banyak. *Grid independence test* berhenti ketika peningkatan jumlah elemen terhadap hasil tidak signifikan. Tekanan yang diamati adalah dari tempat duduk nomor 1 pada kendaraan. **Tabel 3.2** menunjukkan *grid independence test* dari permodelan yang telah dibuat.

Tabel 3. 2 Grid Independence Test

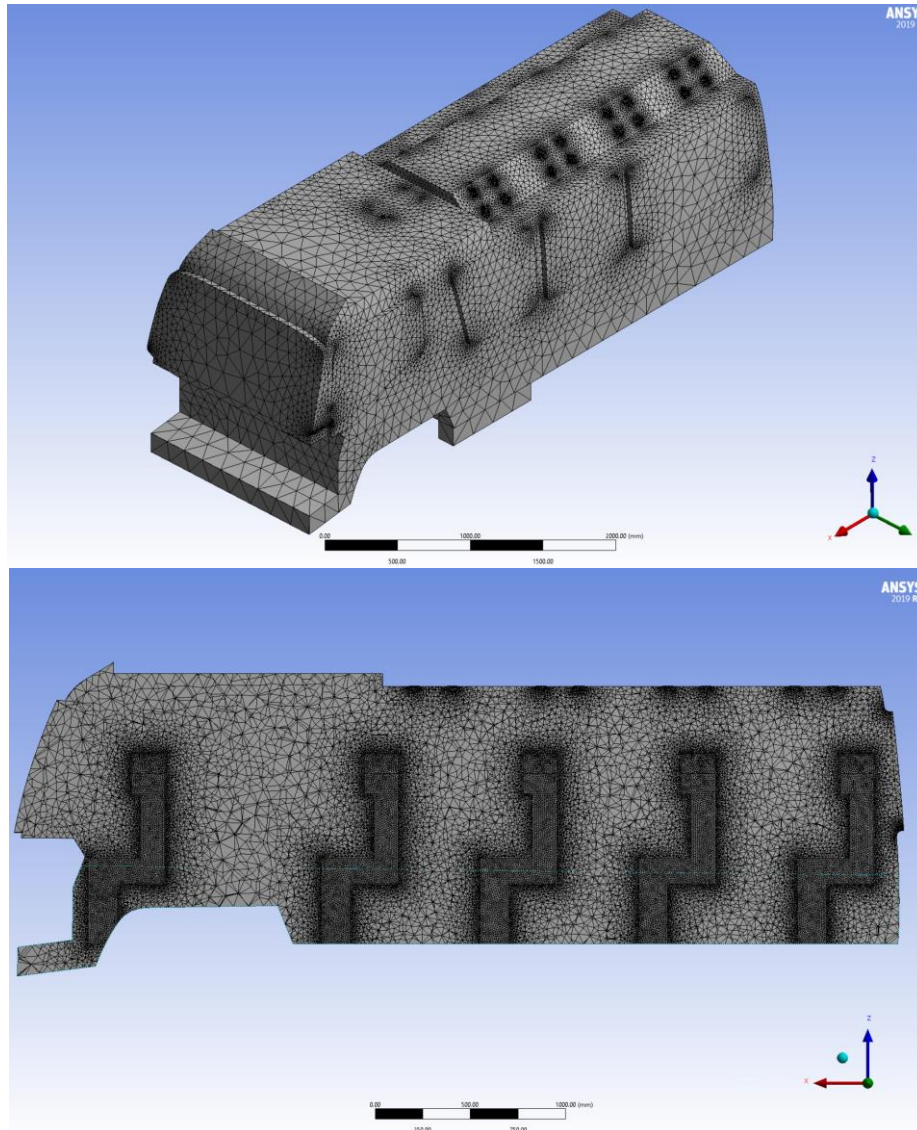
Element	Gauge Pressure (Pa)	Error (%)
589000	-106.127	
1130000	-107.326	1.11
1300000	-108.163	0.77
1970000	-109.532	1.24
3100000	-109.910	0.13
4100000	-110.829	1.17
5100000	-110.152	0.61



Gambar 3. 8 Grafik Grid Independence Test

Berdasarkan hasil grid independence test pada **tabel 3.8**, telah didapatkan error dibawah 5% pada jumlah element 1.130.000, kemudian pengujian terus dilakukan, peningkatan jumlah

Mesh yang digunakan adalah *unstructured mesh* dengan bentuk tetrahedral. Inlet, outlet, dan *passenger* menggunakan *refining mesh* untuk memperbesar kualitas mesh dan meningkatkan akurasi pada simulasi seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3.10**.



Gambar 3. 10 Meshing pada Domain Simulasi

Nilai kecepatan pada AC mobil didapatkan melalui pengukuran langsung pada mobil ELF dengan menggunakan anemometer yang ditunjukkan pada **Gambar 3.11**. Nilai dari variasi kecepatan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada **Tabel 3.3**



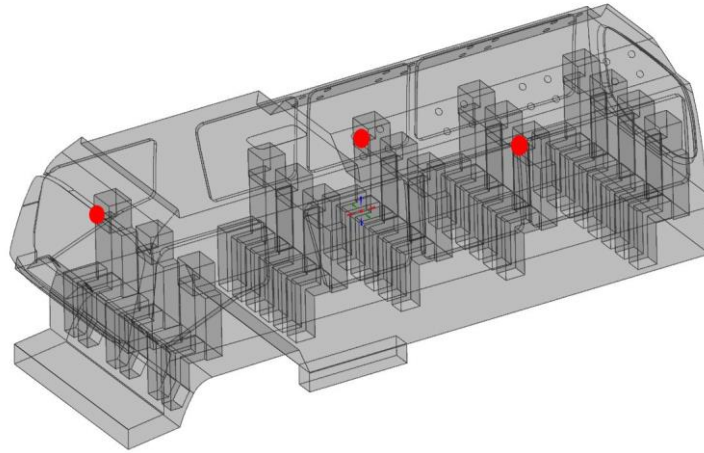
Gambar 3. 11 Anemometer yang Digunakan dalam Pengukuran Kecepatan AC ELF

Tabel 3. 3 Variasi Kecepatan AC

Variasi Kecepatan AC	Kecepatan Inlet AC depan (m/s)	Kecepatan AC Inlet belakang (m/s)	Kecepatan Outlet AC (m/s)
1	1.86	0.42	2.26
2	2.30	1	2.26
3	4.14	1.33	2.26
4	1.86	1.33	2.26
5	4.14	0.42	2.26
6	1.86	0.42	2.30
7	2.30	1	2.30
8	4.14	1.33	2.30
9	1.86	1.33	2.30
10	4.14	0.42	2.30
11	1.86	0.42	4.14
12	2.30	1	4.14
13	4.14	1.33	4.14
14	1.86	1.33	4.14
15	4.14	0.42	4.14

Variasi lokasi penyemprotan partikel covid ditunjukkan pada **Gambar 3.12**, untuk

spesifikasi partikel yang digunakan adalah dengan material water-liquid dan tipe partikel berupa inert. Diameter partikel yang digunakan pada simulasi sebesar 5×10^{-6} m dan flowrate sebesar 1×10^{-20} kg/s dengan parameter lain yang ditunjukkan pada **Gambar 3.13**



Gambar 3. 12 Letak Partikel Covid-19

Point Properties	Physical Models	Turbulent Dispersion	Parcel	Wet Combustion	Components	UDF	Multiple Reactions
X-Position (m)		5.28642		5.38642			
Y-Position (m)		-0.550879		-0.550879			
Z-Position (m)		3.78567		3.68567			
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			

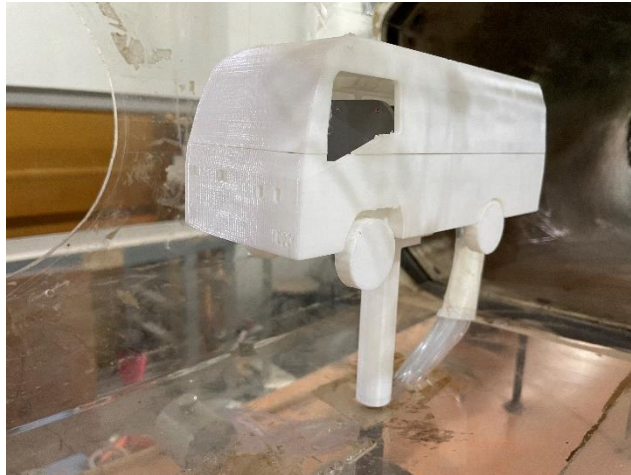
Gambar 3. 13 Parameter Partikel Covid-19

3.6 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

3.6.1 Membuat Model Eksperimen

Model eksperimen dibuat dengan menggunakan 3D printing. Skala yang digunakan adalah 1:26. **Gambar 3.13** menunjukkan model hasil 3D Printing



Gambar 3. 14 Model Eksperimen Hasil 3D Printing

3.6.2 Melakukan Pemasangan Pitot Tube

Kemudian dilakukan pemasangan pitot tube pada 16 titik pengukuran tekanan, yang dimana nilai tekanan dari 16 titik ini akan diperoleh dari hasil perbedaan ketinggian dari manometer. Hasil dari manometer akan dibandingkan dengan hasil simulasi. **Gambar 3.14** menunjukkan lokasi dan hasil pemasangan pitot tube pada model eksperimen. **Gambar 3.15** menunjukkan manometer pada pengukuran



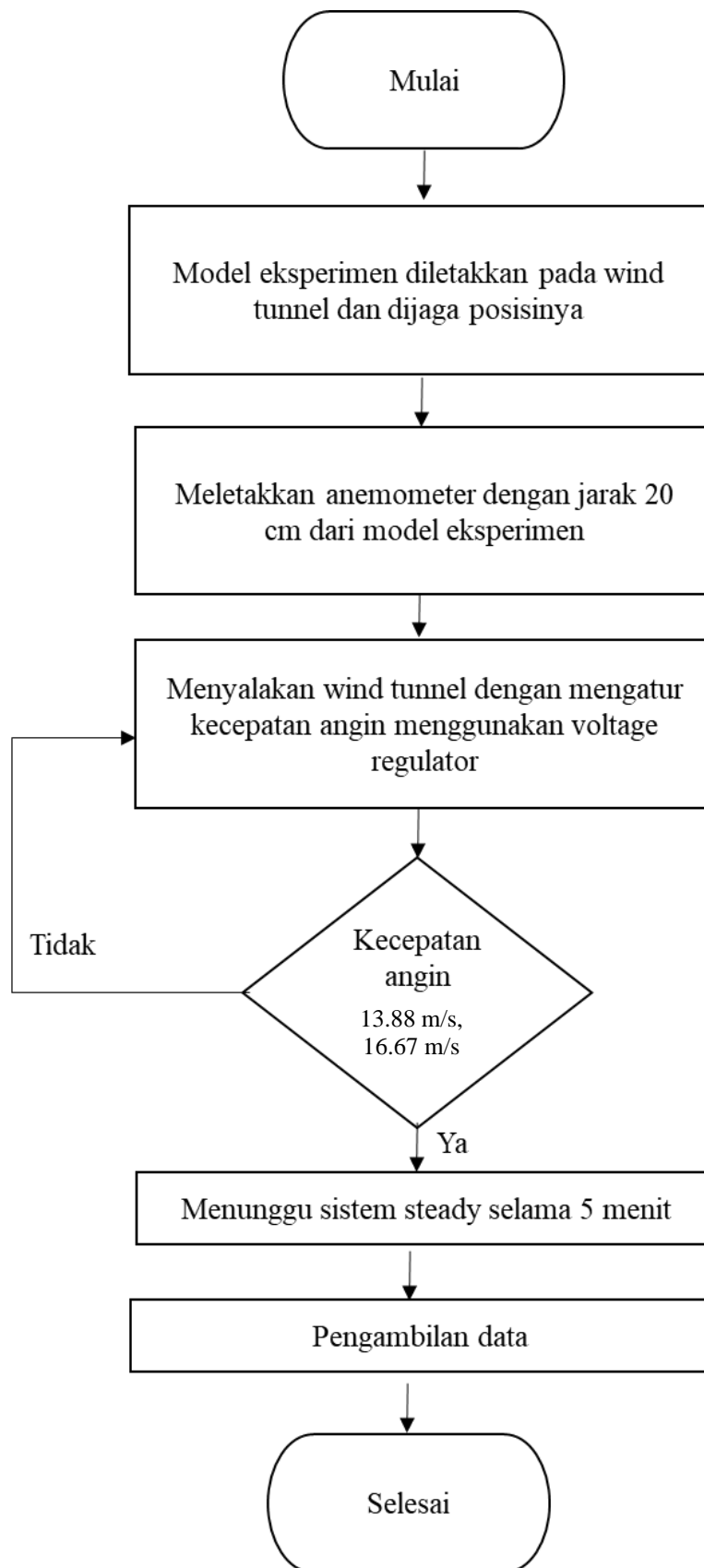
Gambar 3. 15 Lokasi Pitot Tube pada Eksperimen



Gambar 3. 16 *Inclined* Manometer pada Eksperimen

3.6.3 Pengujian dan Pengambilan Data pada Wind Tunnel

Pengujian dilakukan pada wind tunnel milik Laboratorium Mekanika dan Mesin-Mesin Fluida Departemen Teknik Mesin-ITS. Berikut merupakan flowchat pengujian yang dilakukan di wind tunnel. **Gambar 3.16** menunjukkan flowchart pengujian pada wind tunnel. **Gambar 3.17** menunjukkan peletakan model pada cerobong angin.



Gambar 3. 17 Flowchart Pengujian



Gambar 3. 18 Pengujian Pada Wind Tunnel

3.6.4 Hasil Validasi

Tabel 3. 4 Hasil Validasi Simulasi

Titik Pengukuran	Tekanan (gauge) Eksperimen (Pa)	Tekanan (gauge) Simulasi (Pa)	Error (%)
1	-116.94	-116.253	0.59
2	-116.94	-115.331	1.38
3	-112.61	-116.277	3.26
4	-113.69	-115.429	1.53
5	-113.69	-115.429	1.53
6	-111.52	-115.429	3.51
7	-111.52	-115.429	3.51
8	-111.52	-115.429	3.51
9	-111.52	-115.429	3.51
10	-111.52	-115.429	3.51
11	-111.52	-115.429	3.51
12	-111.52	-115.429	3.51
13	-112.61	-115.429	2.50
14	-111.52	-115.429	3.51
15	-111.52	-115.429	3.51
16	-112.61	-115.429	2.50
			2.48

Tabel 3.4 menunjukkan hasil validasi tekanan gauge di 16 titik yang berbeda. Error yang

didapatkan rata-rata sebesar 2.48%, dimana error yang didapatkan telah masuk ke dalam batas toleransi yang diijinkan yaitu 5%. Dengan demikian model domain termasuk jumlah element yang dipilih dapat dianggap valid dan dapat digunakan untuk proses simulasi sesungguhnya selanjutnya.

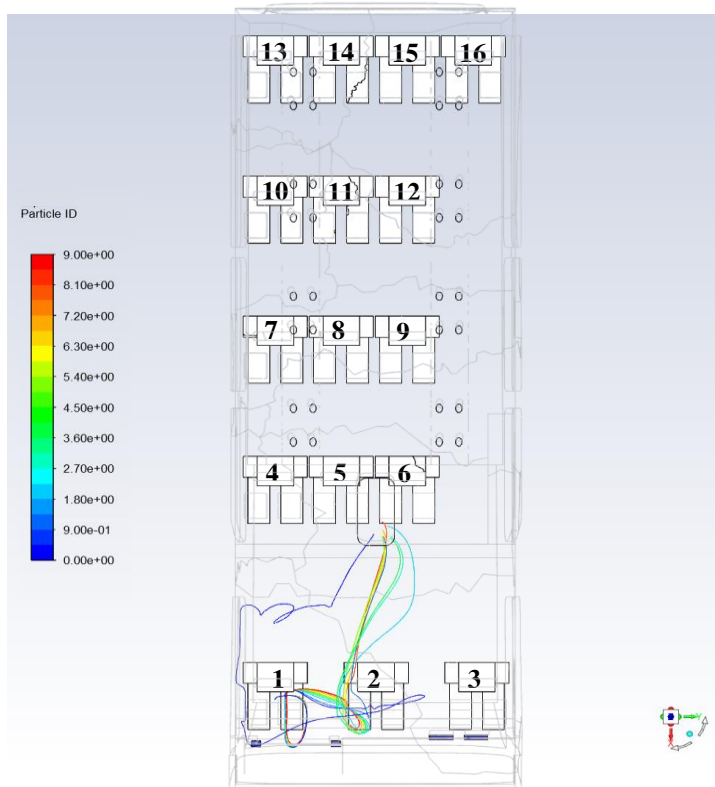
BAB VI

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Variasi Kecepatan Outlet AC 2,26 m/s

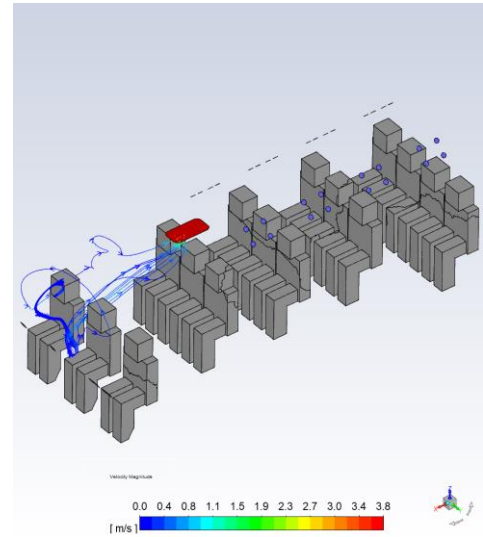
4.1.1. Kecepatan AC Depan 1,86 m/s dan Belakang 0,42 m/s

Pada tugas akhir ini dilakukan analisa penyebaran droplet virus dalam kendaraan umum yang menggunakan *Air Conditioner* (AC). Pada sub-bab ini dilakukan Analisa untuk variasi inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0,42 m/s dan outlet AC 2,26 m/s. 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. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Partikel tersebut diinjeksikan dari lokasi tempat duduk *passenger* yang kita inginkan dalam simulasi yaitu pada titik 1, 7 dan 12. 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 risiko *passenger* lain berdasarkan jumlah aliran partikel virus disekitar kepalanya, dimana semakin banyak aliran maka risiko semakin besar. Selanjutnya, dilakukan analisa penyebaran virus berdasarkan karakteristik aliran menggunakan software ANSYS FLUENT 19.1.



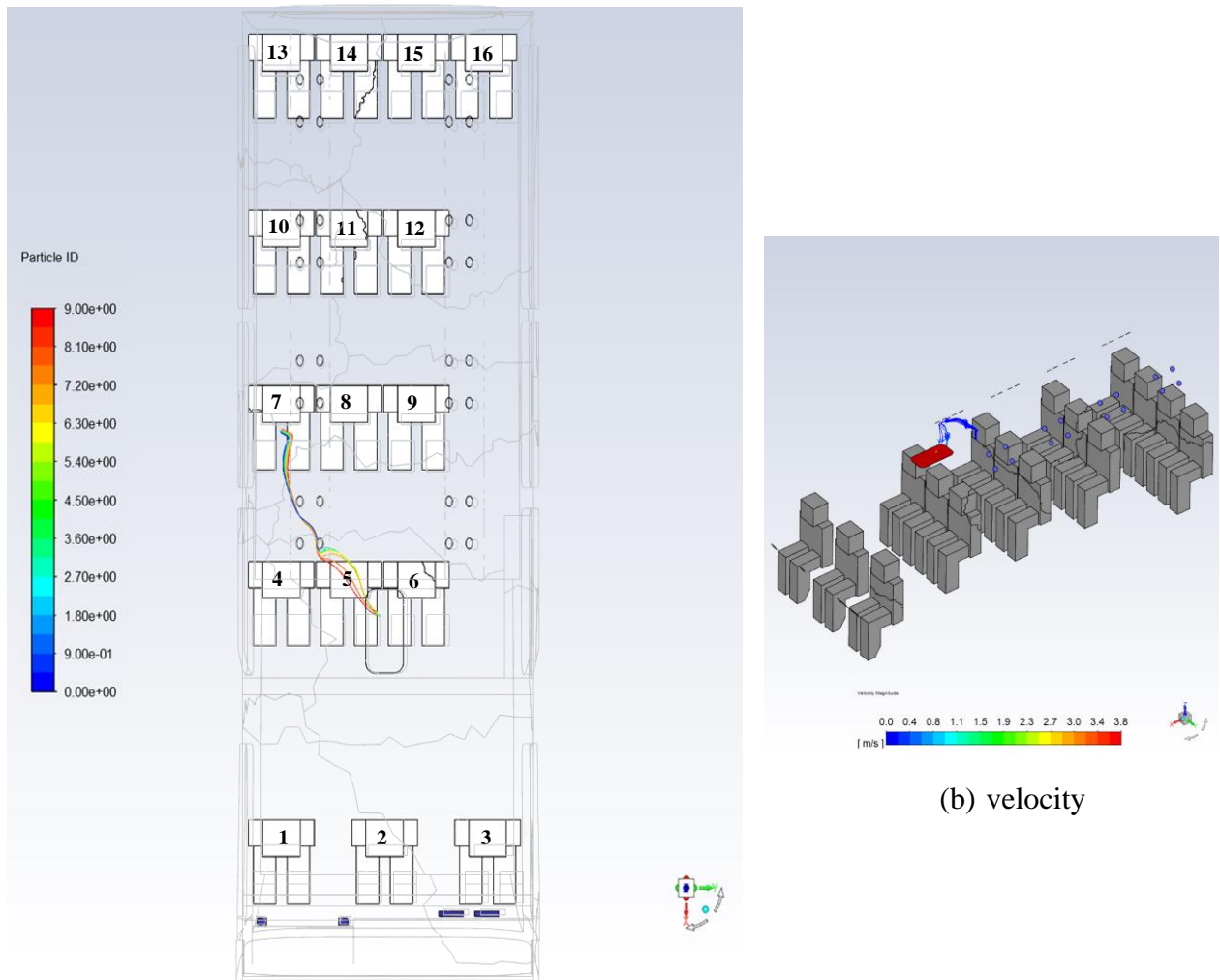
(a) Partikel Id

Gambar 4. 1 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.26 m/s



(b) Velocity

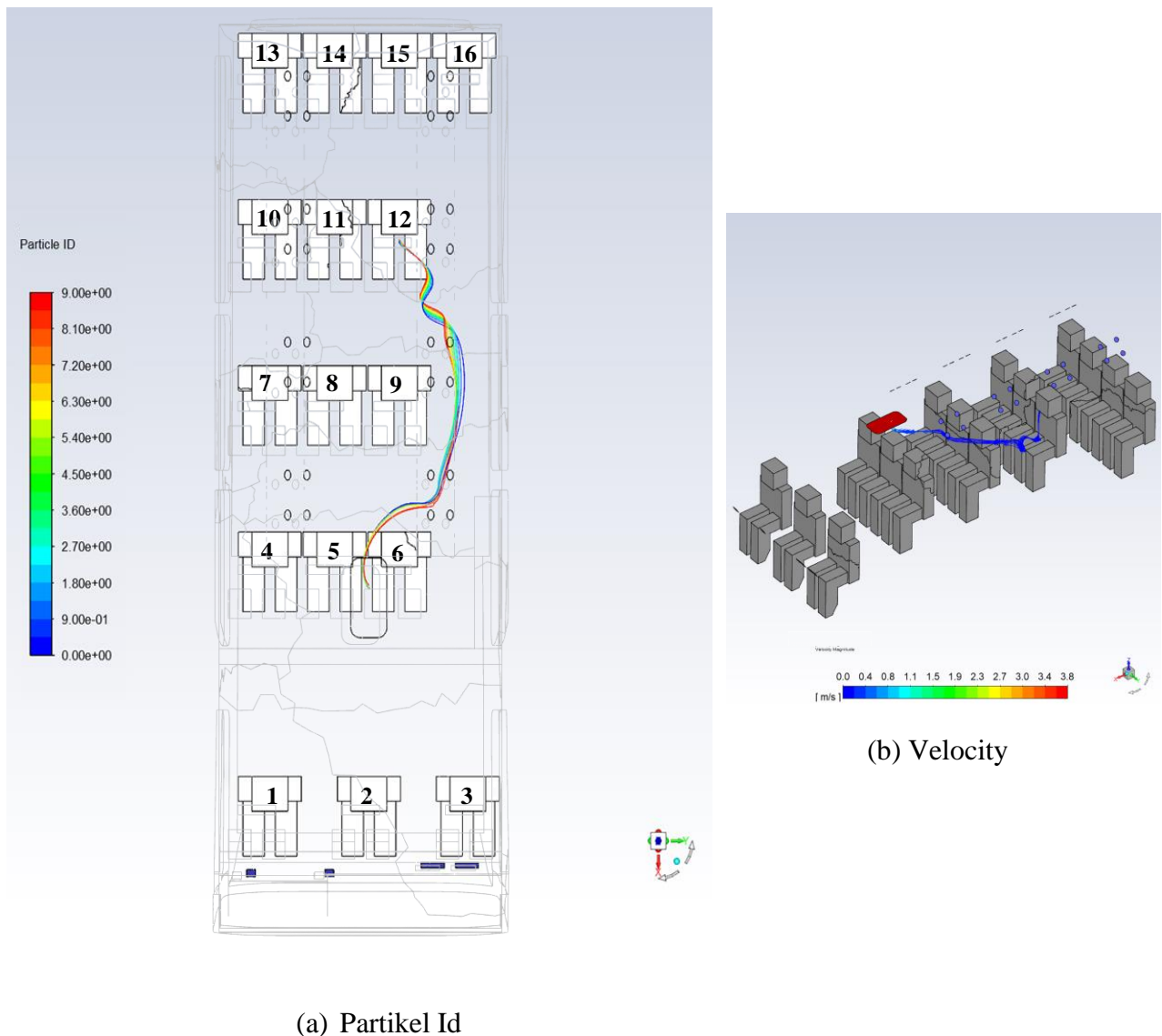
Gambar 4. 1 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *driver* atau *passenger* yang duduk di bangku nomor 1 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 1,86 m/s, inlet AC belakang 0,42 m/s dan outlet AC 2,26 m/s. Partikel terinjeksi yang disebar, mengalir dengan kecepatan 0.3-0.6 m/s dan menyebar kearah *passenger* di tempat duduk nomor 2 hingga menuju ke outlet. Aliran partikel mengalami kenaikan kecepatan hingga 1,1 m/s sebelum keluar dari outlet.. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tempat duduk yang paling rawan terhadap penyebaran virus yaitu *passenger* di tempat duduk nomor 2.



(a) Partikel Id

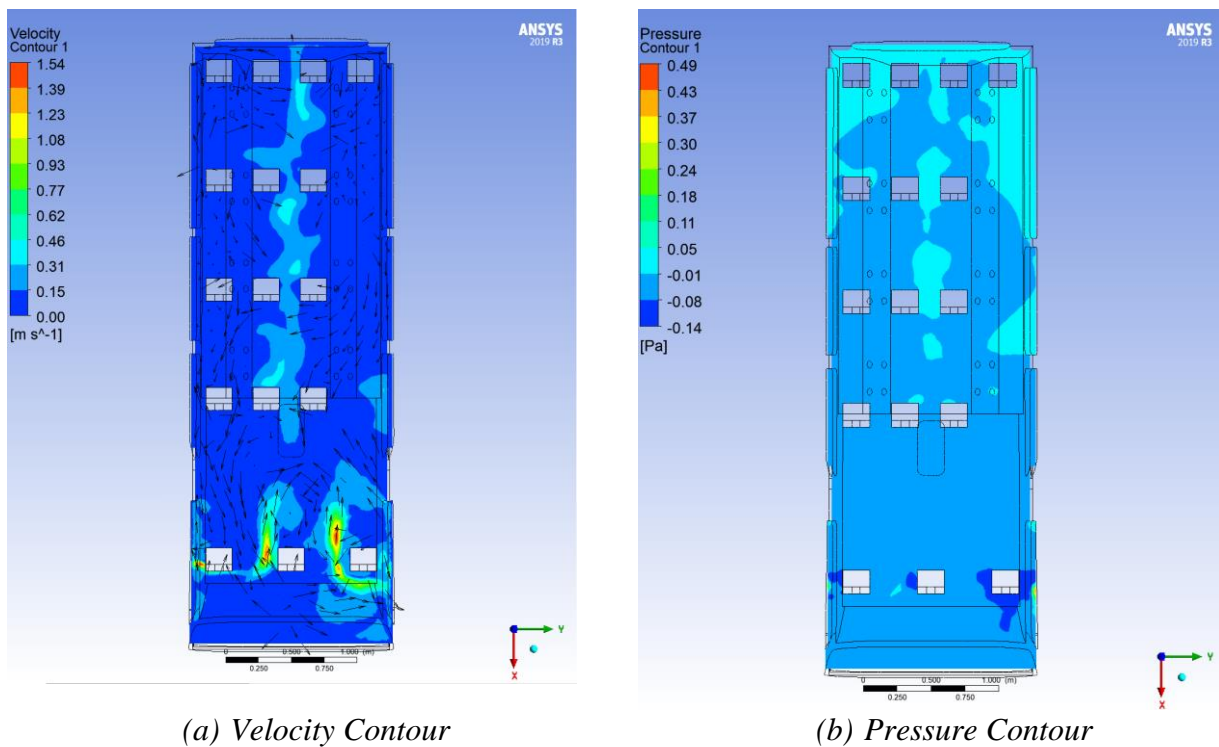
Gambar 4. 2 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.26 m/s

Gambar 4. 2 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 7 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 1,86 m/s, inlet AC belakang 0,42 m/s dan outlet AC 2,26 m/s. Partikel injeksi mengalir dengan kecepatan aliran rata-rata 0.3-0.6 m/s kearah outlet. Sehingga dapat disimpulkan bahwa setiap tempat duduk aman dari penyebaran virus.



Gambar 4. 3 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.26 m/s

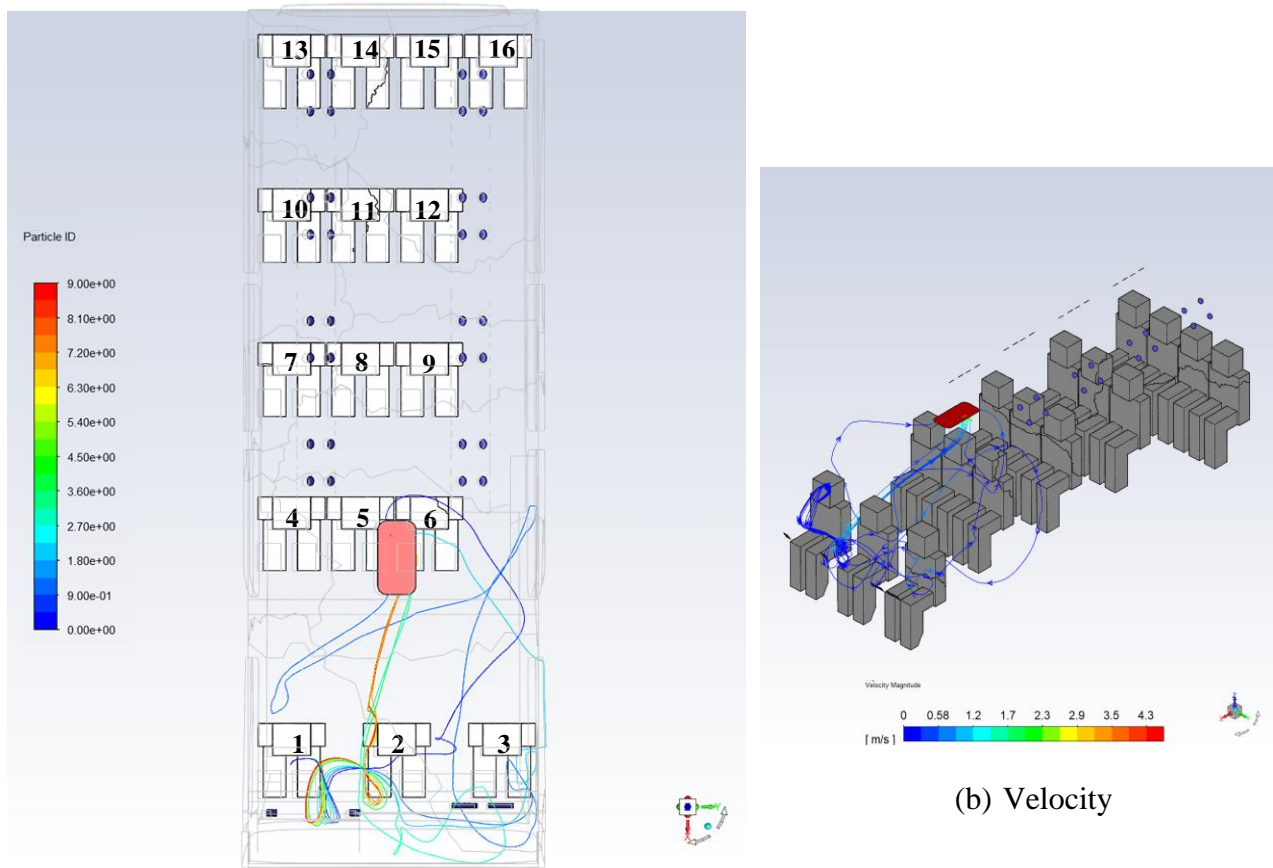
Gambar 4. 3 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 12 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.26 m/s. Partikel injeksi mengalir dengan kecepatan aliran rata-rata 0.3-0.6 m/s kearah outlet dan tidak mendekati *passenger* lain. Aliran partikel mengalami kenaikan kecepatan hingga 1,1 m/s sebelum keluar outlet. Sehingga dapat disimpulkan bahwa setiap tempat duduk aman dari penyebaran virus.



Gambar 4. 4 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.26 m/s

4.1.2. Kecepatan AC Depan 2.30 m/s dan Belakang 1 m/s

Pada tugas akhir ini dilakukan analisa penyebaran droplet virus dalam kendaraan umum yang menggunakan *Air Conditioner* (AC). Pada sub-bab ini dilakukan Analisa untuk variasi kecepatan inlet AC depan 2,30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 2,26 m/s. 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. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Partikel tersebut diinjeksikan dari lokasi tempat duduk *passenger* yang kita inginkan dalam simulasi yaitu pada titik 1, 7 dan 12. 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 risiko *passenger* lain berdasarkan jumlah aliran partikel virus disekitar kepalanya, dimana semakin banyak aliran maka risiko semakin besar. Selanjutnya, dilakukan analisa penyebaran virus berdasarkan karakteristik aliran menggunakan software ANSYS FLUENT 19.1.

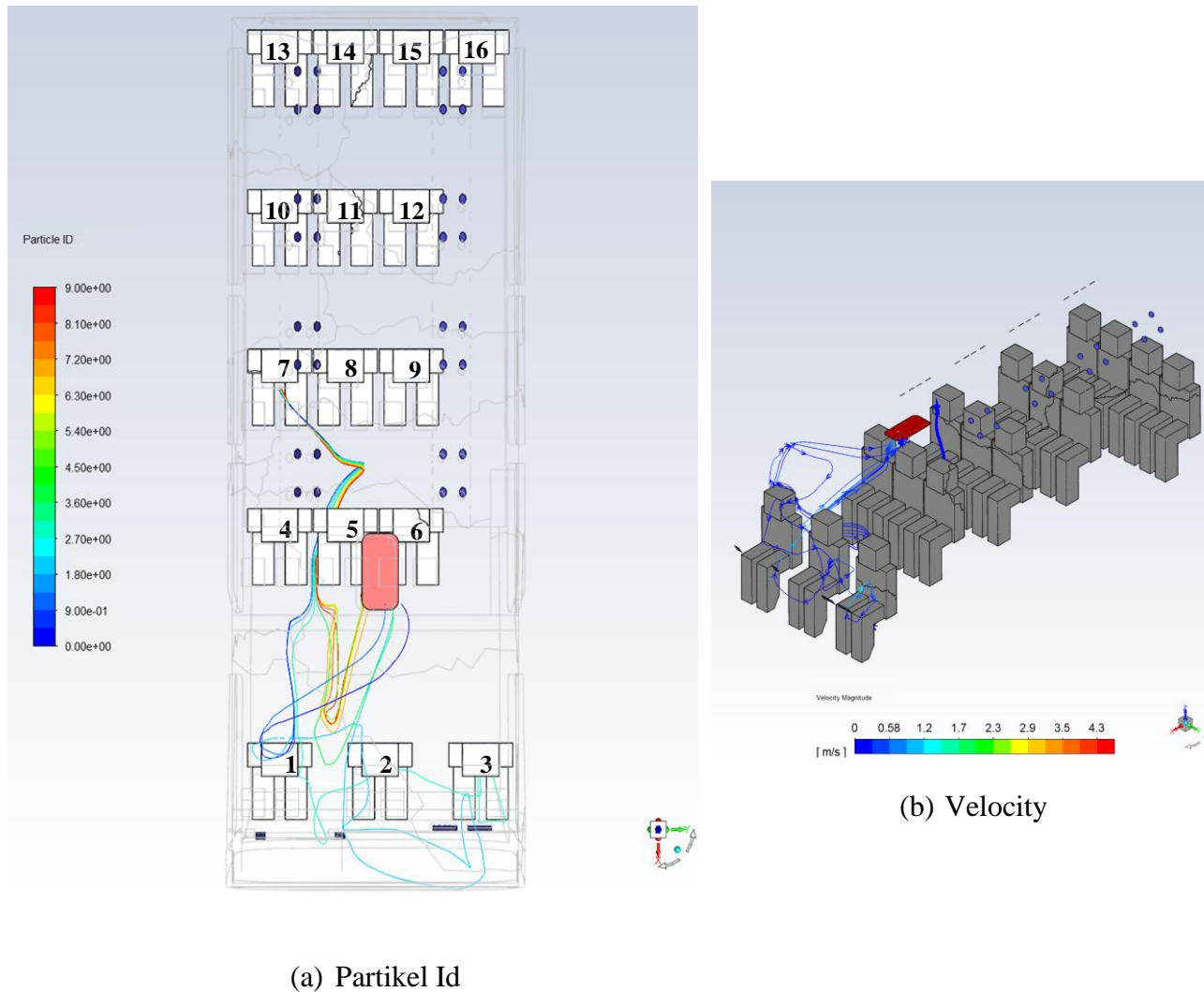


(a) Partikel Id

(b) Velocity

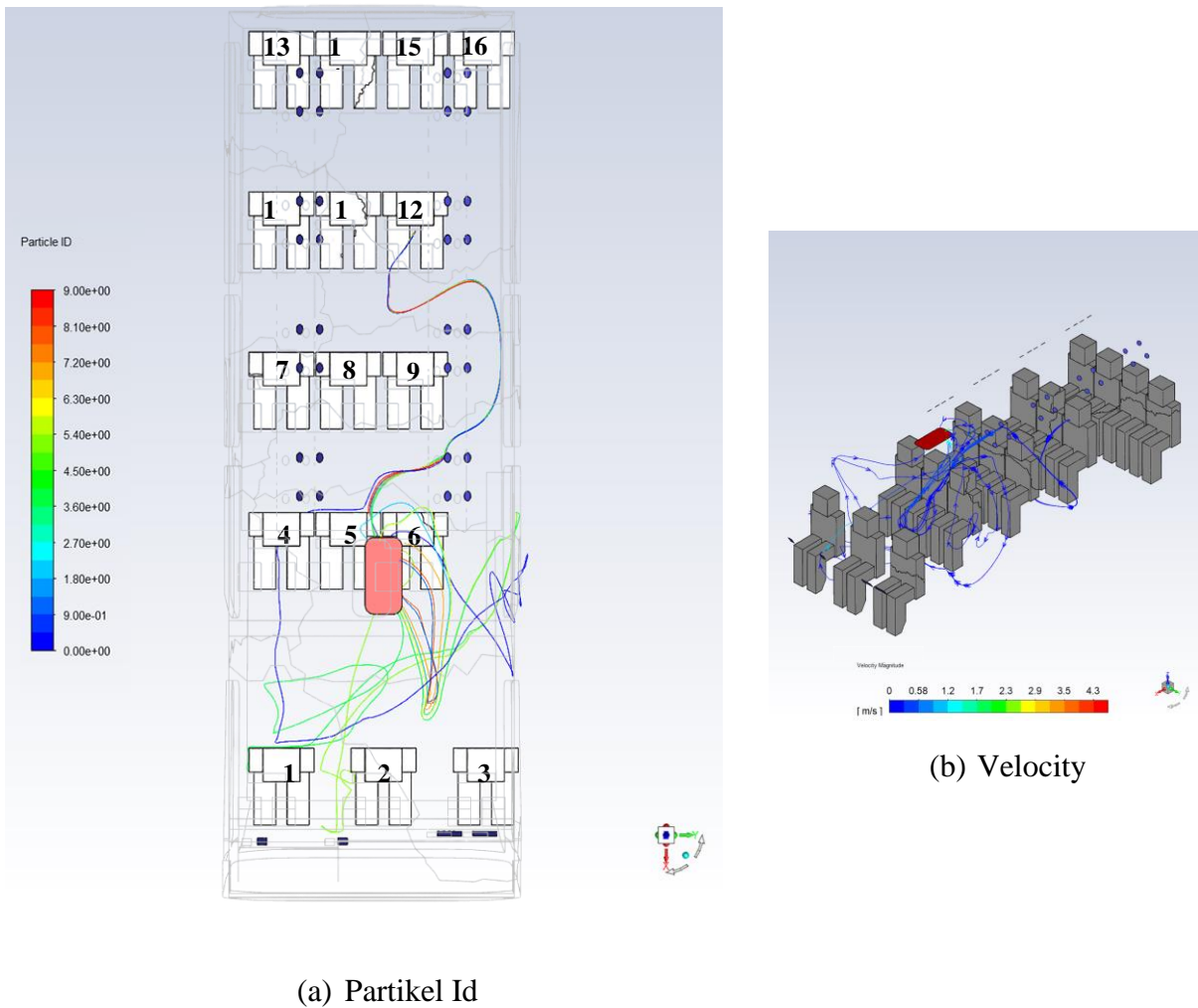
Gambar 4. 5 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 2,30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 2,26 m/s

Gambar 4. 5 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *driver* atau *passenger* yang duduk di bangku nomor 1 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 2.26 m/s. Partikel terinjeksi yang disebar, mengalir dengan kecepatan 0.3-0.6 m/s dan menyebar kearah *passenger* di baris depan hingga menuju ke outlet. Aliran partikel ikut membahayakan *passenger* 6 karena berada di bawah outlet. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tempat duduk yang paling rawan terinjeksi virus berada pada titik 2, 3 dan 6.



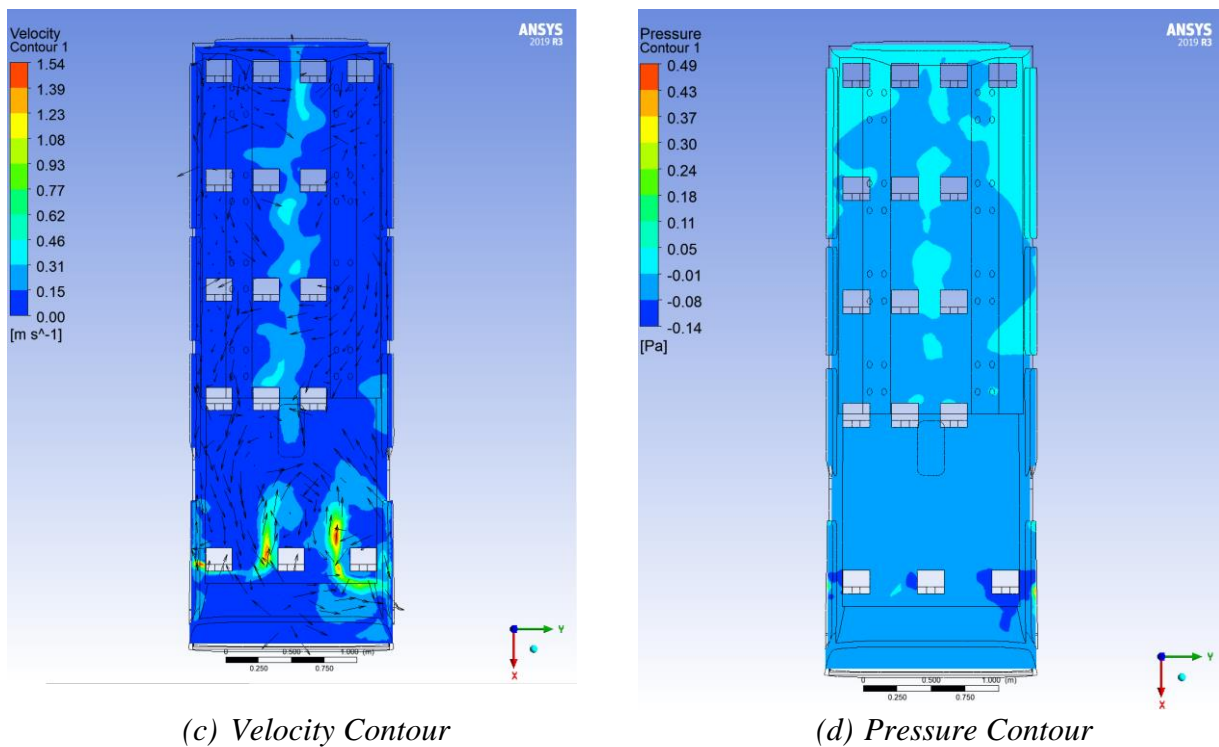
Gambar 4. 6 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 2.26 m/s

Gambar 4. 6 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 7 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 2.26 m/s. Partikel injeksi mengalir dengan kecepatan aliran rata-rata 0.3-0.6 m/s kearah *passenger* baris pertama menuju ke outlet. Selain itu terlihat 2 aliran dengan kecepatan hingga 1.5 m/s di baris pertama. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tempat duduk yang paling rawan terinjeksi virus berada pada titik 1, 2 dan 3.



Gambar 4. 7 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 2.26 m/s

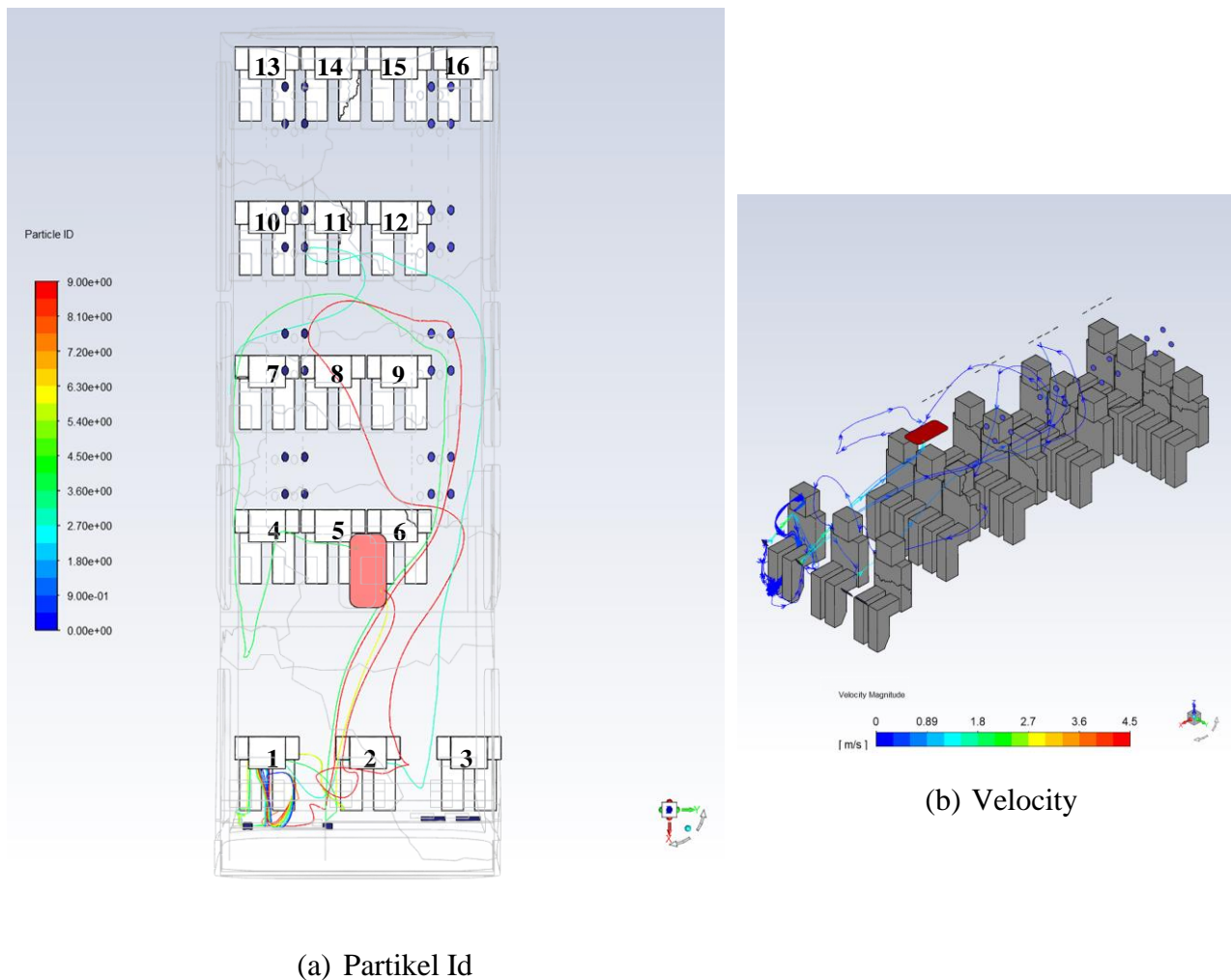
Gambar 4. 7 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 12 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 2.26 m/s. Partikel yang disebar, mengalir dengan kecepatan rata-rata 0.3-0.6 m/s kearah *passenger* baris kedua hingga mendekati baris pertama menuju outlet. Aliran partikel mengalami kenaikan kecepatan hingga 1.5 m/s sebelum keluar outlet. Aliran partikel ikut membahayakan *passenger* 6 karena berada di bawah outlet. Namun bila dibandingkan jumlah aliran partikel yang mendekati kepala *passenger*, dapat disimpulkan bahwa tempat duduk yang paling rawan terinjeksi virus berada pada titik 6.



Gambar 4. 8 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 2.26 m/s

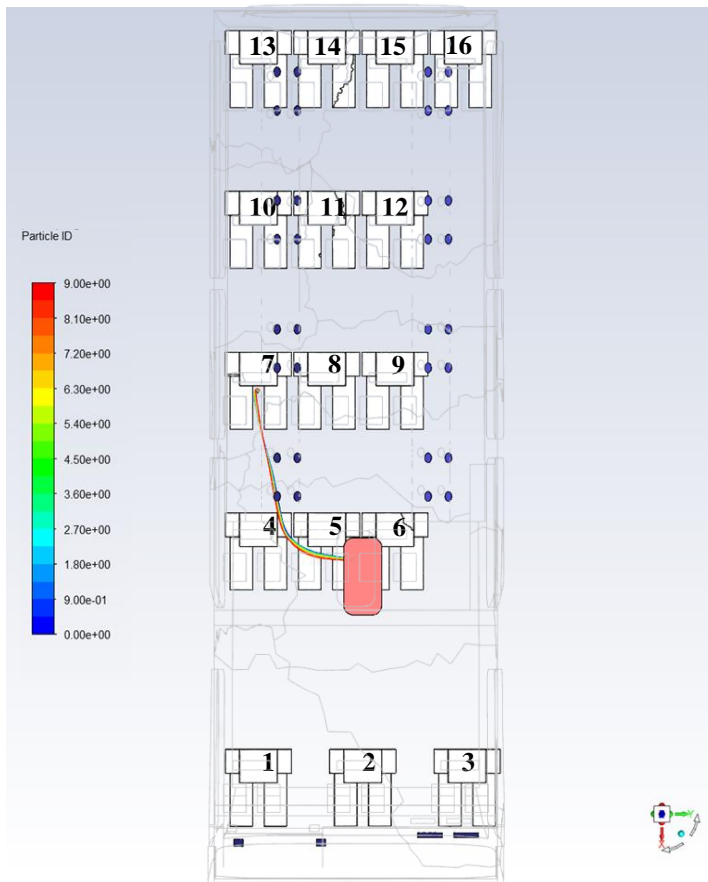
4.1.3. Kecepatan AC Depan 4.14 m/s dan Belakang 1.33 m/s

Pada tugas akhir ini dilakukan analisa penyebaran droplet virus dalam kendaraan umum yang menggunakan *Air Conditioner* (AC). Pada sub-bab ini dilakukan Analisa untuk variasi dengan kecepatan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.26 m/s. 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. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Partikel tersebut diinjeksikan dari lokasi tempat duduk *passenger* yang kita inginkan dalam simulasi yaitu pada titik 1, 7 dan 12. 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 risiko *passenger* lain berdasarkan jumlah aliran partikel virus disekitar kepalanya, dimana semakin banyak aliran maka risiko semakin besar. Selanjutnya, dilakukan analisa penyebaran virus berdasarkan karakteristik aliran menggunakan software ANSYS FLUENT 19.1.

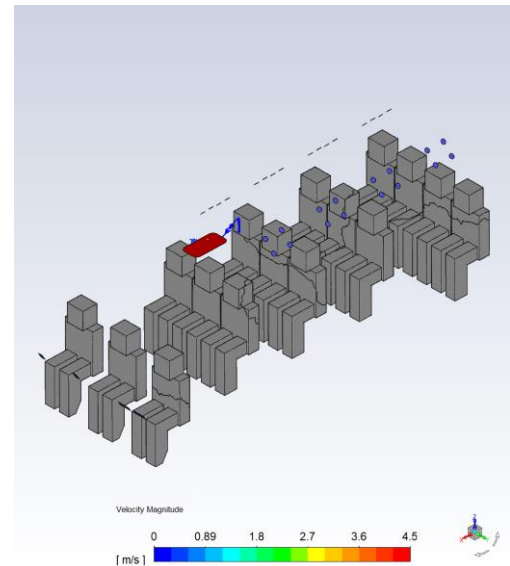


Gambar 4. 9 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.26 m/s

Gambar 4. 9 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *driver* atau *passenger* yang duduk di bangku nomor 1 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.26 m/s. Partikel terinjeksi yang disebar, mengalir menyebar kearah *passenger* di baris pertama dengan kecepatan yang bervariasi dari 0.3 – 1.8 m/s dan kemudian menuju baris keempat dengan kecepatan 0.3 m/s dan selanjutnya menuju ke outlet. Namun hanya sebagian *passenger* yang didekati aliran penyebaran partikel sehingga risiko penularannya lebih besar yaitu *passenger* yang duduk di bangku nomor 2, 8 dan 4 karena jaraknya paling dekat dengan aliran partikel penyebaran virus.



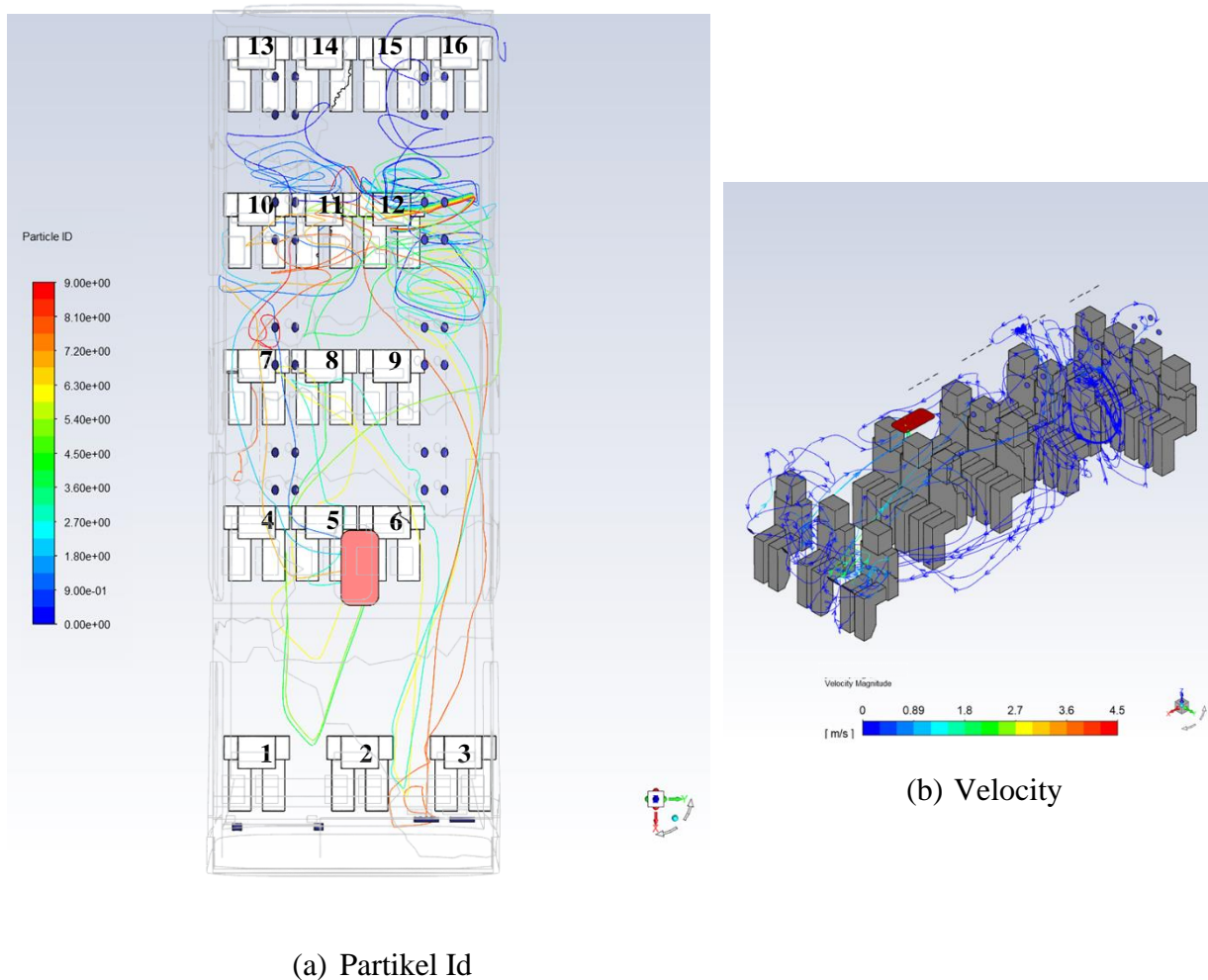
(a) Partikel Id



(b) Velocity

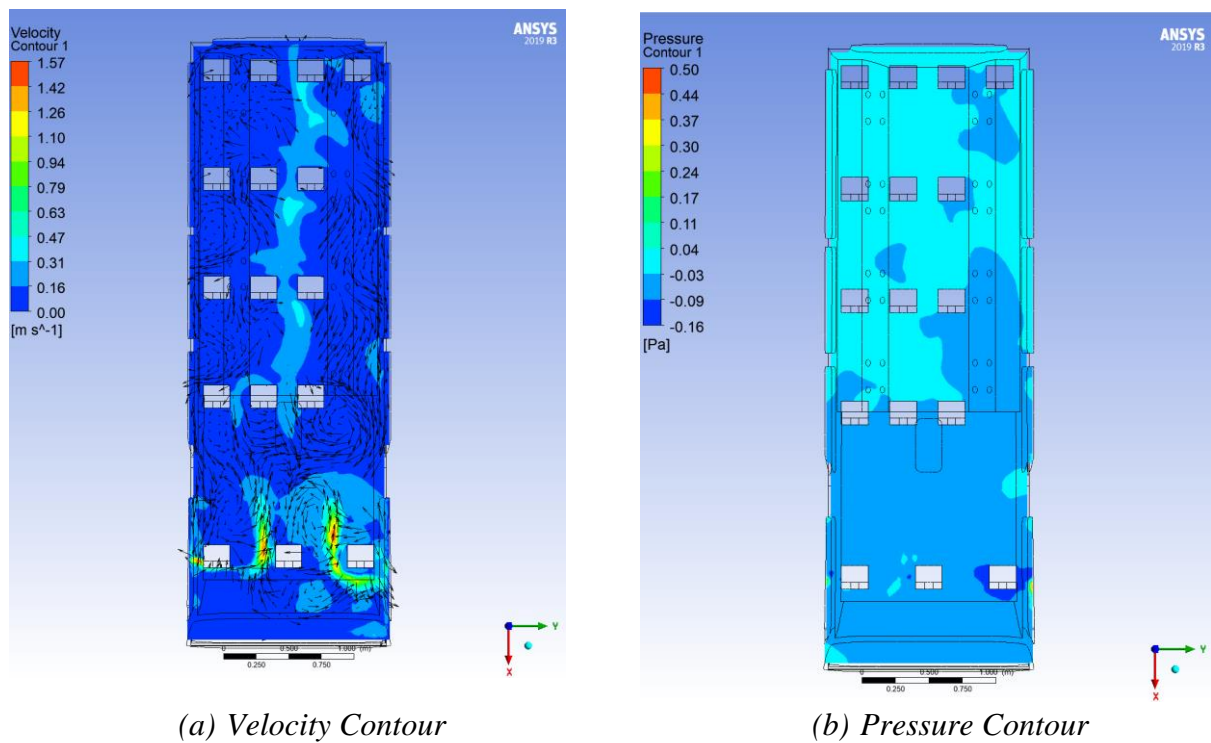
Gambar 4. 10 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.26 m/s

Gambar 4. 10 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 7 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.26 m/s. Aliran partikel terinjeksi mengalir dengan kecepatan 0.3 m/s langsung menuju outlet tanpa membahayakan *passenger* lain. Sehingga dapat disimpulkan bahwa setiap tempat duduk aman dari penyebaran virus.



Gambar 4. 11 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.26 m/s

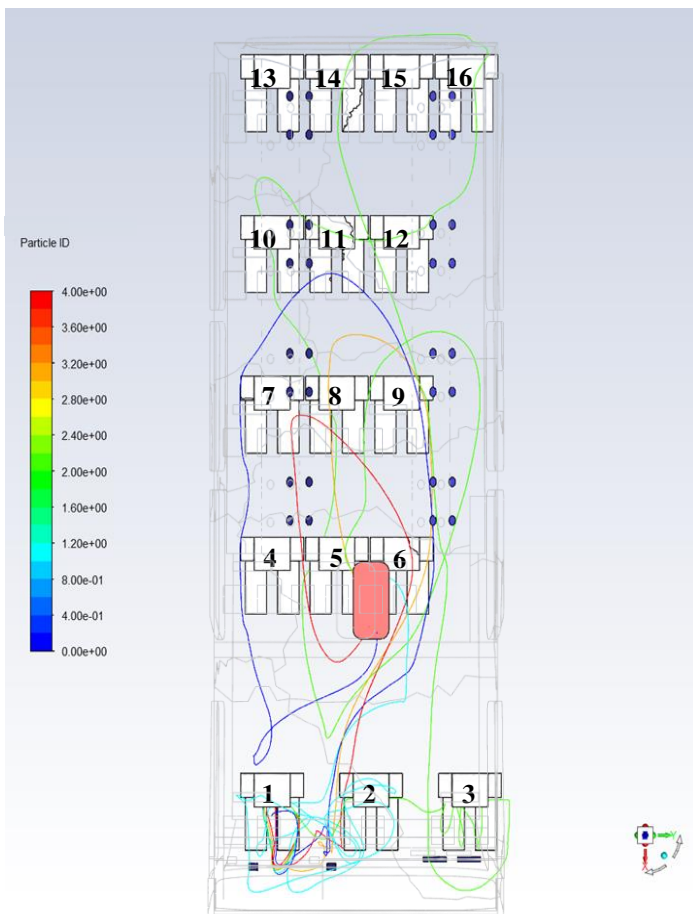
Gambar 4. 11 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 12 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.26 m/s. Partikel terinjeksi yang disebar, mengalir dengan kecepatan 0.3-0.6 m/s dan menyebar kearah *passenger* di baris dengan kecepatan bervariasi dari 0.3 – 1.5 m/s pertama menuju ke baris terakhir dengan kecepatan 0.3-0.6 m/s dan selanjutnya menuju ke outlet dengan kecepatan hingga 1.8 m/s. Bila dibandingkan jumlah aliran partikel virus yang mendekat ke kepala *passenger*, tempat duduk paling rawan terinjeksi karena banyaknya dan jaraknya yang paling dekat dengan aliran partikel berada pada titik 11, 12, 7, 4, 5, dan 15. Sedangkan *passenger* yang relatif aman dari penyebaran virus berapa pada titik 1 dan 13.



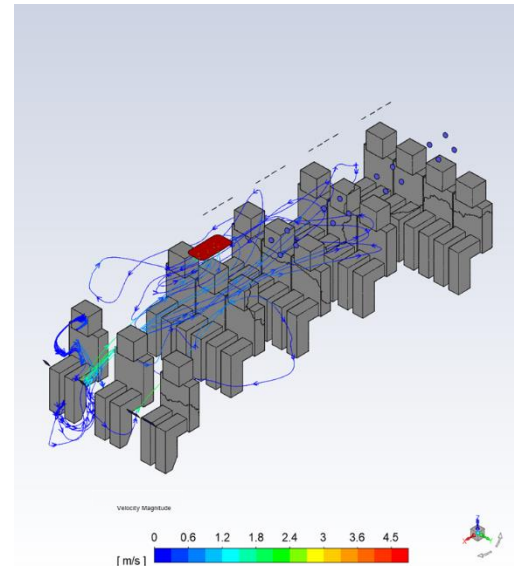
Gambar 4. 12 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.26 m/s

4.1.4. Kecepatan AC Depan 1.86 m/s dan Belakang 1.33 m/s

Pada tugas akhir ini dilakukan analisa penyebaran droplet virus dalam kendaraan umum yang menggunakan *Air Conditioner (AC)*. Pada sub-bab ini dilakukan Analisa untuk variasi kecepatan inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.26 m/s. 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. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Partikel tersebut diinjeksikan dari lokasi tempat duduk *passenger* yang kita inginkan dalam simulasi yaitu pada titik 1, 7 dan 12. 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 risiko *passenger* lain berdasarkan jumlah aliran partikel virus disekitar kepalanya, dimana semakin banyak aliran maka risiko semakin besar. Selanjutnya, dilakukan analisa penyebaran virus berdasarkan karakteristik aliran menggunakan software ANSYS FLUENT 19.1.



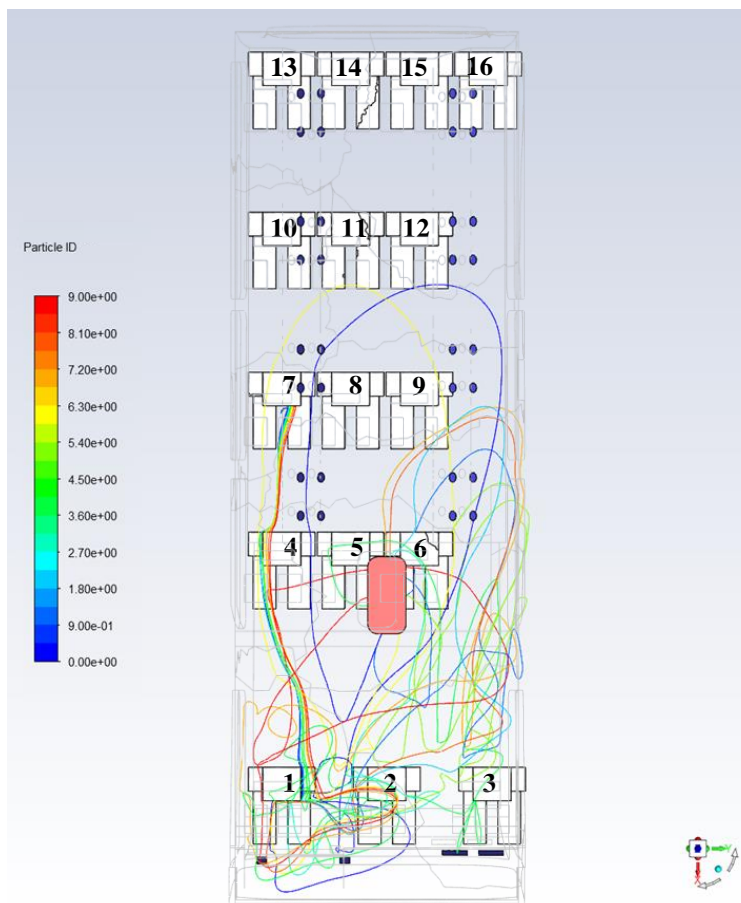
(a) Partikel Id



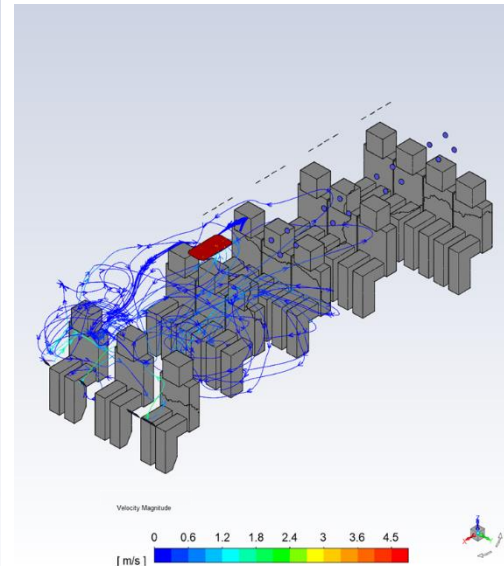
(b) Velocity

Gambar 4. 13 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.26 m/s

Gambar 4. 13 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *driver* atau *passenger* yang duduk di bangku nomor 1 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.26 m/s. Aliran partikel terinjeksi menyebar hampir keseluruhan bagian didalam kendaraan dengan kecepatan aliran antara 0,6-2 m/s. Kecepatan aliran tercepat terlihat mengalir dari bangku di baris pertama menuju ke outlet. Bila dibandingkan titik paling rawan terinjeksi virus yaitu *passenger* di kursi 2 karena jumlah aliran partikel disekitarnya yang relatif banyak. Sedangkan tempat duduk paling aman berada pada kursi nomor 13 dan 15 karena jaraknya yang relatif jauh dari aliran terdekat.



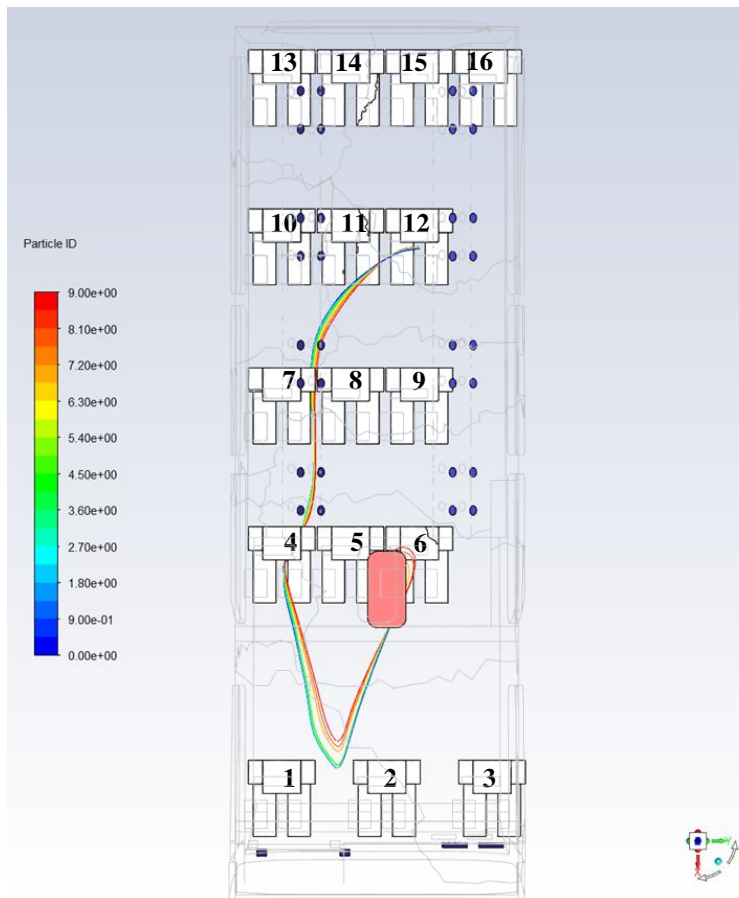
(a) Partikel Id



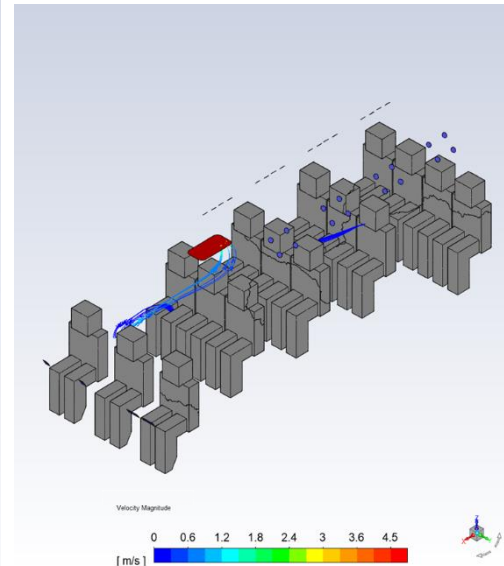
(b) Velocity

Gambar 4. 14 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.26 m/s

Gambar 4. 14 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 7 dalam kendaraan ber-AC dengan inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.26 m/s. Partikel injeksi mengalir dengan kecepatan aliran rata-rata 0.3-0.6 m/s kearah *passenger* baris pertama hingga baris ketiga menuju ke outlet. Dari 10 aliran partikel, terdapat satu aliran yang kecepatannya mencapai 2,1 m/s yang mulai terlihat menyebar di bangku baris pertama menuju outlet. Bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel yang da disekitar kepala, *passenger* yang paling aman duduk baris ketiga dan keempat. Sedangkan *passenger* yang paling rawan terinjeksi virus duduk di bangku nomor 1, 2. 4 dan 6.



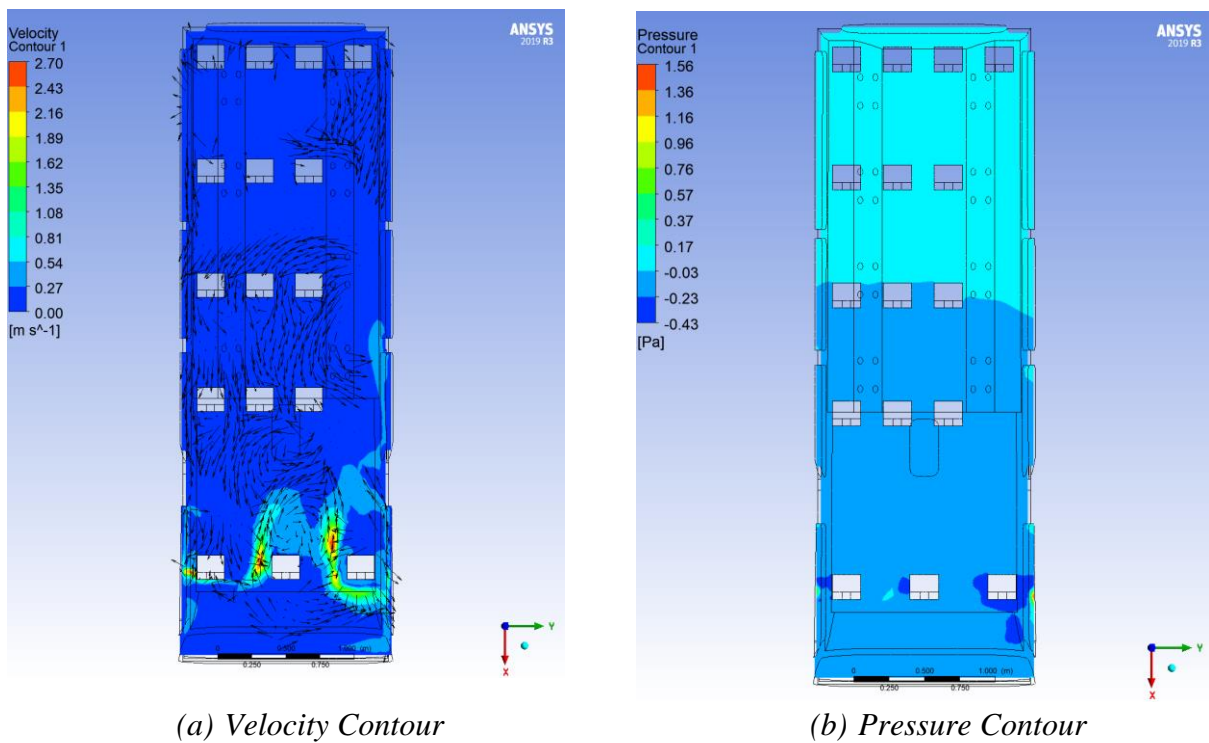
(a) Partikel Id



(b) Velocity

Gambar 4. 15 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.26 m/s

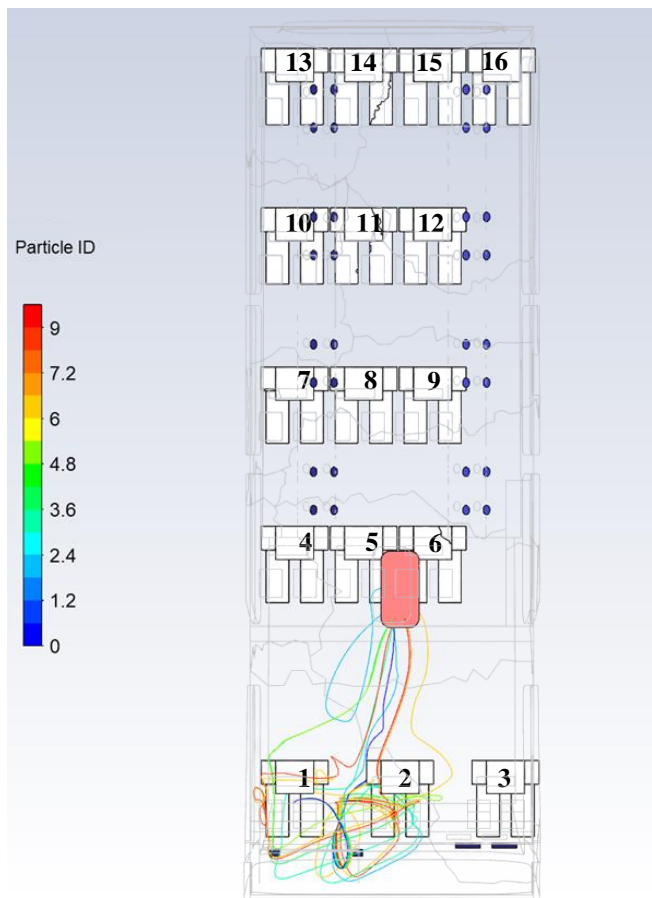
Gambar 4. 15 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 12 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.26 m/s. Partikel terinjeksi mengalir dengan kecepatan rata-rata 0.3 – 0.6 m/s diantara *passenger* 7 dan 8, kemudian dengan kecepatan yang relatif sama melewati *passenger* 4. Selanjutnya, aliran mengalami kenaikan kecepatan sebelum keluar dari outlet. Aliran partikel ikut membahayakan *passenger* 6 karena berada di bawah outlet. Sehingga tempat duduk paling bahaya terhadap injeksi virus yaitu tempat duduk nomor 4 dan 6.



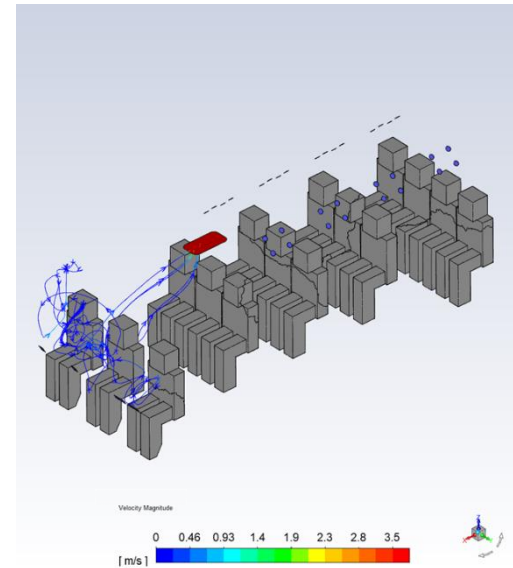
Gambar 4. 16 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.26 m/s

4.1.5. Kecepatan AC Depan 4.14 m/s dan Belakang 0,42 m/s

Pada tugas akhir ini dilakukan analisa penyebaran droplet virus dalam kendaraan umum yang menggunakan *Air Conditioner* (AC). Pada sub-bab ini dilakukan Analisa untuk variasi kecepatan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.26 m/s. 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. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Partikel tersebut diinjeksikan dari lokasi tempat duduk *passenger* yang kita inginkan dalam simulasi yaitu pada titik 1, 7 dan 12. 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 risiko *passenger* lain berdasarkan jumlah aliran partikel virus disekitar kepalanya, dimana semakin banyak aliran maka risiko semakin besar. Selanjutnya, dilakukan analisa penyebaran virus berdasarkan karakteristik aliran menggunakan software ANSYS FLUENT 19.1.



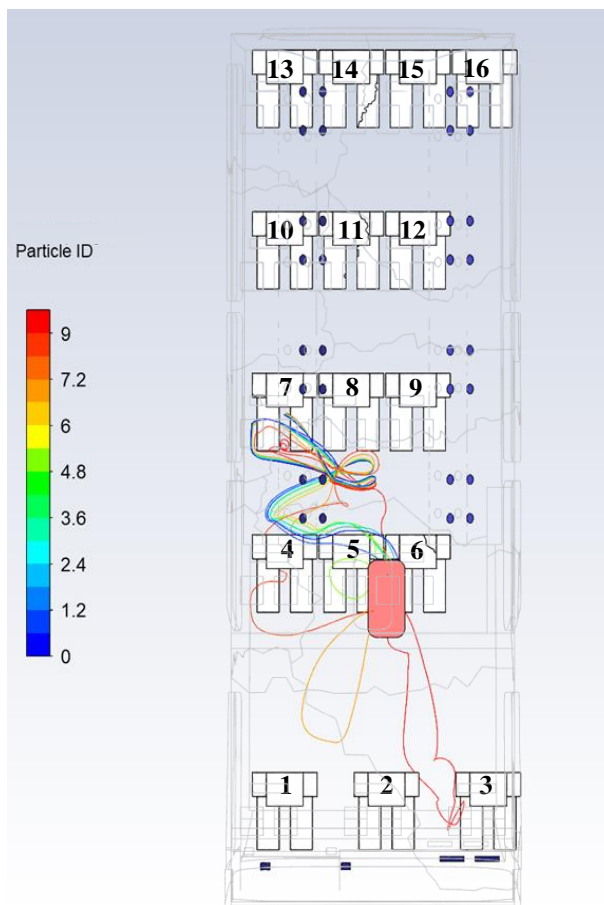
(a) Partikel Id



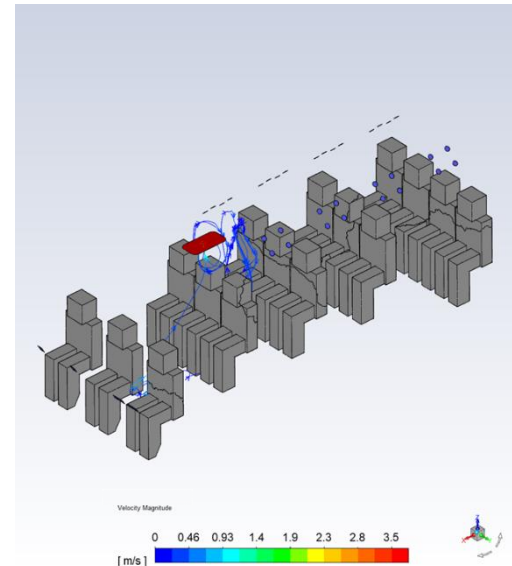
(b) Velocity

Gambar 4. 17 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.26 m/s

Gambar 4. 17 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *driver* atau *passenger* yang duduk di bangku nomor 1 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.26 m/s. Aliran partikel terinjeksi menyebar dengan kecepatan 0.3-0.5 m/s ke *passenger* nomor 2 lalu kemudian keluar menuju outlet. Bila dibandingkan titik paling rawan terinjeksi virus yaitu *passenger* di kursi 2 karena jumlah aliran partikel disekitarnya yang relatif banyak.



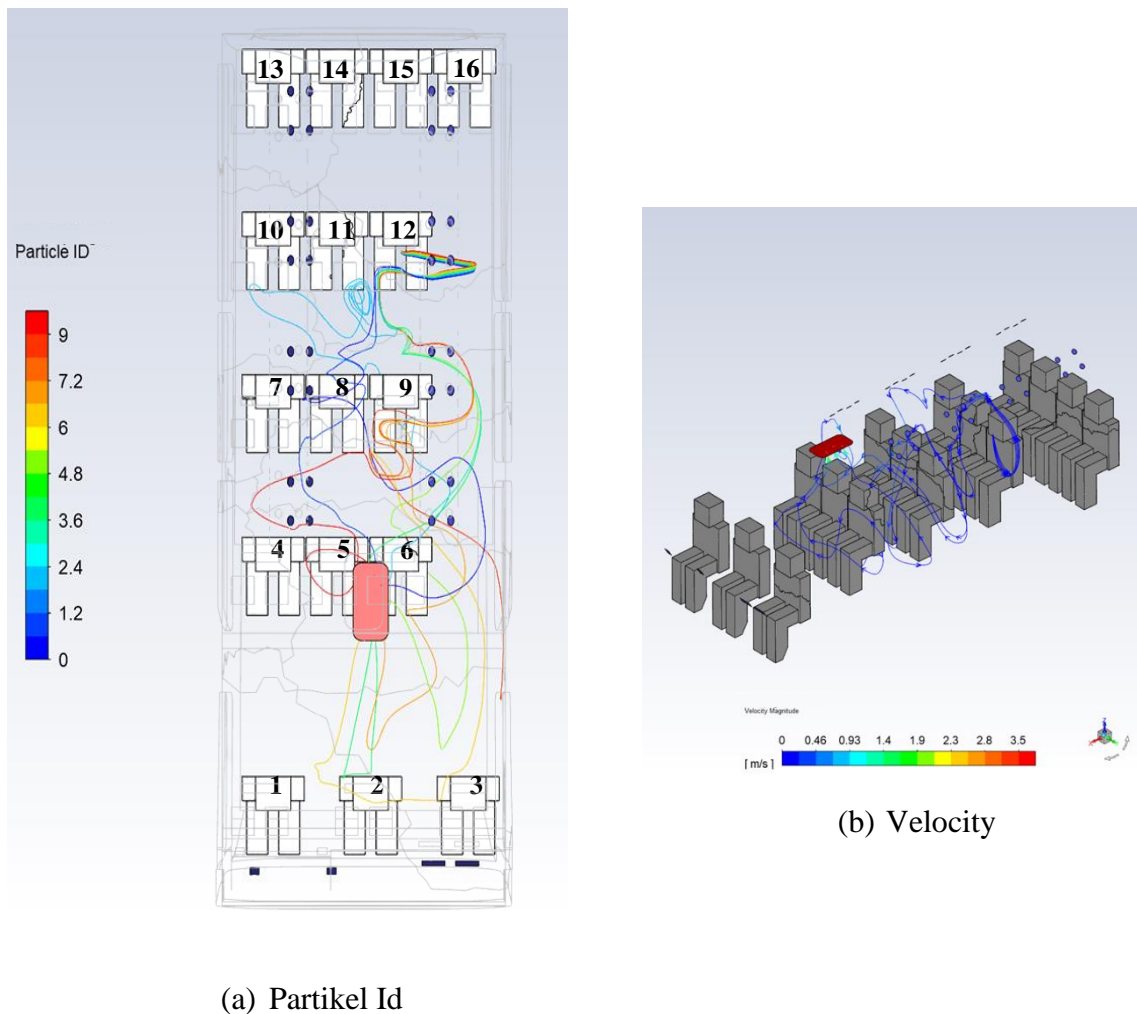
(a) Partikel Id



(b) Velocity

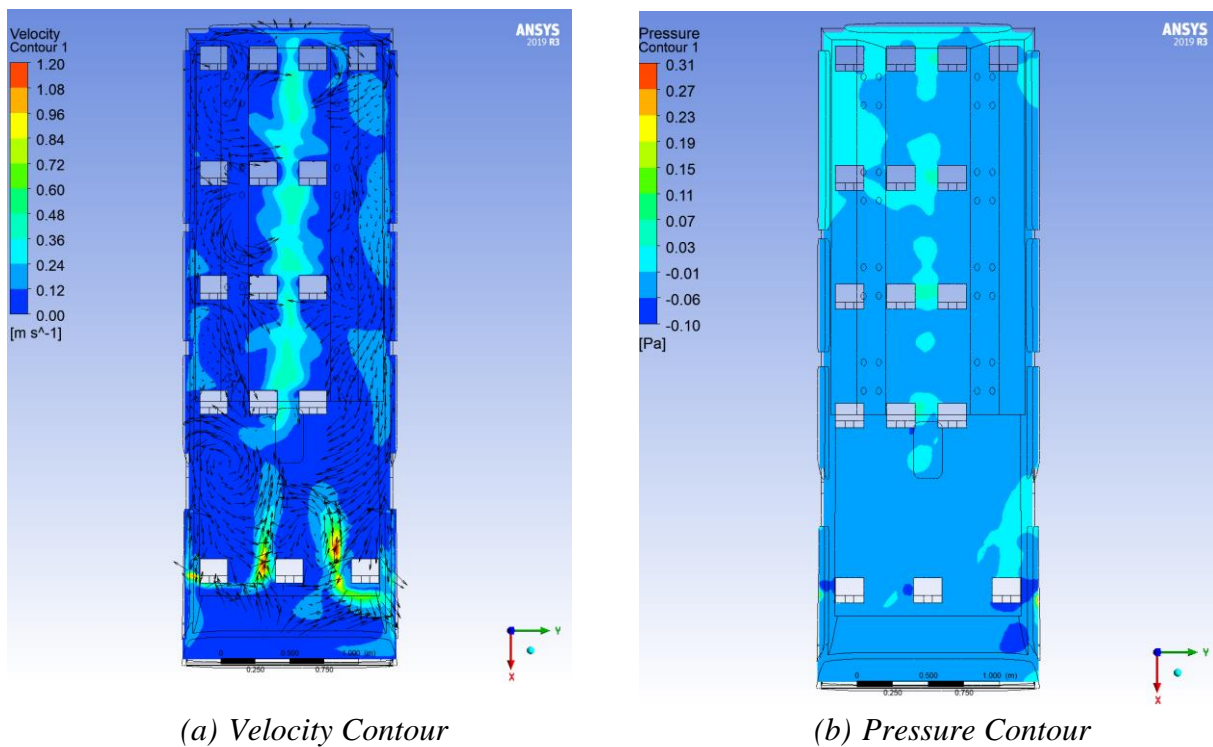
Gambar 4. 18 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.26 m/s

Gambar 4. 18 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 7 dalam kendaraan ber-AC dengan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.26 m/s. Partikel injeksi mengalir dengan kecepatan aliran rata-rata 0.3-0.6 m/s menyebar hingga baris pertama namun relatif tidak membahayakan *passenger* dibaris pertama. Namun berdasarkan jumlah aliran partikel yang ada disekitar kepala *passenger*, yang paling berbahaya ialah *passenger* di tempat duduk nomor 5.



Gambar 4. 19 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.26 m/s

Gambar 4. 19 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 12 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.26 m/s. Partikel mengalir dengan kecepatan 0.3-0.5 m/s dari baris pertama hingga baris keempat. Adapun *passenger* yang paling rawan terinjeksi virus ialah *passenger* di tempat duduk nomor 8, 9, 5 dan 6, dilihat dari adanya aliran partikel yang mendekati kepala *passenger* tersebut.



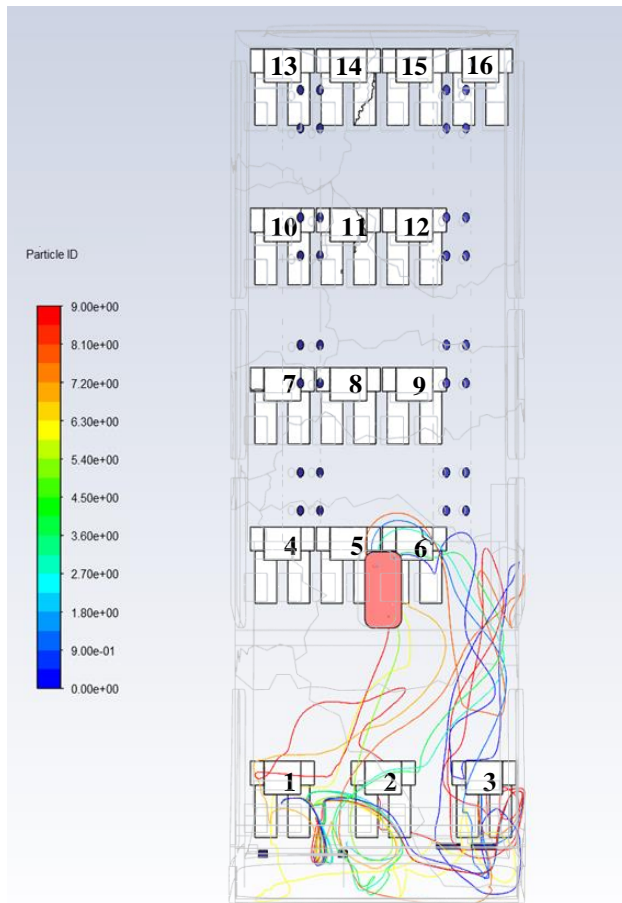
Gambar 4. 20 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.26 m/s

4.2 Variasi Kecepatan Outlet AC 2,30 m/s

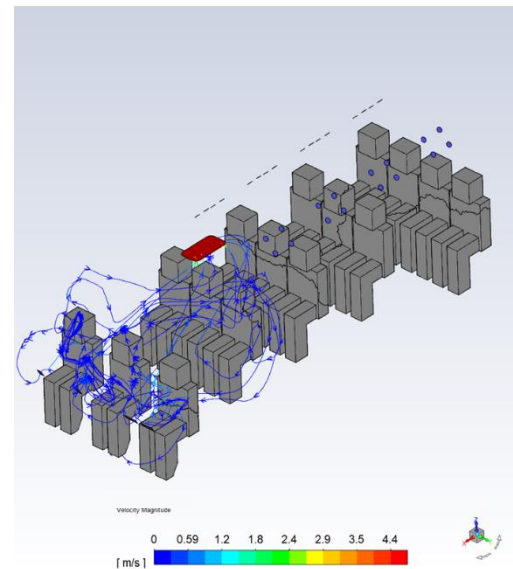
4.2.1 Kecepatan AC Depan 1,86 m/s dan Belakang 0,42 m/s

Pada tugas akhir ini dilakukan analisa penyebaran droplet virus dalam kendaraan umum yang menggunakan *Air Conditioner* (AC). Pada sub-bab ini dilakukan Analisa untuk variasi inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.30 m/s. 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. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Partikel tersebut diinjeksikan dari lokasi tempat duduk *passenger* yang kita inginkan dalam simulasi yaitu pada titik 1, 7 dan 12. 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 risiko *passenger* lain berdasarkan jumlah aliran partikel virus disekitar kepalanya, dimana semakin banyak aliran maka risiko semakin besar. Selanjutnya, dilakukan analisa penyebaran virus berdasarkan karakteristik aliran menggunakan software

ANSYS FLUENT 19.1.



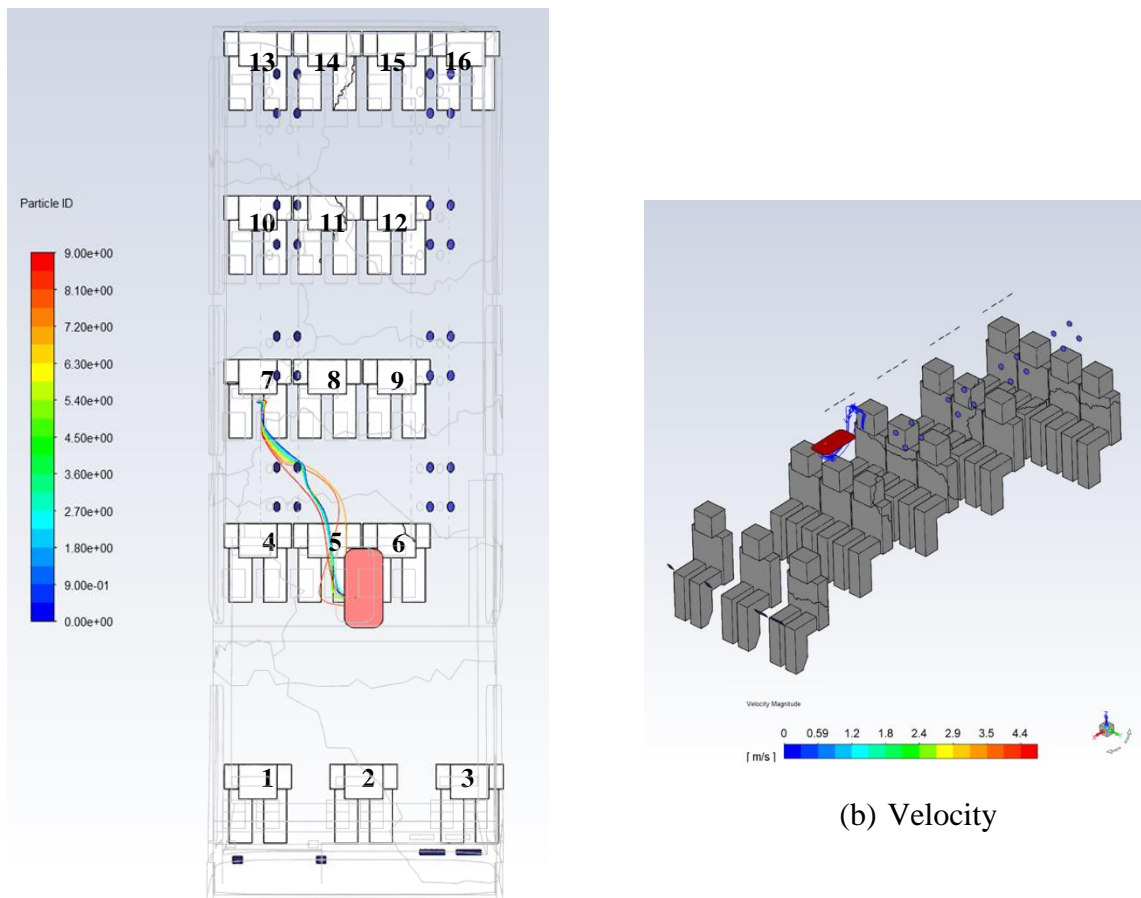
(a) Partikel Id



(b) Velocity

Gambar 4. 21 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.30 m/s

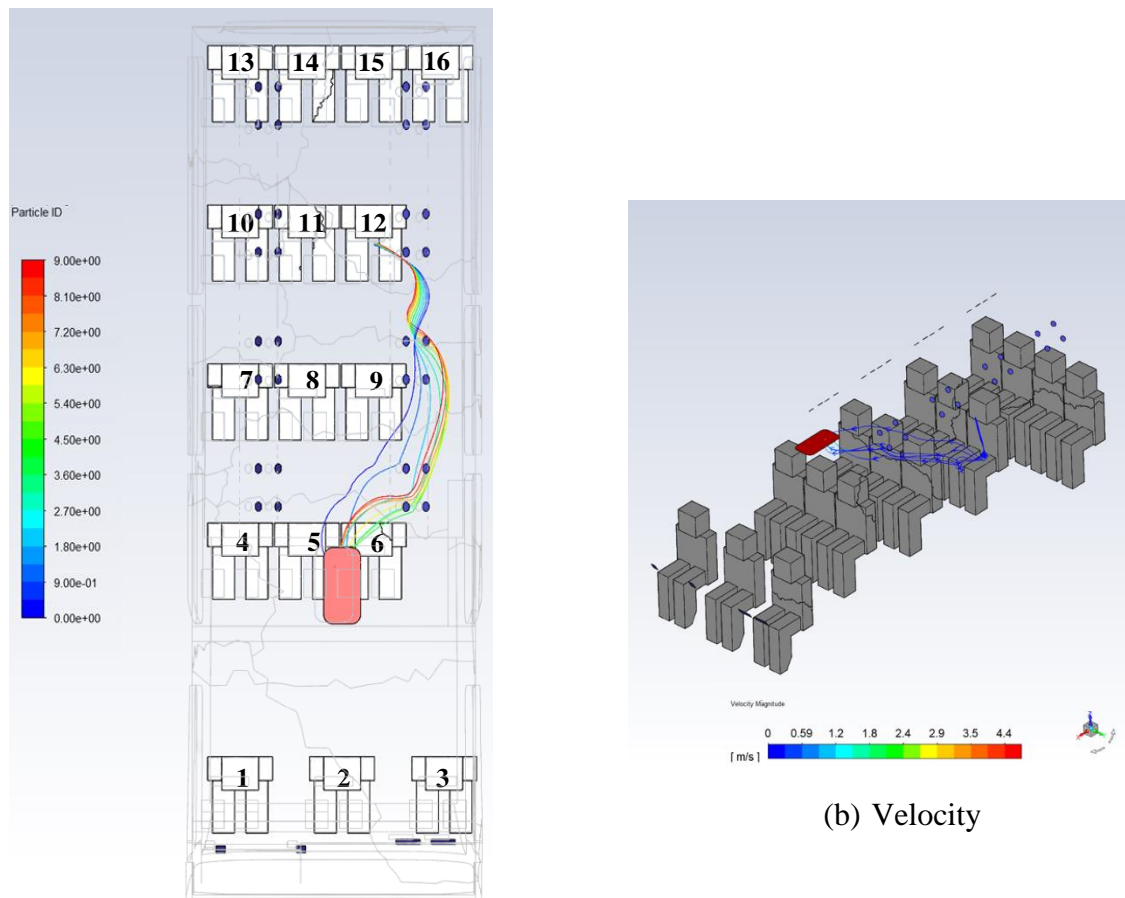
Gambar 4. 21 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *driver* atau *passenger* yang duduk di bangku nomor 1 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.30 m/s. Partikel terinjeksi yang disebar, mengalir dengan kecepatan 0.3-0.6 m/s dan menyebar kearah *passenger* di baris pertama hingga menuju ke outlet. Aliran partikel ikut membahayakan *passenger* 6 karena berada di bawah outlet. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tempat duduk yang paling rawan terinjeksi virus berada pada titik 1, 2, 3 dan 6 karena banyaknya jumlah aliran yang ada disekitar *passenger*.



(a) Partikel Id

Gambar 4. 22 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.30 m/s

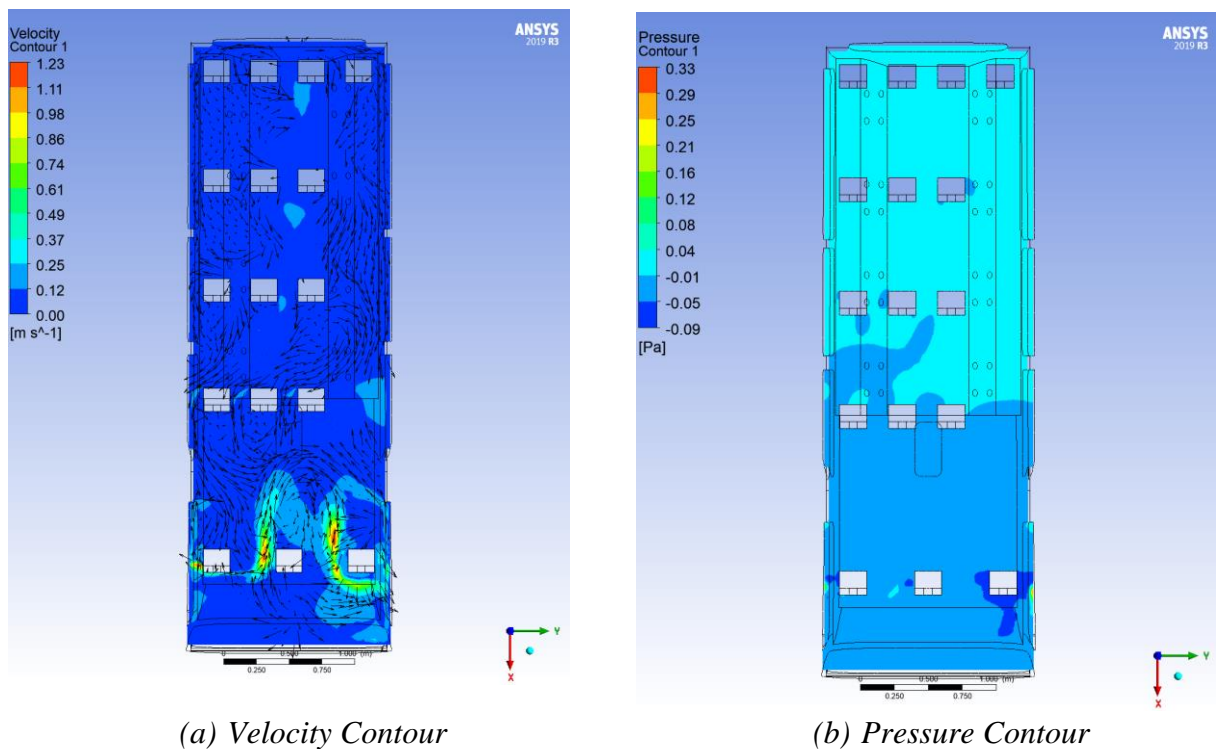
Gambar 4. 22 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 7 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.30 m/s. Partikel injeksi mengalir dengan kecepatan aliran rata-rata 0.3-0.6 m/s kearah outlet dan membahayakan *passenger* 5 karena berada di bawah outlet. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tempat duduk yang paling rawan terinjeksi virus berada pada titik 5.



(a) Partikel Id

Gambar 4. 23 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.30 m/s

Gambar 4. 23 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 12 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.30 m/s. Partikel injeksi mengalir dengan kecepatan aliran rata-rata 0.3-0.6 m/s kearah outlet dan tidak mendekati *passenger* lain selain *passenger* 5 dan 6 yang ada dibawah outlet. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tempat duduk yang paling rawan terinjeksi virus berada pada titik 5 dan 6.

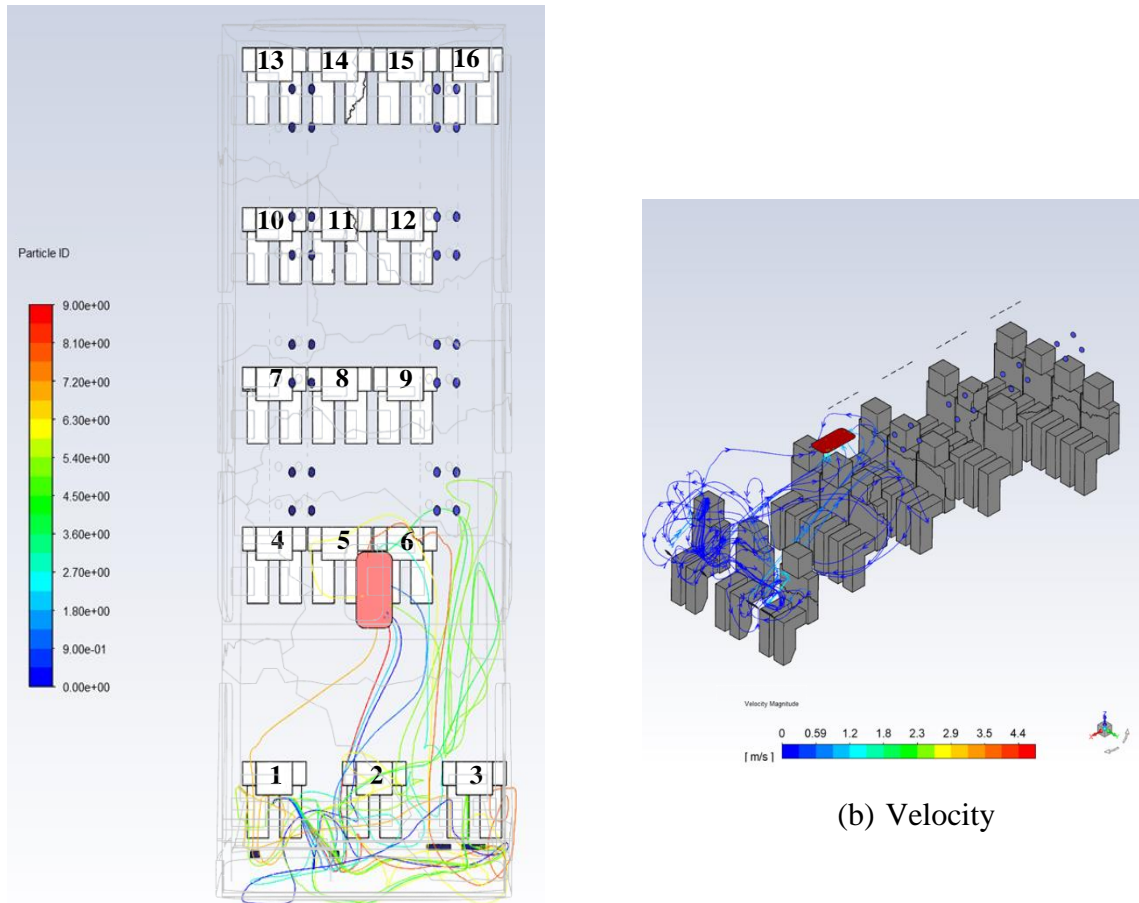


Gambar 4. 24 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.30 m/s

4.2.2 Kecepatan AC Depan 2.30 m/s dan Belakang 1 m/s

Pada tugas akhir ini dilakukan analisa penyebaran droplet virus dalam kendaraan umum yang menggunakan *Air Conditioner* (AC). Pada sub-bab ini dilakukan Analisa untuk variasi kecepatan inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 2.30 m/s. 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. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Partikel tersebut diinjeksikan dari lokasi tempat duduk *passenger* yang kita inginkan dalam simulasi yaitu pada titik 1, 7 dan 12. 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 risiko *passenger* lain berdasarkan jumlah aliran partikel virus disekitar kepalanya, dimana semakin banyak aliran maka risiko semakin besar. Selanjutnya dilakukan penilaian risiko *passenger* lain berdasarkan jumlah aliran partikel virus disekitar kepalanya, dimana semakin banyak aliran maka risiko semakin besar. Selanjutnya, dilakukan

analisa penyebaran virus berdasarkan karakteristik aliran menggunakan software ANSYS FLUENT 19.1.

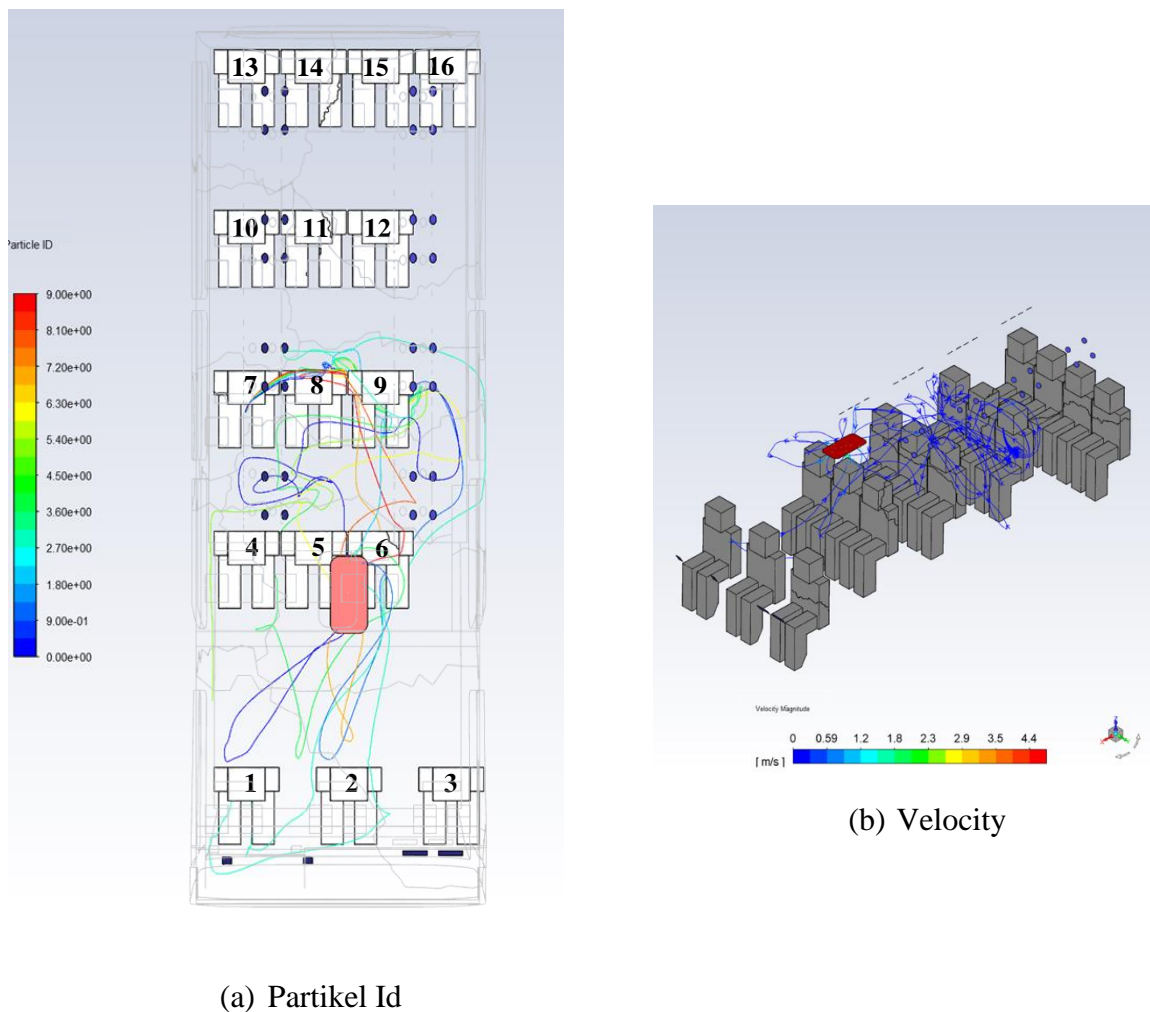


(a) Partikel Id

(b) Velocity

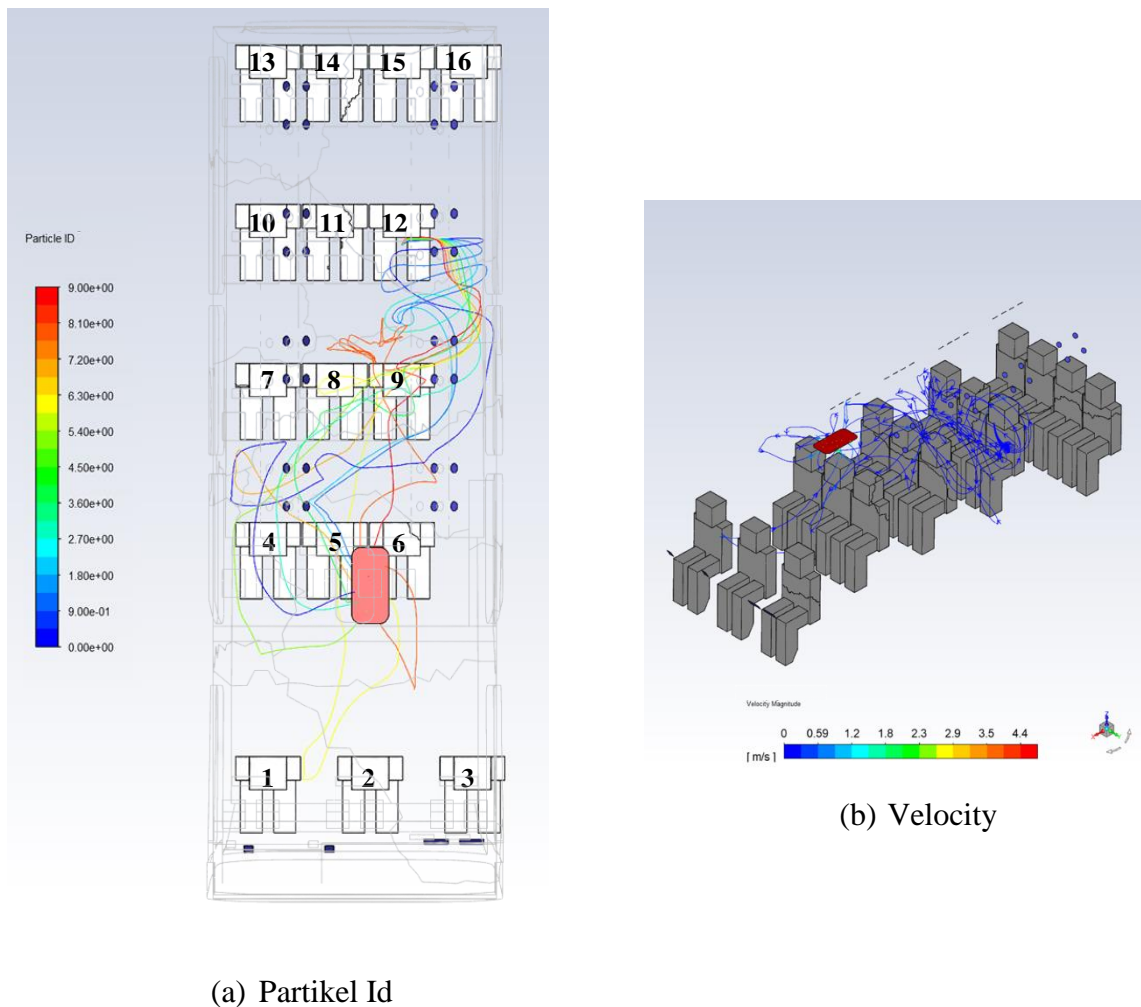
Gambar 4. 25 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 2.30 m/s

Gambar 4. 25 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *driver* atau *passenger* yang duduk di bangku nomor 1 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 2.30 m/s. Partikel terinjeksi yang disebar, mengalir dengan kecepatan 0.3-0.6 m/s dan menyebar kearah *passenger* di baris pertama hingga menuju ke outlet. Aliran partikel ikut membahayakan *passenger* 6 karena berada di bawah outlet. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tempat duduk yang paling rawan terinjeksi virus berada pada titik 1 2, 3, 5 dan 6 karena jumlah aliran partikel disekitarnya relatif banyak.



Gambar 4. 26 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 2.30 m/s

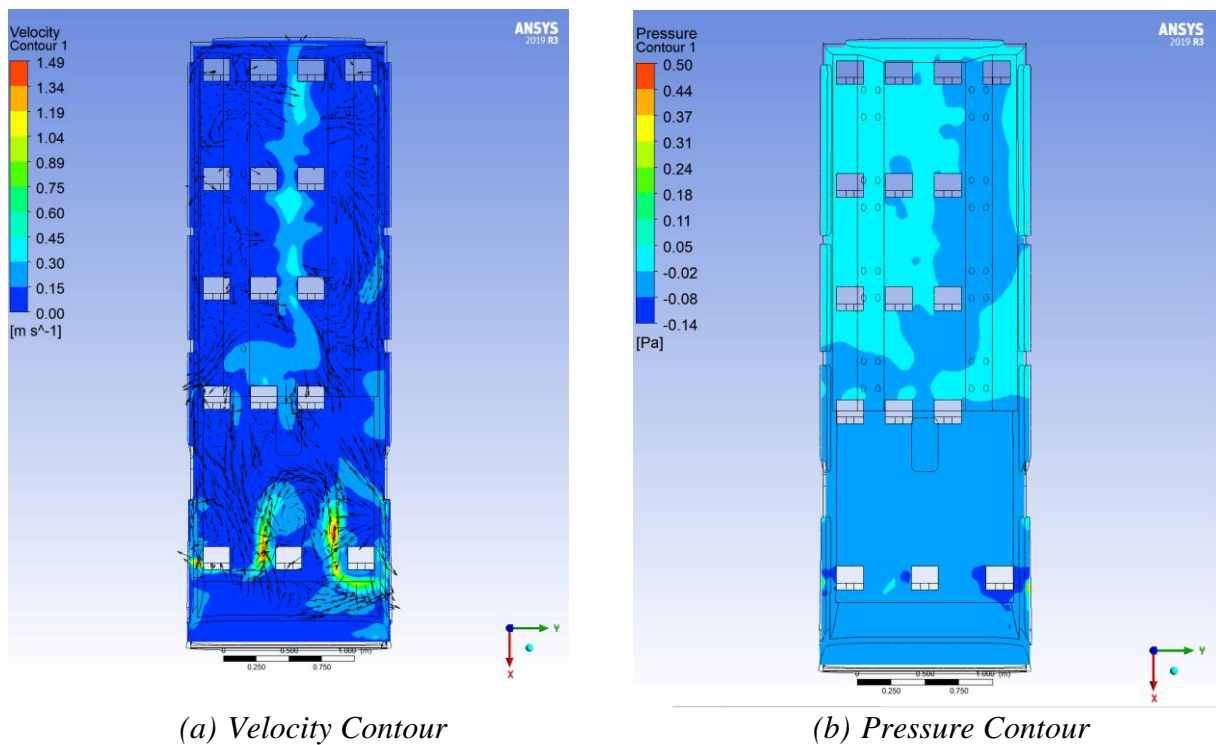
Gambar 4. 26 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 7 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 2.30 m/s. Aliran partikel terinjeksi menyebar ke baris pertama, kedua dan ketiga kemudian keluar menuju ke outlet dengan kecepatan relatif sama yaitu 0.3 -0.6 m/s. Bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel yang ada disekitar *passenger*, maka *passenger* yang paling berbahaya berada pada posisi duduk 8, 9, 6, 2 dan 1 karena jarak aliran yang mendekati kepala *passenger*. Sedangkan *passenger* yang relatif aman berada pada posisi baris keempat dan kelima.



(a) Partikel Id

Gambar 4. 27 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 2.30 m/s

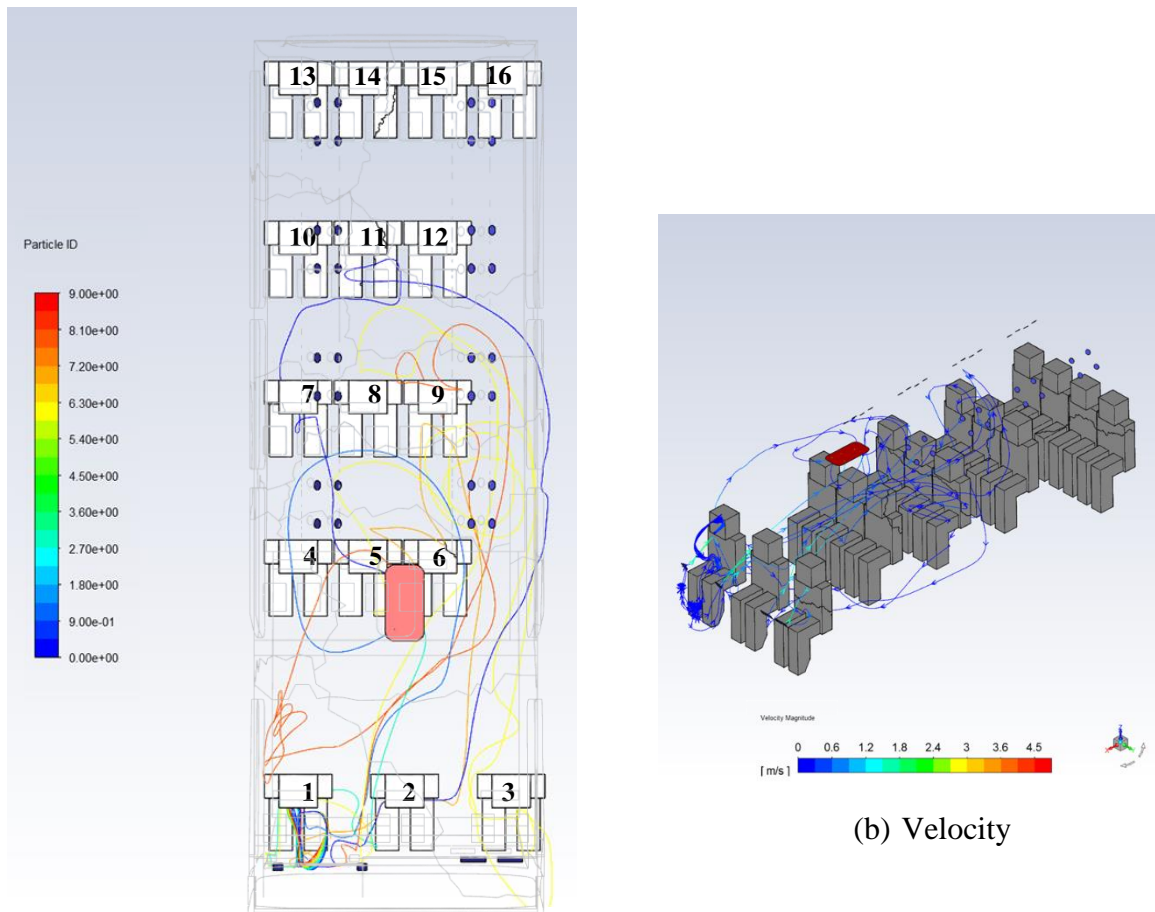
Gambar 4. 27 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 12 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 2.30 m/s. Aliran partikel terinjeksi menyebar kebaris *passenger* ketiga dan kedua. Bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel yang ada disekitar *passenger*, maka *passenger* yang paling berbahaya berada pada posisi duduk 8, 9, 4 dan 5 karena jarak aliran yang mendekati kepala *passenger*. Sedangkan *passenger* yang relatif aman berada pada posisi baris kelima.



Gambar 4. 28 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 2.30 m/s

4.2.3 Kecepatan AC Depan 4.14 m/s dan Belakang 1.33 m/s

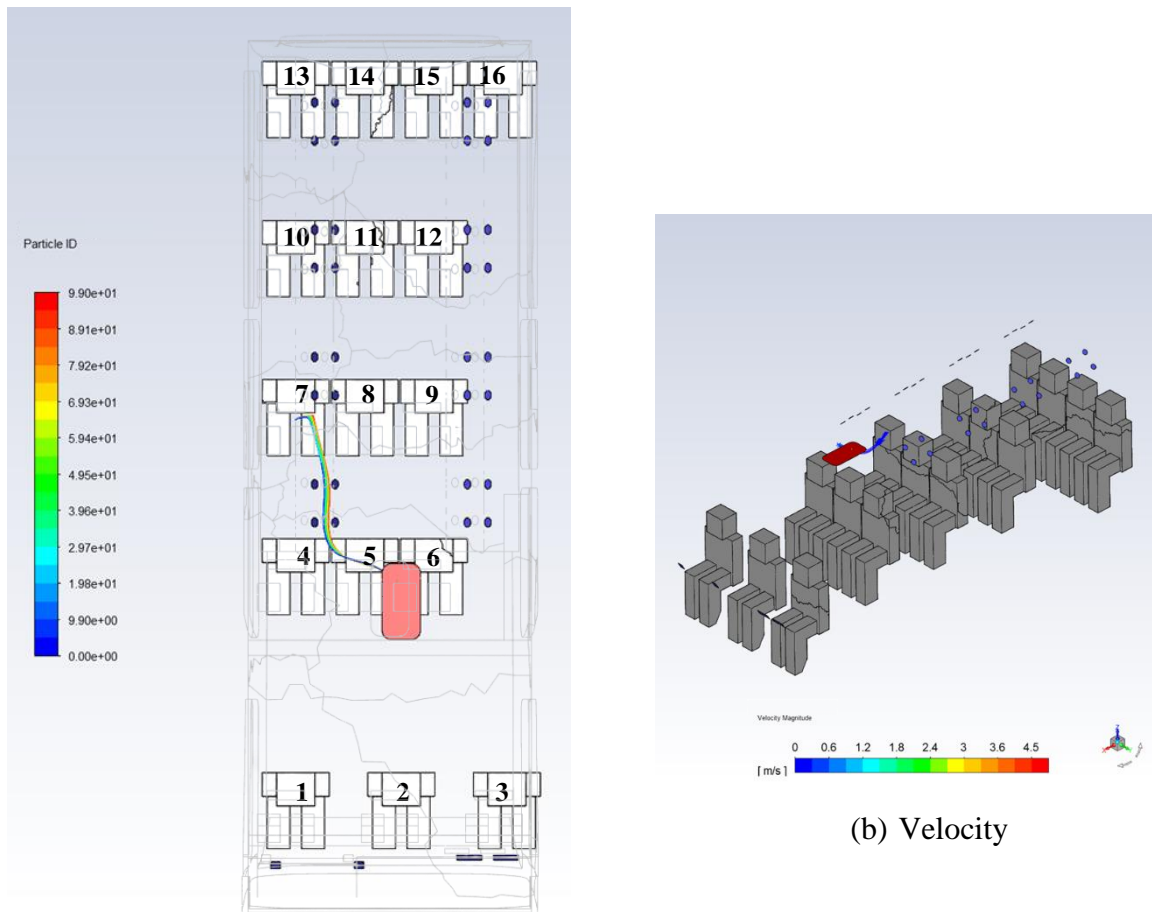
Pada tugas akhir ini dilakukan analisa penyebaran droplet virus dalam kendaraan umum yang menggunakan *Air Conditioner* (AC). Pada sub-bab ini dilakukan Analisa untuk variasi dengan kecepatan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.30 m/s. Dalam hal ini, virus yang akan terbawa 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. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Partikel tersebut diinjeksikan dari lokasi tempat duduk *passenger* yang kita inginkan dalam simulasi yaitu pada titik 1, 7 dan 12. Selanjutnya dilakukan penilaian risiko *passenger* lain berdasarkan jumlah aliran partikel virus disekitar kepalanya, dimana semakin banyak aliran maka risiko semakin besar. Selanjutnya, dilakukan analisa penyebaran virus berdasarkan karakteristik aliran menggunakan software ANSYS FLUENT 19.1.



(a) Partikel Id

Gambar 4. 29 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.30 m/s

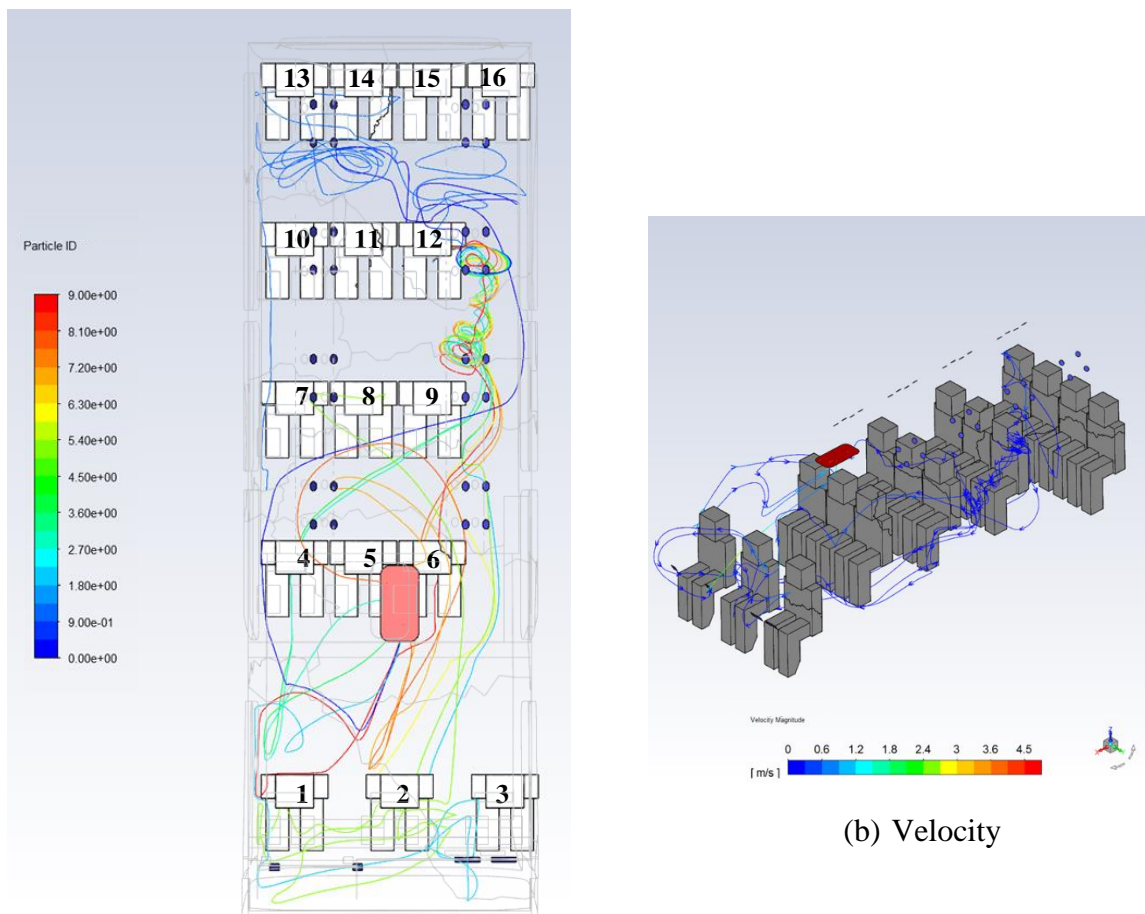
Gambar 4. 29 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *driver* atau *passenger* yang duduk di bangku nomor 1 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.30 m/s. Penyebaran partikel pada variasi ini relatif luas, partikel mengalir dengan kecepatan rata-rata 0.3-0.6 m/s selain pada baris pertama menuju outlet dimana partikel mengalir dengan kecepatan hingga 1.5 m/s. Namun bila dibandingkan jumlah aliran partikel virus yang mendekati kepala *passenger*, tempat duduk paling rawan terinjeksi karena banyaknya dan jaraknya yang paling dekat dengan aliran partikel berada pada titik 2, 4, 5, 6 dan 9. Sedangkan *passenger* di baris paling belakang relatif aman dari penyebaran virus.



(a) Partikel Id

Gambar 4. 30 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.30 m/s

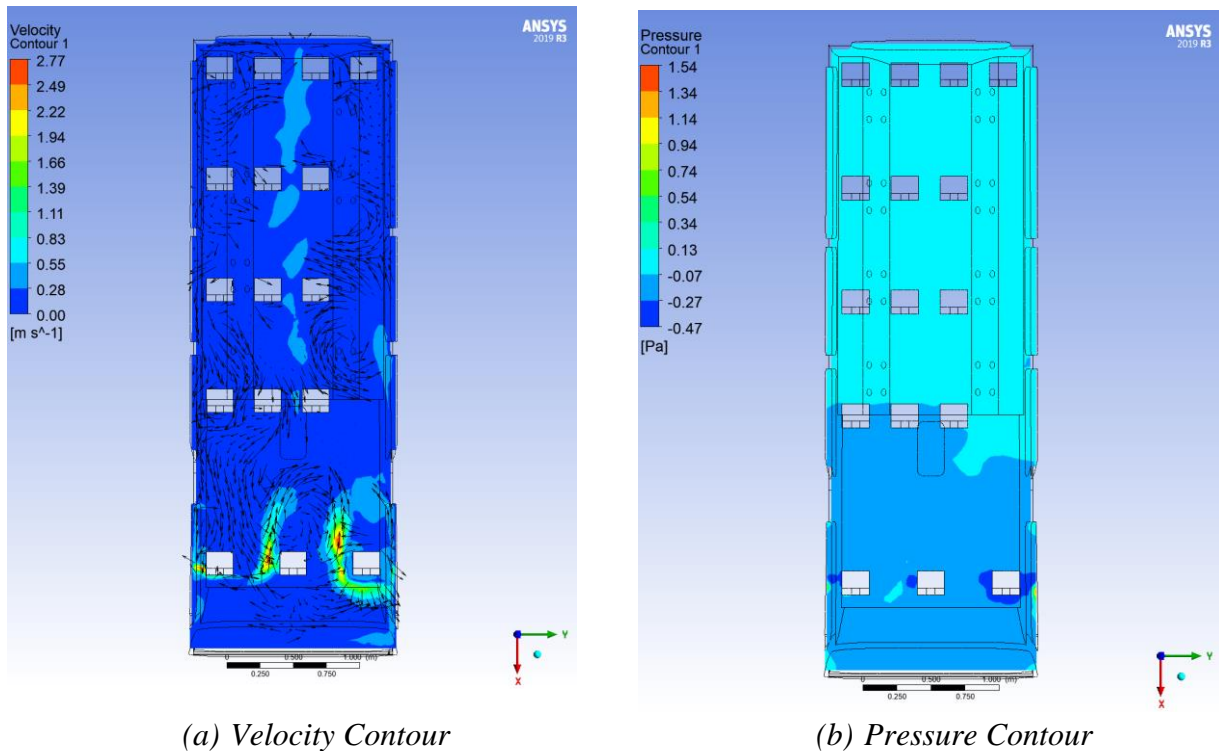
Gambar 4. 30 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 7 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.30 m/s. Aliran partikel terinjeksi mengalir menuju outlet dengan kecepatan 0.3-0.6 m/s. Pada variasi konfigurasi ini, aliran tidak membahayakan *passenger* lainnya.



(a) Partikel Id

Gambar 4. 31 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.30 m/s

Gambar 4. 31 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 12 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.30 m/s. Partikel terinjeksi yang disebar, mengalir dengan kecepatan 0.3-0.6 m/s dan menyebar kearah *passenger* di baris pertama hingga baris terakhir dan selanjutnya menuju ke outlet. Namun bila dibandingkan jumlah aliran partikel virus yang mendekati ke kepala *passenger*, tempat duduk paling rawan terinjeksi karena banyaknya dan jaraknya yang paling dekat dengan aliran partikel berada pada titik 1, 2, 6, 8 dan 12. Sedangkan *passenger* yang relatif aman dari penyebaran virus berada pada titik 11, 15 dan 16.

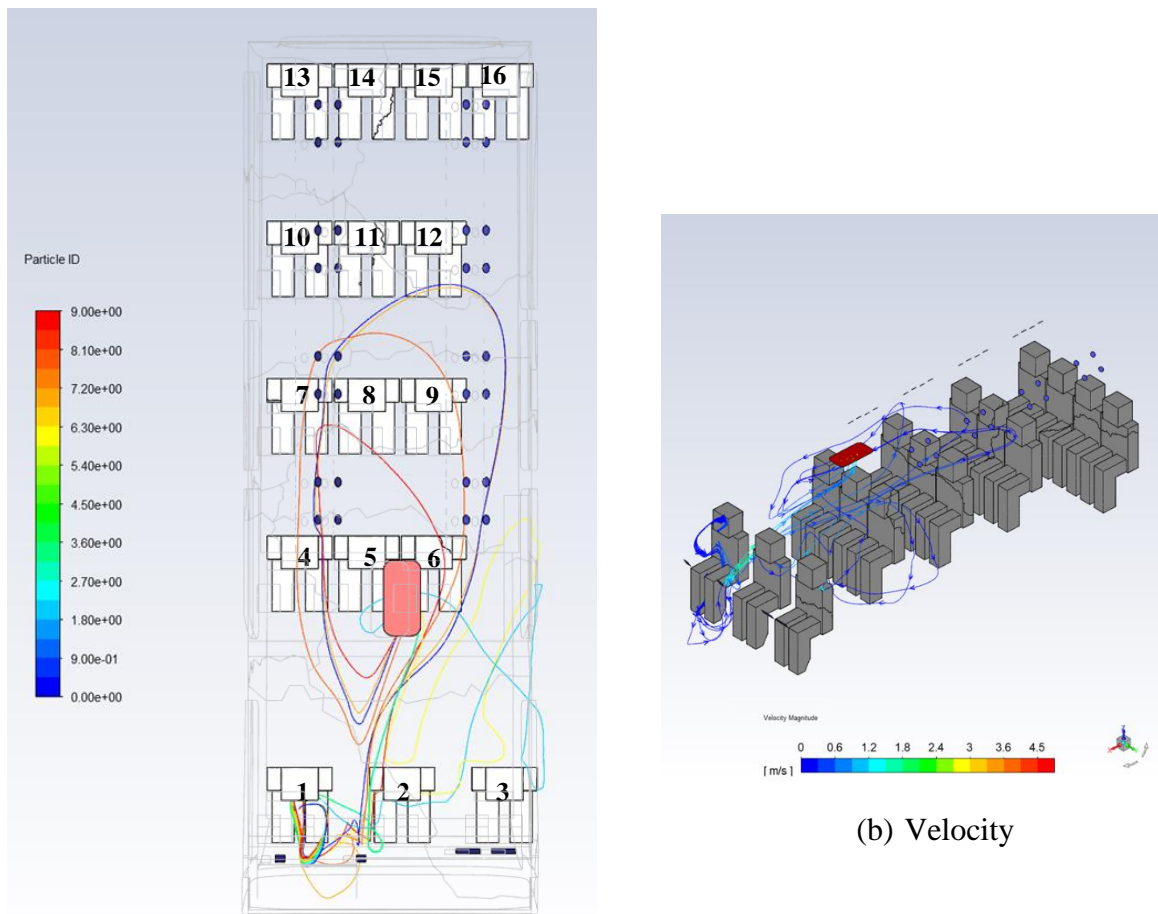


Gambar 4. 32 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.30 m/s

4.2.4 Kecepatan AC Depan 1.86 m/s dan Belakang 1.33 m/s

Pada tugas akhir ini dilakukan analisa penyebaran droplet virus dalam kendaraan umum yang menggunakan *Air Conditioner* (AC). Pada sub-bab ini dilakukan Analisa untuk variasi kecepatan inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.30 m/s. 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. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Partikel tersebut diinjeksikan dari lokasi tempat duduk *passenger* yang kita inginkan dalam simulasi yaitu pada titik 1, 7 dan 12. 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 risiko *passenger* lain berdasarkan jumlah aliran partikel virus disekitar kepalanya, dimana semakin banyak aliran maka risiko semakin besar. Selanjutnya dilakukan penilaian risiko *passenger* lain berdasarkan jumlah aliran partikel virus disekitar kepalanya, dimana semakin banyak aliran maka risiko semakin besar. Selanjutnya, dilakukan

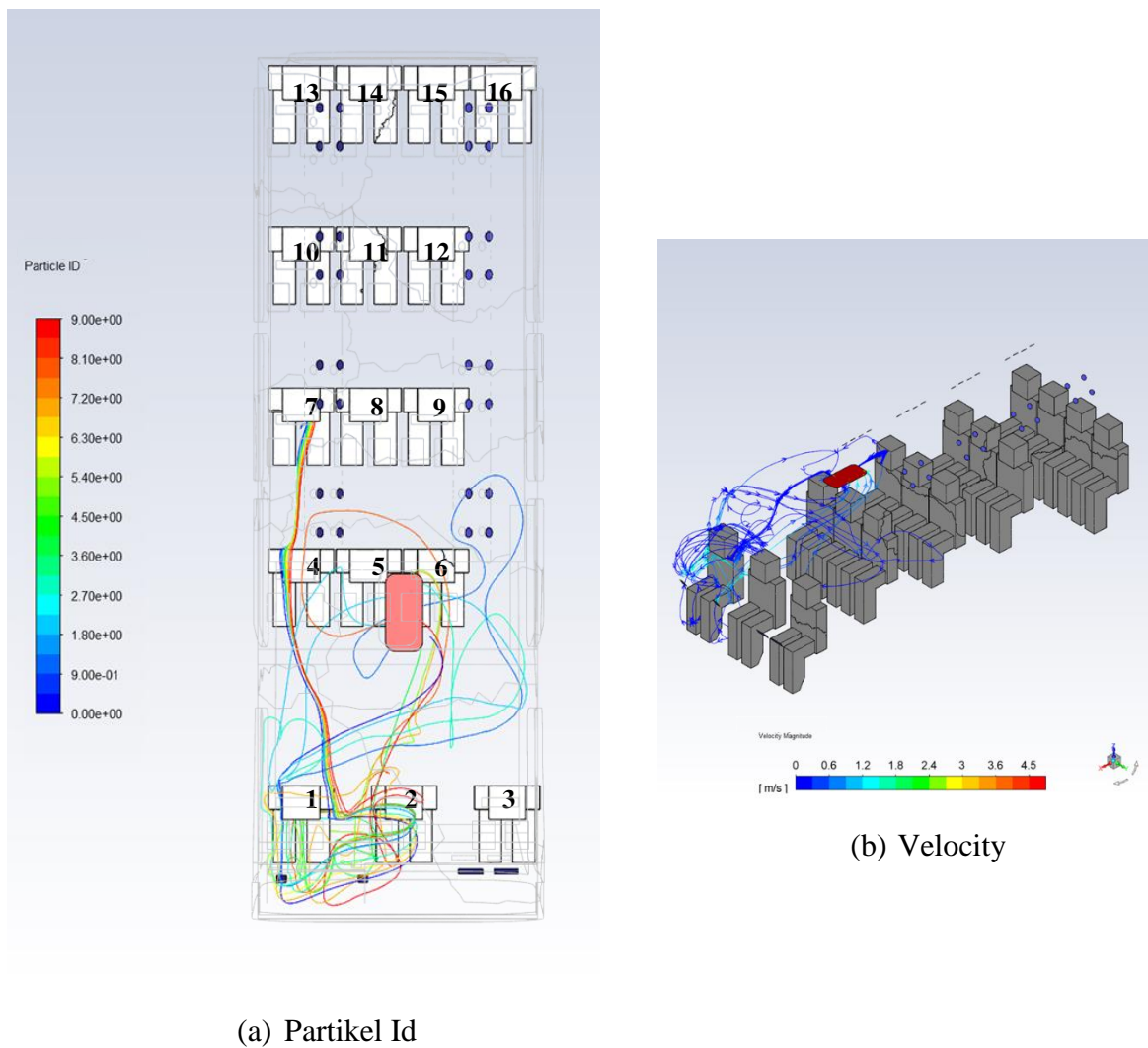
analisa penyebaran virus berdasarkan karakteristik aliran menggunakan software ANSYS FLUENT 19.1.



(a) Partikel Id

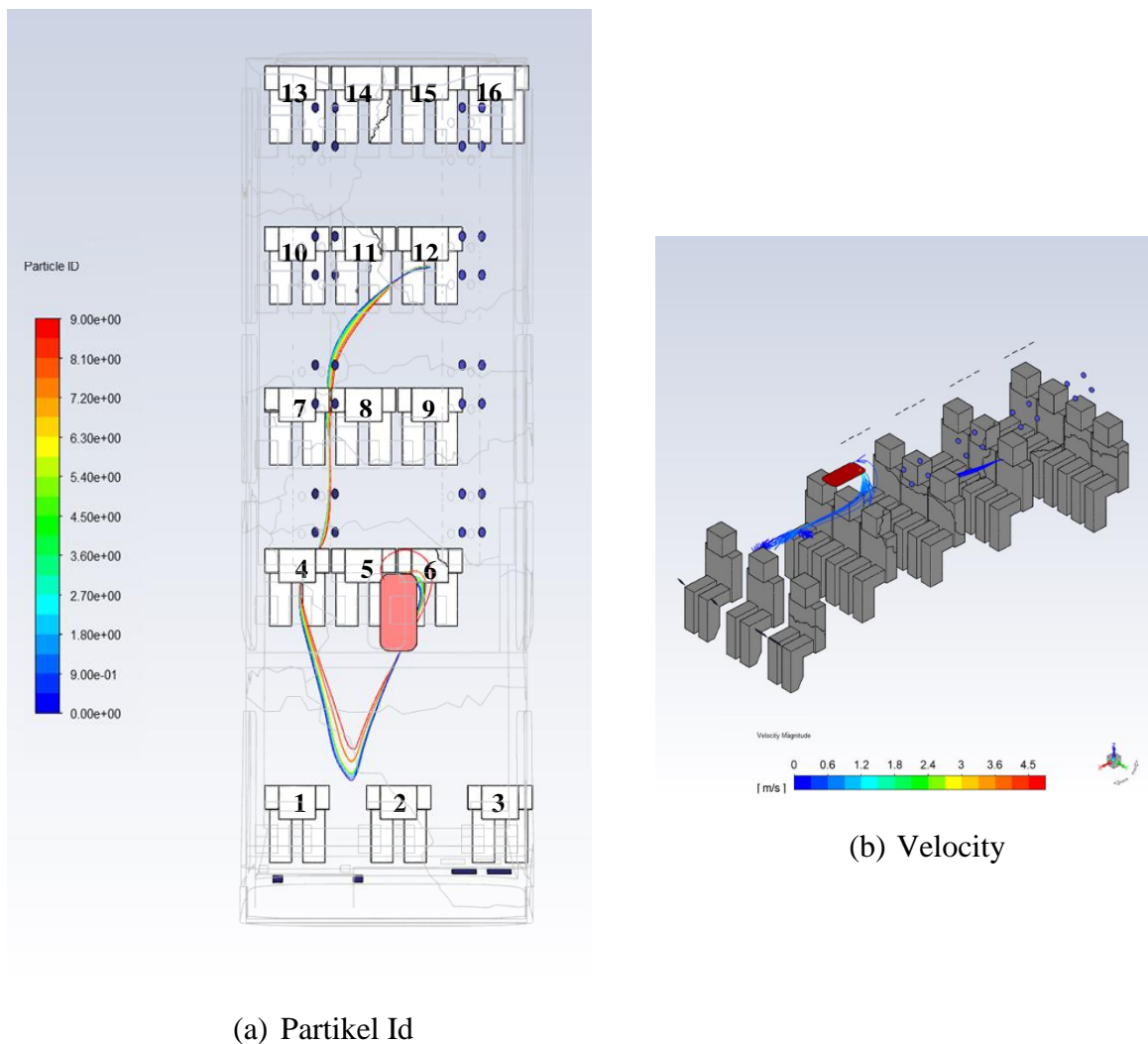
Gambar 4. 33 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.30 m/s

Gambar 4. 33 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *driver* atau *passenger* yang duduk di bangku nomor 1 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.30 m/s. Aliran partikel terinjeksi menyebar ke *passenger* di baris pertama dengan kecepatan hingga 1.5 m/s, kemudian menyebar ke *passenger* lainnya hingga baris keempat dengan kecepatan aliran 0.3-0.6 m/s. Bila dibandingkan titik paling rawan terinjeksi virus yaitu *passenger* di kursi 2, 4, 6, 7 dan 9 karena jumlah aliran partikel disekitarnya yang relatif banyak. Sedangkan tempat duduk paling aman berada pada kursi dibaris terkahir karena jaraknya yang relatif jauh dari aliran terdekat.



Gambar 4. 34 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.30 m/s

Gambar 4. 34 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 7 dalam kendaraan ber-AC dengan inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.30 m/s. Partikel injeksi mengalir dengan kecepatan aliran rata-rata 0.3-0.6 m/s kearah *passenger* baris pertama dan kedua menuju ke outlet. Kecepatan aliran terlihat meningkat hingga 1.5 m/s diantara *passenger* nomor 1. Bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel yang ada disekitar kepala, *passenger* yang paling aman duduk di bangku nomor 8, 9, 3, baris ketiga dan keempat. Sedangkan *passenger* yang paling rawan terinjeksi virus duduk di bangku nomor 1, 2, 4 dan 6.

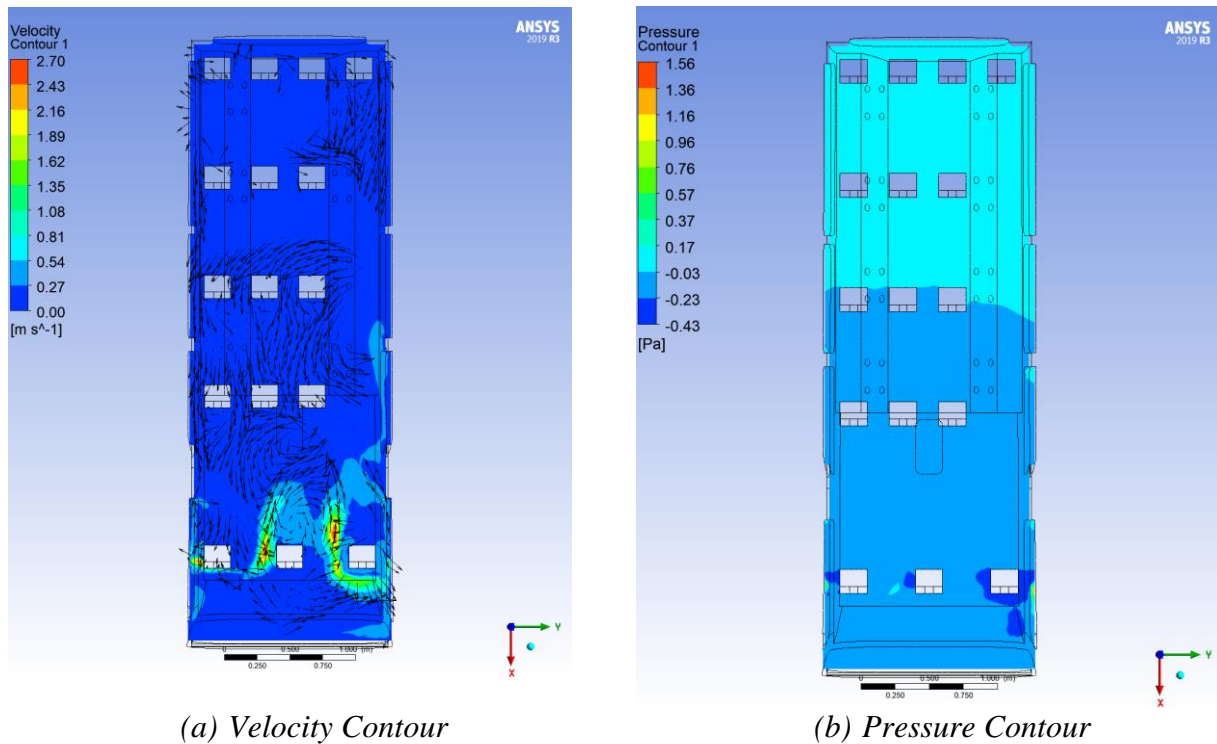


(a) Partikel Id

(b) Velocity

Gambar 4. 35 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.30 m/s

Gambar 4. 35 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 12 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.30 m/s. Aliran partikel terinjeksi mengalir diantara *passenger* 7 dan 8, kemudian melewati *passenger* 4 menuju outlet. Kecepatan partikel meningkat hingga 1.5 m/s sebelum keluar dari outlet. Aliran partikel ikut membahayakan *passenger* 6 karena berada di bawah outlet. Sehingga tempat duduk paling bahaya terhadap injeksi virus yaitu tempat duduk nomor 4 dan 6.

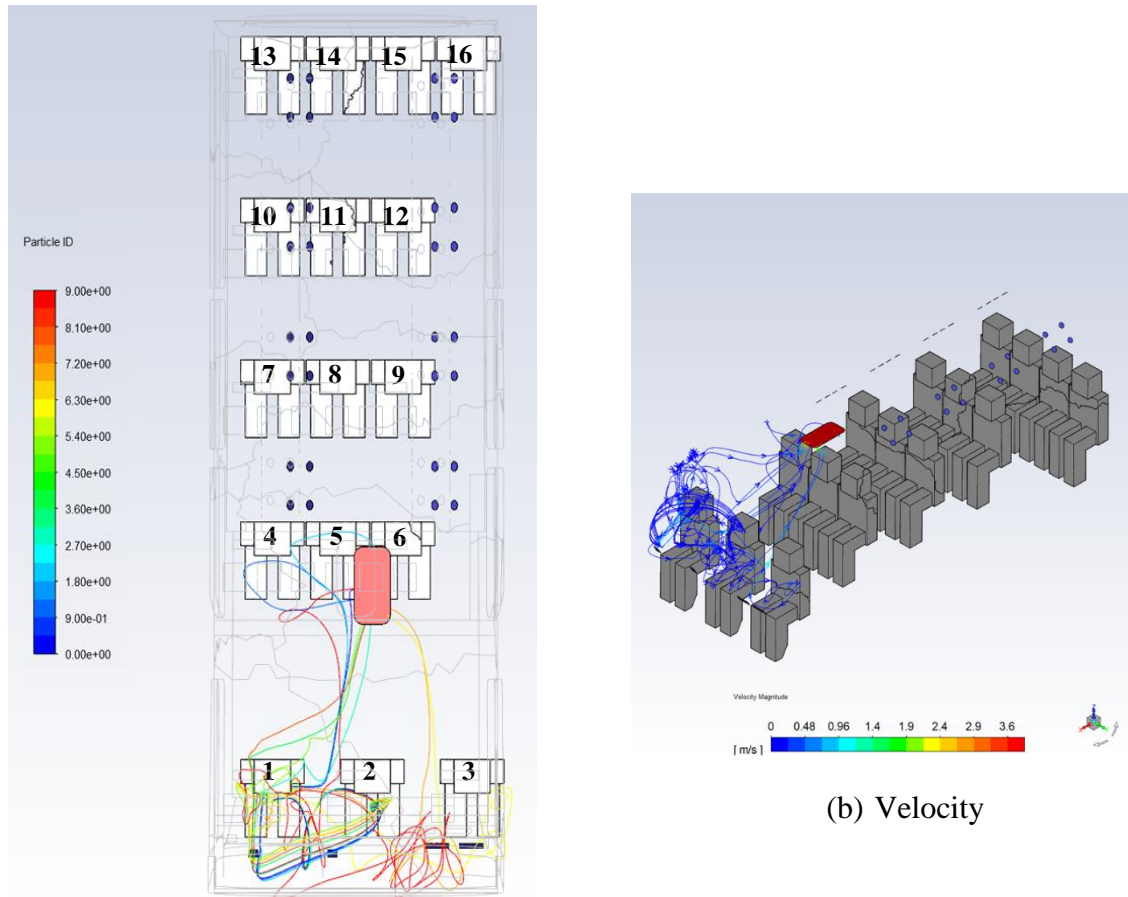


Gambar 4. 36 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 2.30 m/s

4.2.5 Kecepatan AC Depan 4.14 m/s dan Belakang 0,42 m/s

Pada tugas akhir ini dilakukan analisa penyebaran droplet virus dalam kendaraan umum yang menggunakan *Air Conditioner* (AC). Pada sub-bab ini dilakukan Analisa untuk variasi kecepatan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.30 m/s. 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. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Partikel tersebut diinjeksikan dari lokasi tempat duduk *passenger* yang kita inginkan dalam simulasi yaitu pada titik 1, 7 dan 12. 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 risiko *passenger* lain berdasarkan jumlah aliran partikel virus disekitar kepalanya, dimana semakin banyak aliran maka risiko semakin besar. Selanjutnya dilakukan penilaian risiko *passenger* lain berdasarkan jumlah aliran partikel virus disekitar kepalanya, dimana semakin banyak aliran maka risiko semakin besar. Selanjutnya, dilakukan

analisa penyebaran virus berdasarkan karakteristik aliran menggunakan software ANSYS FLUENT 19.1.

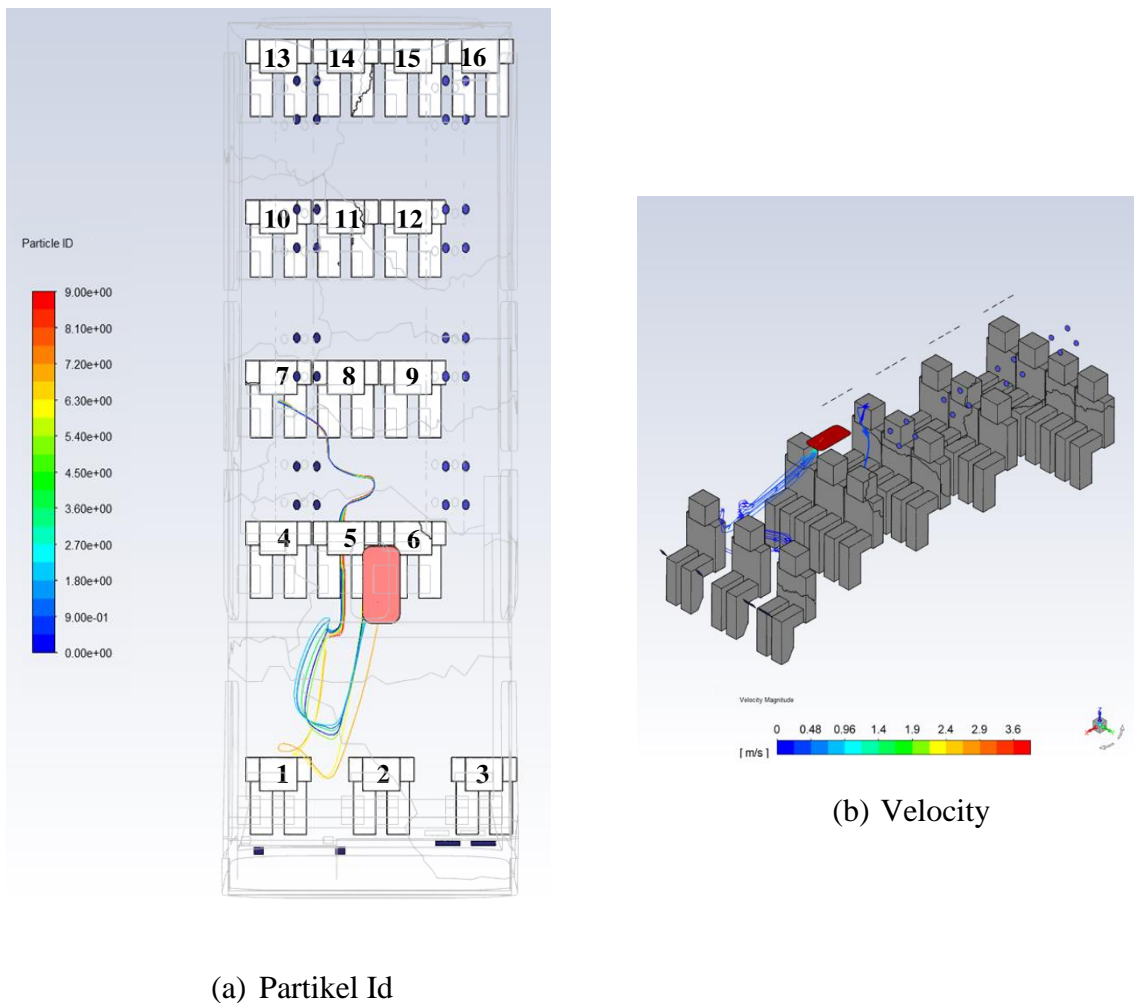


(a) Partikel Id

(b) Velocity

Gambar 4. 37 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.30 m/s

Gambar 4. 37 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *driver* atau *passenger* yang duduk di bangku nomor 1 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.30 m/s. Aliran partikel terinjeksi menyebar di baris pertama dan baris kedua dengan kecepatan relatif sama yaitu sekitar 0.3-0.6 m/s. Bila dibandingkan titik paling rawan terinjeksi virus yaitu *passenger* di kursi 2 dan 5 karena jumlah aliran partikel disekitarnya yang relatif banyak. Sedangkan tempat duduk paling aman berada pada kursi di baris ketiga, keempat dan kelima karena tidak ada aliran partikel yang mendekati *passenger*.

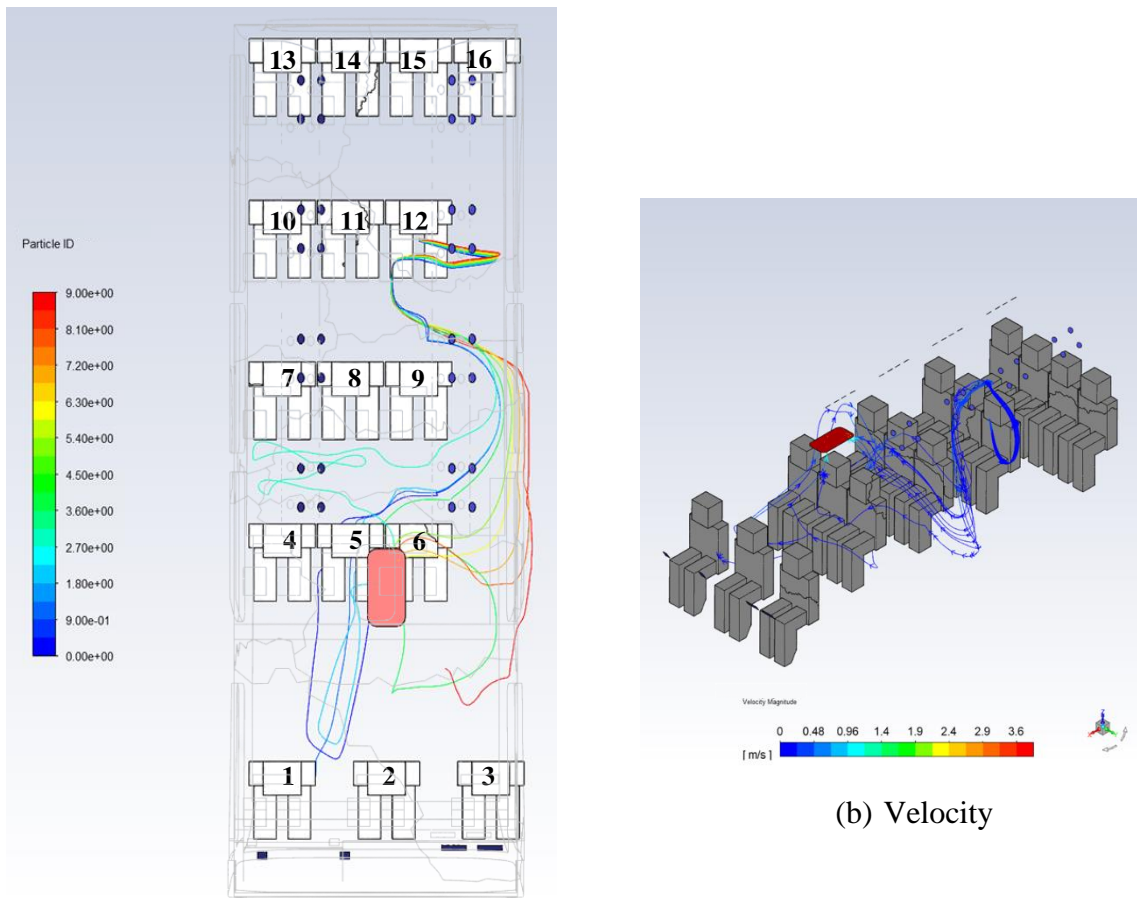


(a) Partikel Id

(b) Velocity

Gambar 4. 38 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.30 m/s

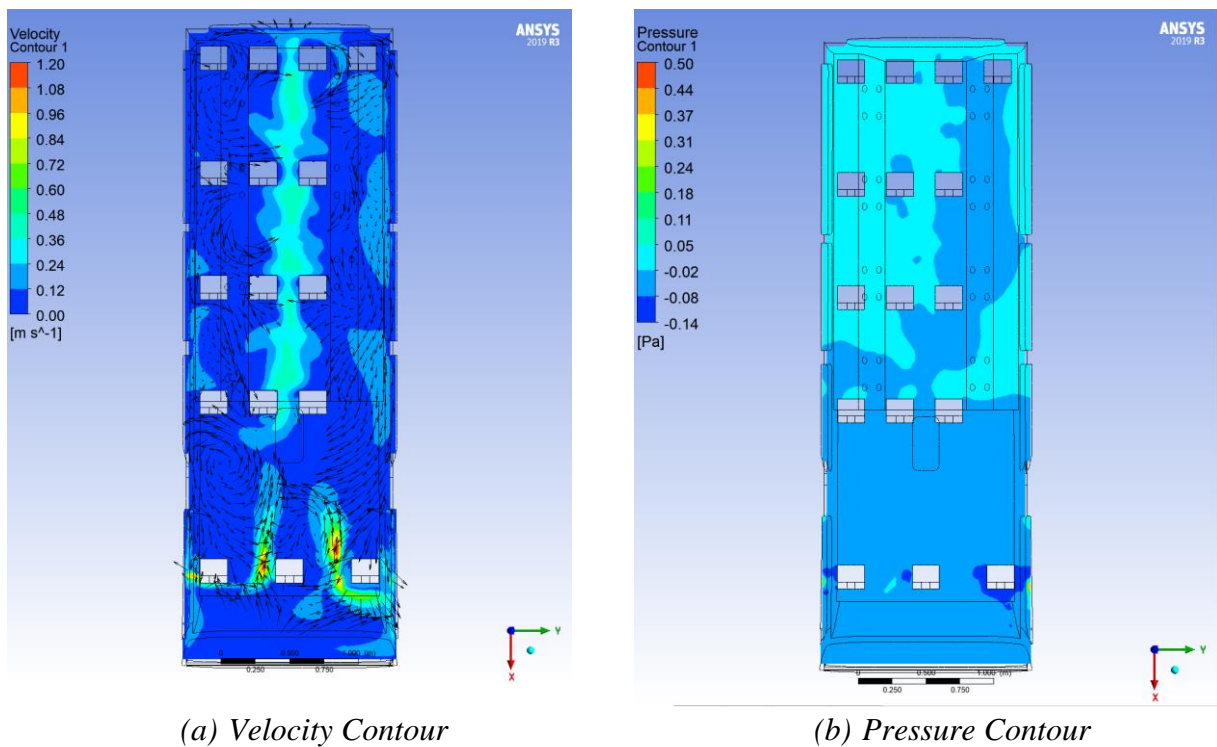
Gambar 4. 38 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 7 dalam kendaraan ber-AC dengan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.30 m/s. Aliran partikel terinjeksi mengalir dengan kecepatan 0.5-0.96 m/s menuju outlet melewati bangku nomor 5 dan mendekati bangku nomor 1. Bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel yang ada disekitar kepala *passenger*, yang paling rawan terinjeksi virus yaitu *passenger* di bangku nomor 5.



(a) Partikel Id

Gambar 4. 39 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.30 m/s

Gambar 4. 39 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 12 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.30 m/s. Aliran partikel terinjeksi mengalir menuju outlet dan menyebar disekitar baris kedua dengan kecepatan yang relatif sama yaitu 0.5-0.8 m/s. Aliran partikel ikut membahayakan *passenger* 6 karena berada di bawah outlet. Sehingga tempat duduk paling bahaya terhadap injeksi virus yaitu tempat duduk nomor 5 dan 6.



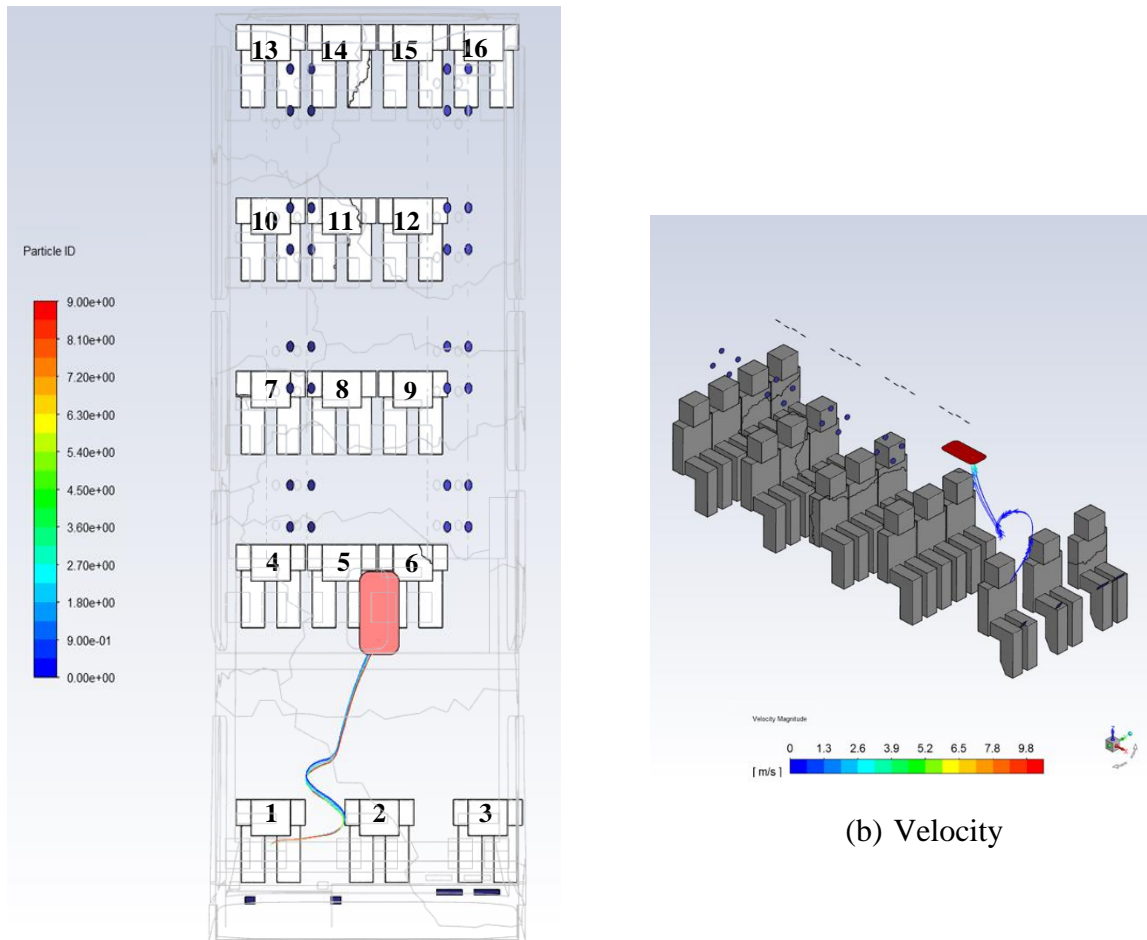
Gambar 4. 40 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 2.30 m/s

4.3 Variasi Kecepatan Outlet AC 4,14 m/s

4.3.1. Kecepatan AC Depan 1,86 m/s dan Belakang 0,42 m/s

Pada tugas akhir ini dilakukan analisa penyebaran droplet virus dalam kendaraan umum yang menggunakan *Air Conditioner* (AC). Pada sub-bab ini dilakukan Analisa untuk variasi inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 4.14 m/s. 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. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Partikel tersebut diinjeksikan dari lokasi tempat duduk *passenger* yang kita inginkan dalam simulasi yaitu pada titik 1, 7 dan 12. 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 risiko *passenger* lain berdasarkan jumlah aliran partikel virus disekitar kepalanya, dimana semakin banyak aliran maka risiko semakin besar. Selanjutnya dilakukan penilaian risiko *passenger* lain berdasarkan jumlah aliran partikel virus disekitar

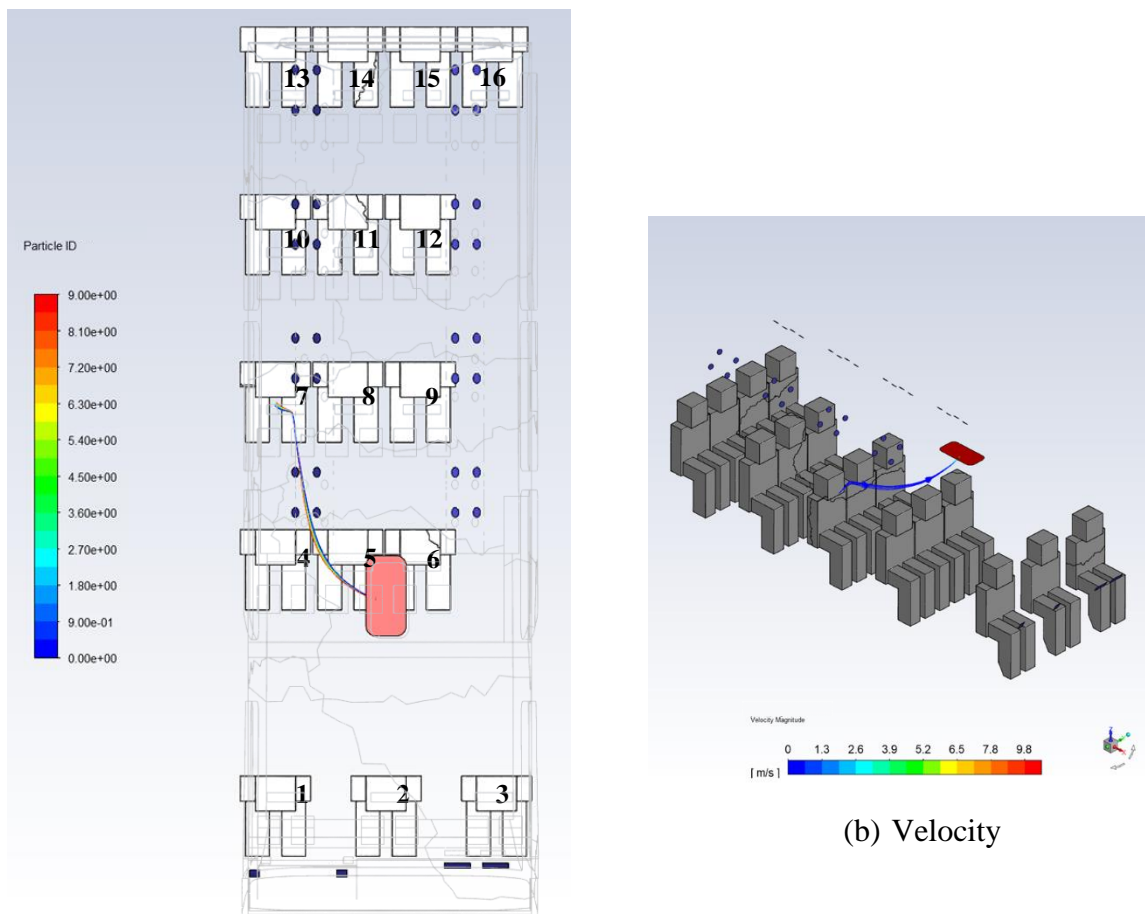
kepalanya, dimana semakin banyak aliran maka risiko semakin besar. Selanjutnya, dilakukan analisa penyebaran virus berdasarkan karakteristik aliran menggunakan software ANSYS FLUENT 19.1.



(a) Partikel Id

Gambar 4. 41 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 4.14 m/s

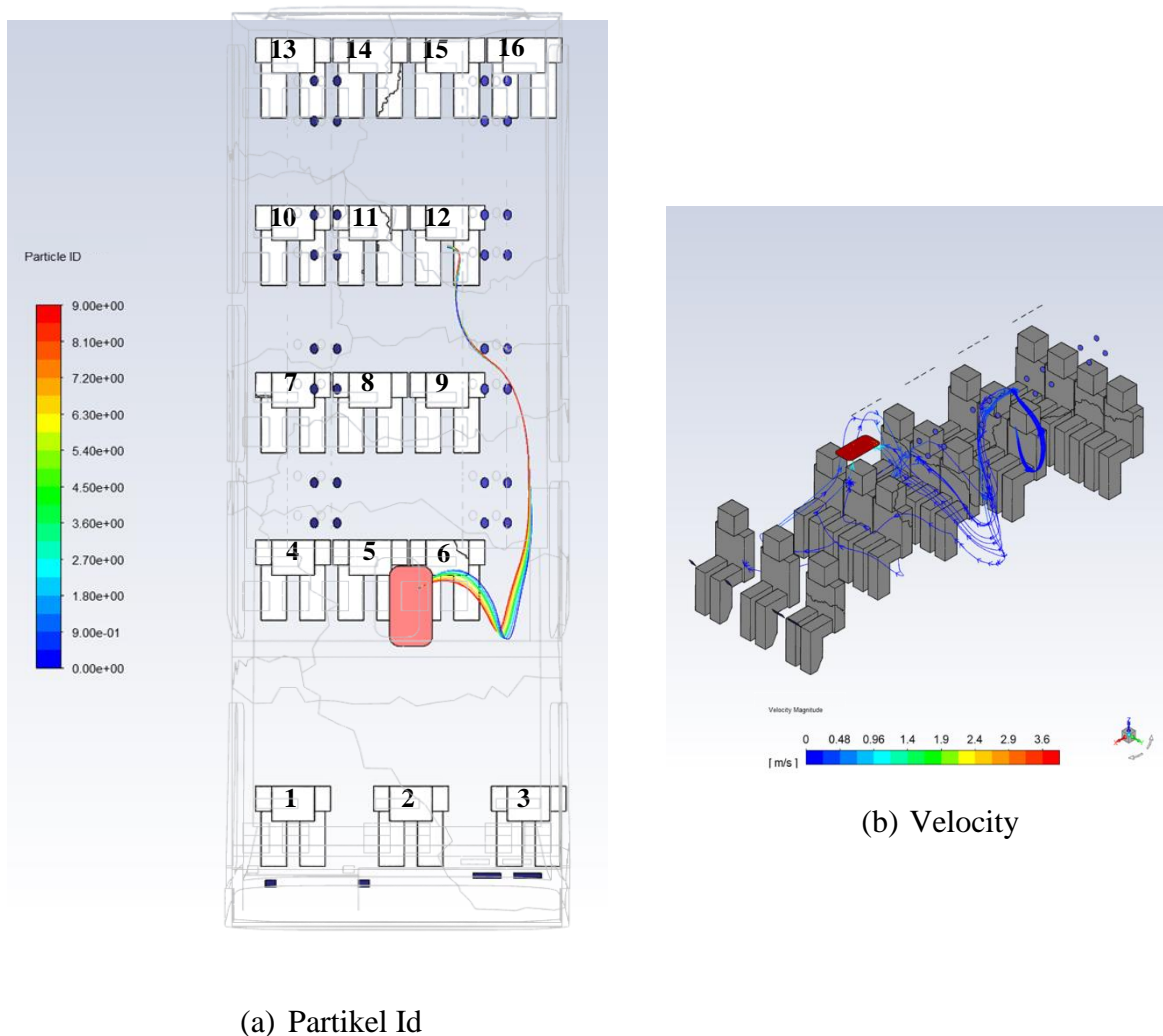
Gambar 4. 41 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *driver* atau *passenger* yang duduk di bangku nomor 1 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 4.14 m/s. Aliran partikel terinjeksi mengalir dengan kecepatan rata 0.6-1.3 m/s menuju outlet dan relatif tidak membahayakan *passenger* lain. Namun bila dibandingkan dengan *passenger* lain, *passenger* di posisi 2 memiliki resiko terinejksi yang paling besar karena jarak aliran dengan *passenger* yang relatif dekat.



(a) Partikel Id

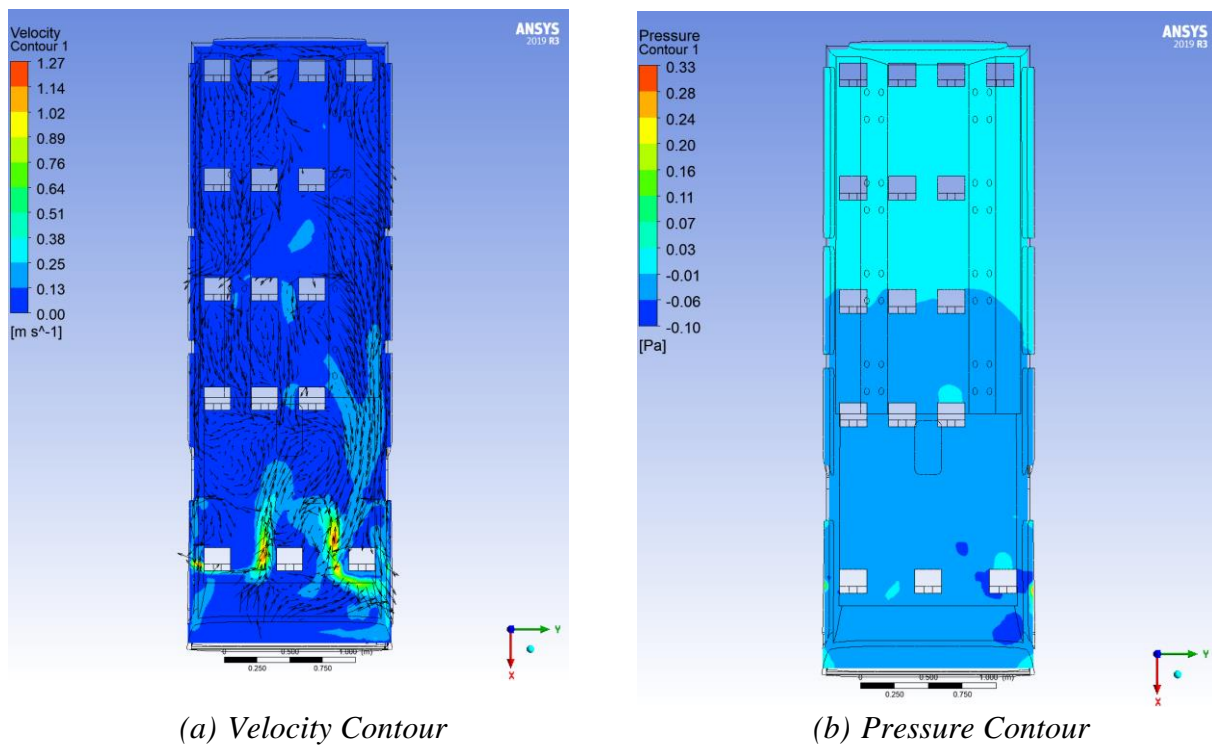
Gambar 4. 42 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 4.14 m/s

Gambar 4. 42 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 7 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 4.14 m/s. Aliran partikel terinjeksi mengalir lurus dengan kecepatan 0.6-1.3 m/s kearah outlet dan membahayakan *passenger* 5 karena berada di bawah outlet. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tempat duduk yang paling rawan terinjeksi virus berada pada titik 5.



Gambar 4. 43 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 4.14 m/s

Gambar 4. 43 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 12 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 4.14 m/s. Partikel injeksi mengalir dengan kecepatan aliran rata-rata 0.3-0.6 m/s kearah outlet dan tidak mendekati *passenger* lain selain *passenger* 6 yang ada dibawah outlet. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tempat duduk yang paling rawan terinjeksi virus berada pada titik 6.

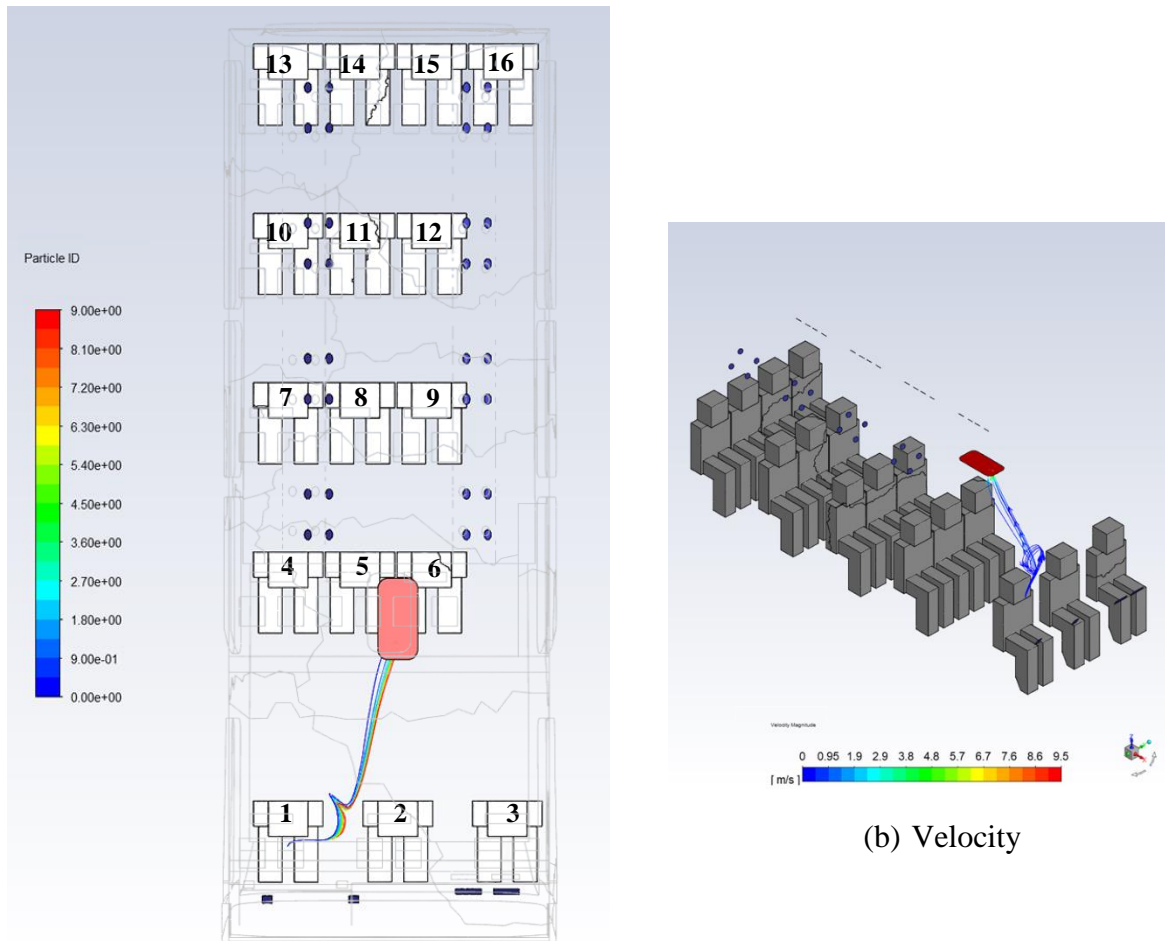


Gambar 4. 44 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 4.14 m/s

4.3.2. Kecepatan AC Depan 2.30 m/s dan Belakang 1 m/s

Pada tugas akhir ini dilakukan analisa penyebaran droplet virus dalam kendaraan umum yang menggunakan *Air Conditioner* (AC). Pada sub-bab ini dilakukan Analisa untuk variasi kecepatan inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 4.14 m/s. 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. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Partikel tersebut diinjeksikan dari lokasi tempat duduk *passenger* yang kita inginkan dalam simulasi yaitu pada titik 1, 7 dan 12. 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 risiko *passenger* lain berdasarkan jumlah aliran partikel virus disekitar kepalanya, dimana semakin banyak aliran maka risiko semakin besar. Selanjutnya dilakukan penilaian risiko *passenger* lain berdasarkan jumlah aliran partikel virus disekitar kepalanya, dimana semakin banyak aliran maka risiko semakin besar. Selanjutnya, dilakukan

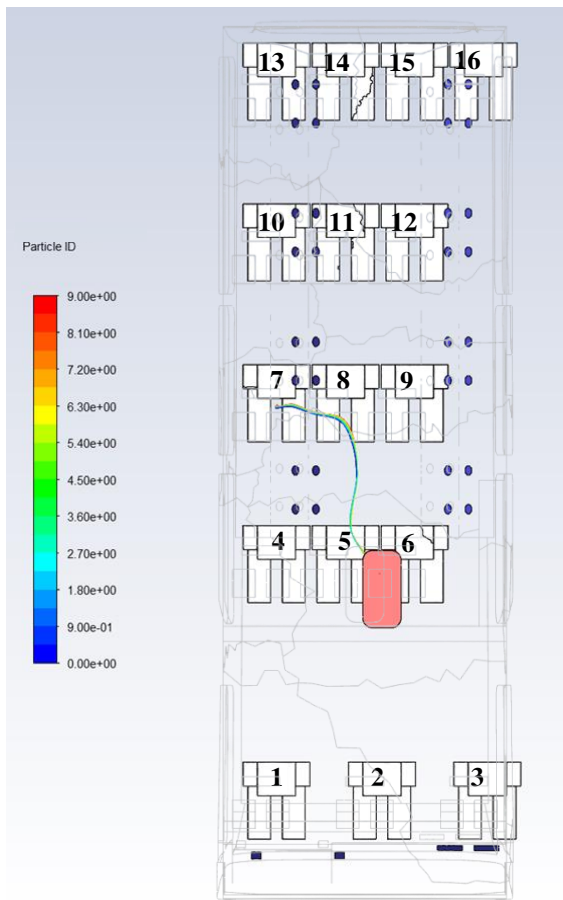
analisa penyebaran virus berdasarkan karakteristik aliran menggunakan software ANSYS FLUENT 19.1.



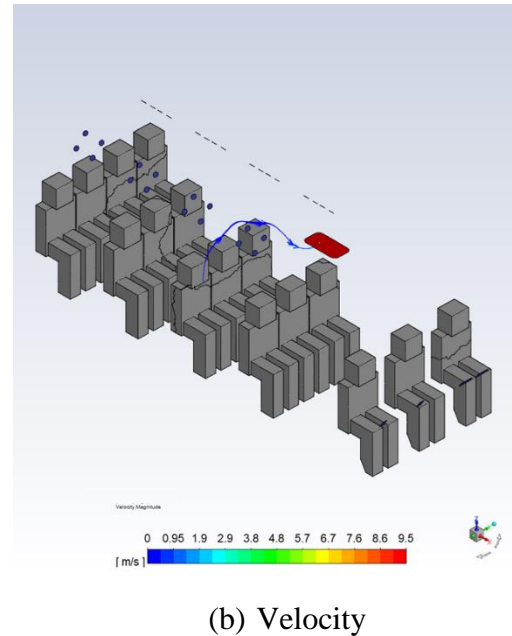
(a) Partikel Id

Gambar 4. 45 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 4.14 m/s

Gambar 4. 45 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *driver* atau *passenger* yang duduk di bangku nomor 1 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 4.14 m/s. Aliran partikel terinjeksi langsung menuju ke outlet dengan kecepatan 0.5-1 m/s tanpa membahayakan *passenger* lain.



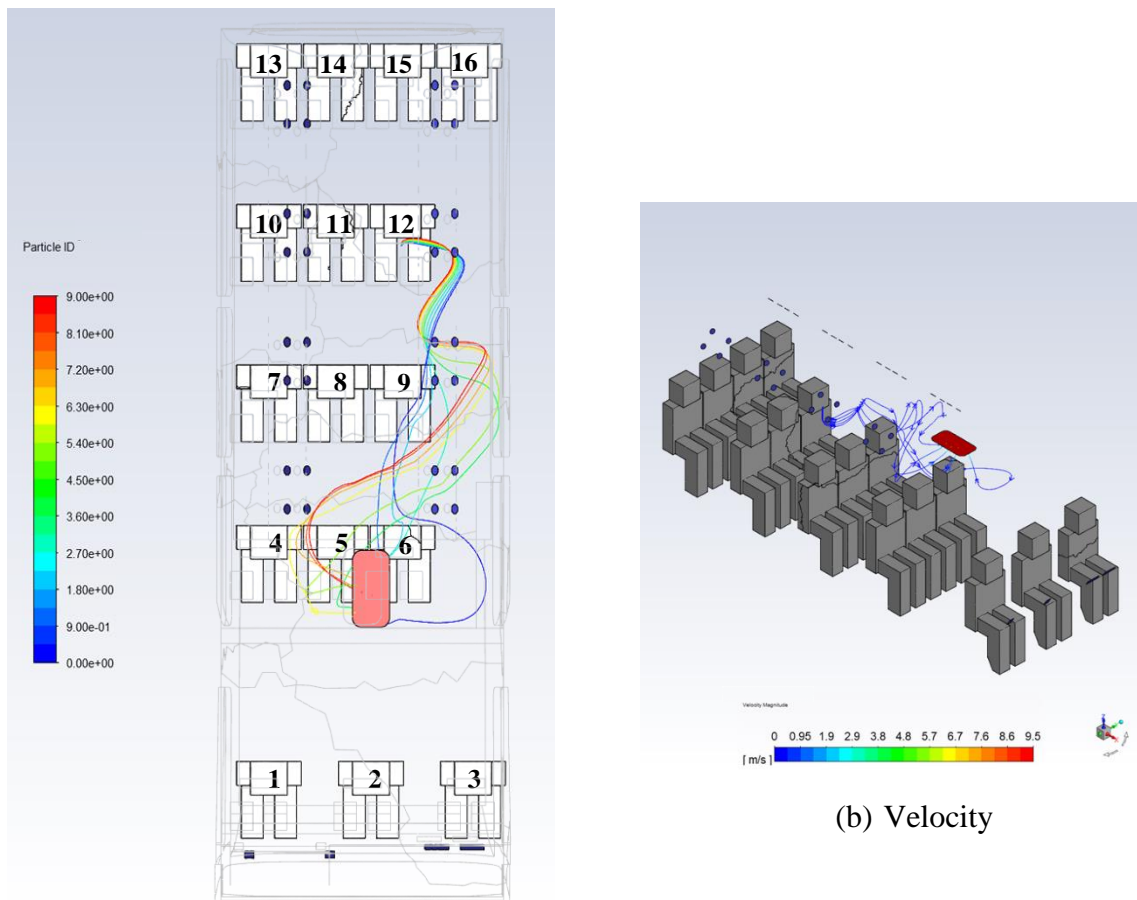
(a) Partikel Id



(b) Velocity

Gambar 4. 46 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 4.14 m/s

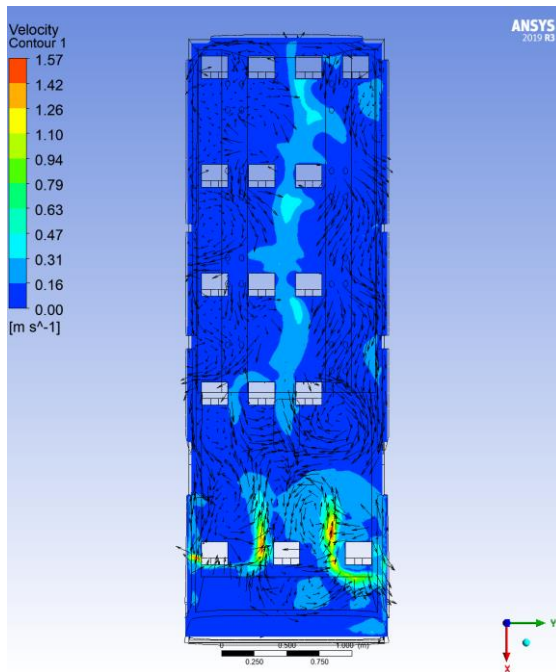
Gambar 4. 46 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 7 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 4.14 m/s. Aliran partikel mengalir lurus menuju ke outlet dengan kecepatan aliran 0.3-0.6 m/s. *Passenger* lainnya relatif aman dari penyebaran karena aliran langsung menuju outlet dan tidak menyebar.



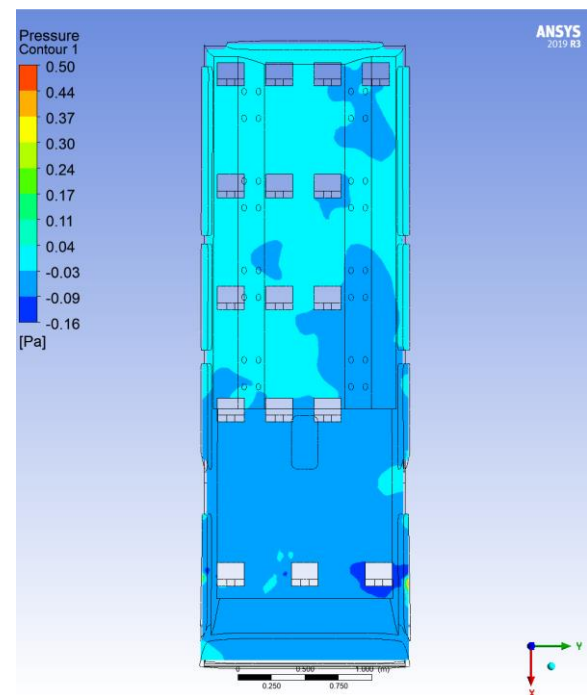
(a) Partikel Id

Gambar 4. 47 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 4.14 m/s

Gambar 4. 47 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 12 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 2.30 m/s. Aliran partikel terinjeksi mengalir dengan kecepatan rata-rata 0.3-0.6 m/s melewati *passenger* 9 dan menyebar kebaris kedua kemudian menuju outlet. Bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel yang ada disekitar *passenger*, maka *passenger* yang paling berbahaya berada pada posisi duduk 9, 4 dan 5 karena jarak aliran yang mendekati kepala *passenger*. Sedangkan *passenger* lainnya relatif aman dari penyebaran virus.



(c) Velocity Contour



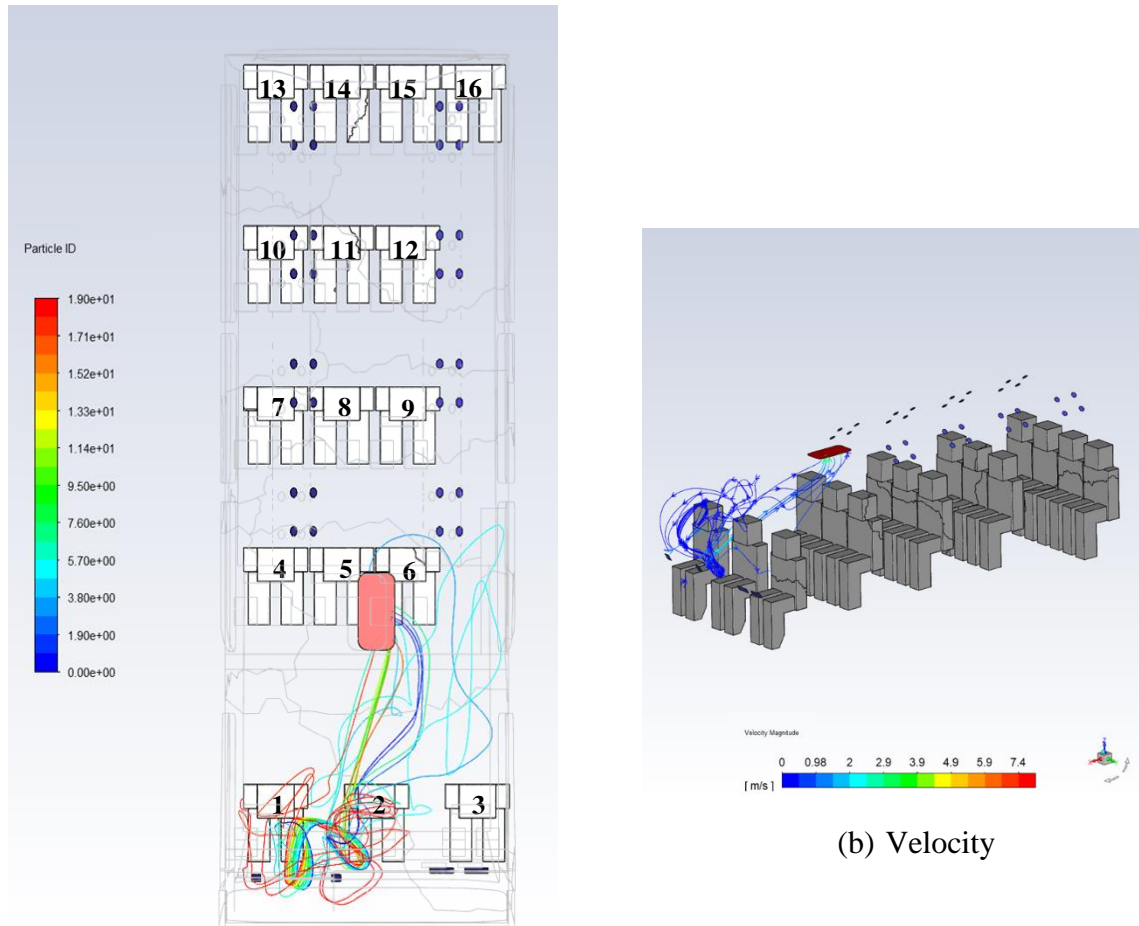
(d) Pressure Contour

Gambar 4. 48 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s dan outlet AC 4.14 m/s

4.3.3. Kecepatan AC Depan 4.14 m/s dan Belakang 1.33 m/s

Pada tugas akhir ini dilakukan analisa penyebaran droplet virus dalam kendaraan umum yang menggunakan *Air Conditioner* (AC). Pada sub-bab ini dilakukan Analisa untuk variasi dengan kecepatan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 4.14 m/s. 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. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Partikel tersebut diinjeksikan dari lokasi tempat duduk *passenger* yang kita inginkan dalam simulasi yaitu pada titik 1, 7 dan 12. 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 risiko *passenger* lain berdasarkan jumlah aliran partikel virus disekitar kepalanya, dimana semakin banyak aliran maka risiko semakin besar. Selanjutnya dilakukan penilaian risiko *passenger* lain berdasarkan jumlah aliran partikel virus disekitar kepalanya, dimana semakin banyak aliran maka risiko semakin besar. Selanjutnya, dilakukan

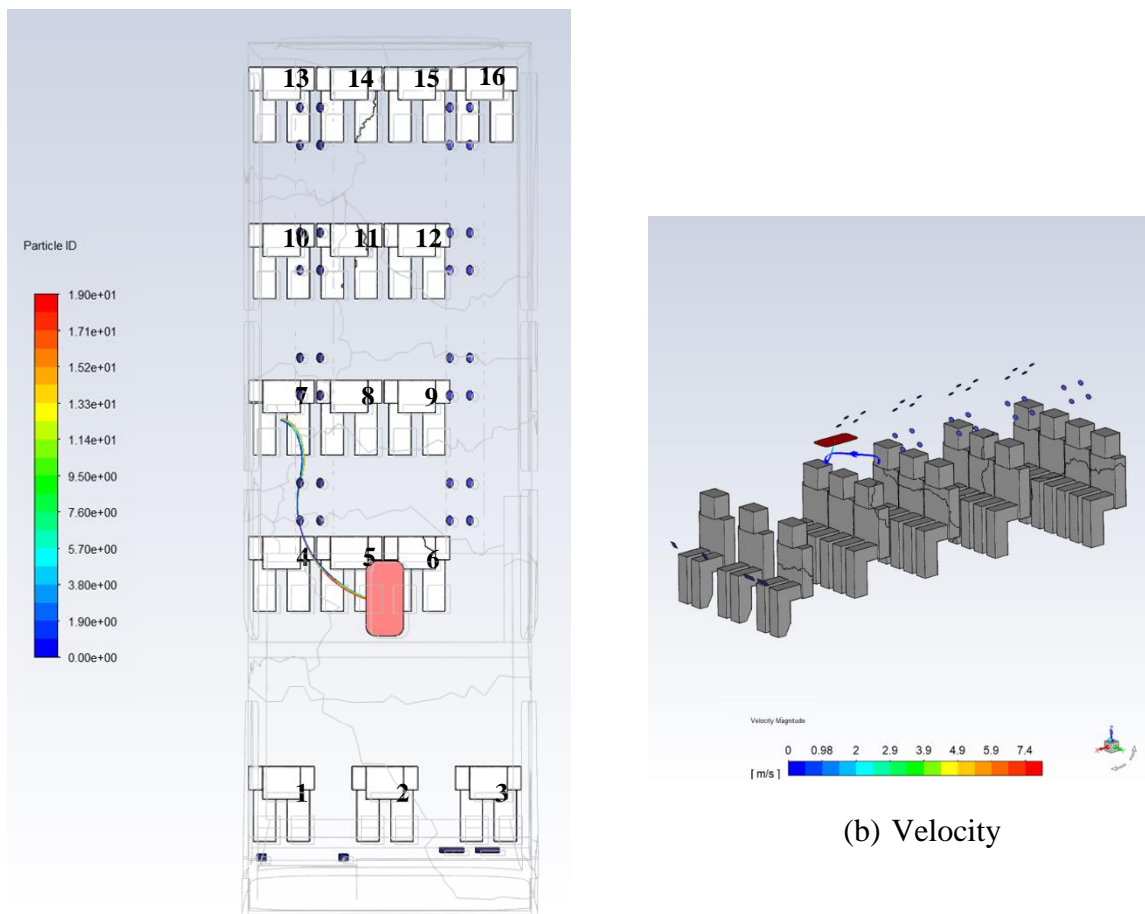
analisa penyebaran virus berdasarkan karakteristik aliran menggunakan software ANSYS FLUENT 19.1.



(a) Partikel Id

Gambar 4. 49 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 4.14 m/s

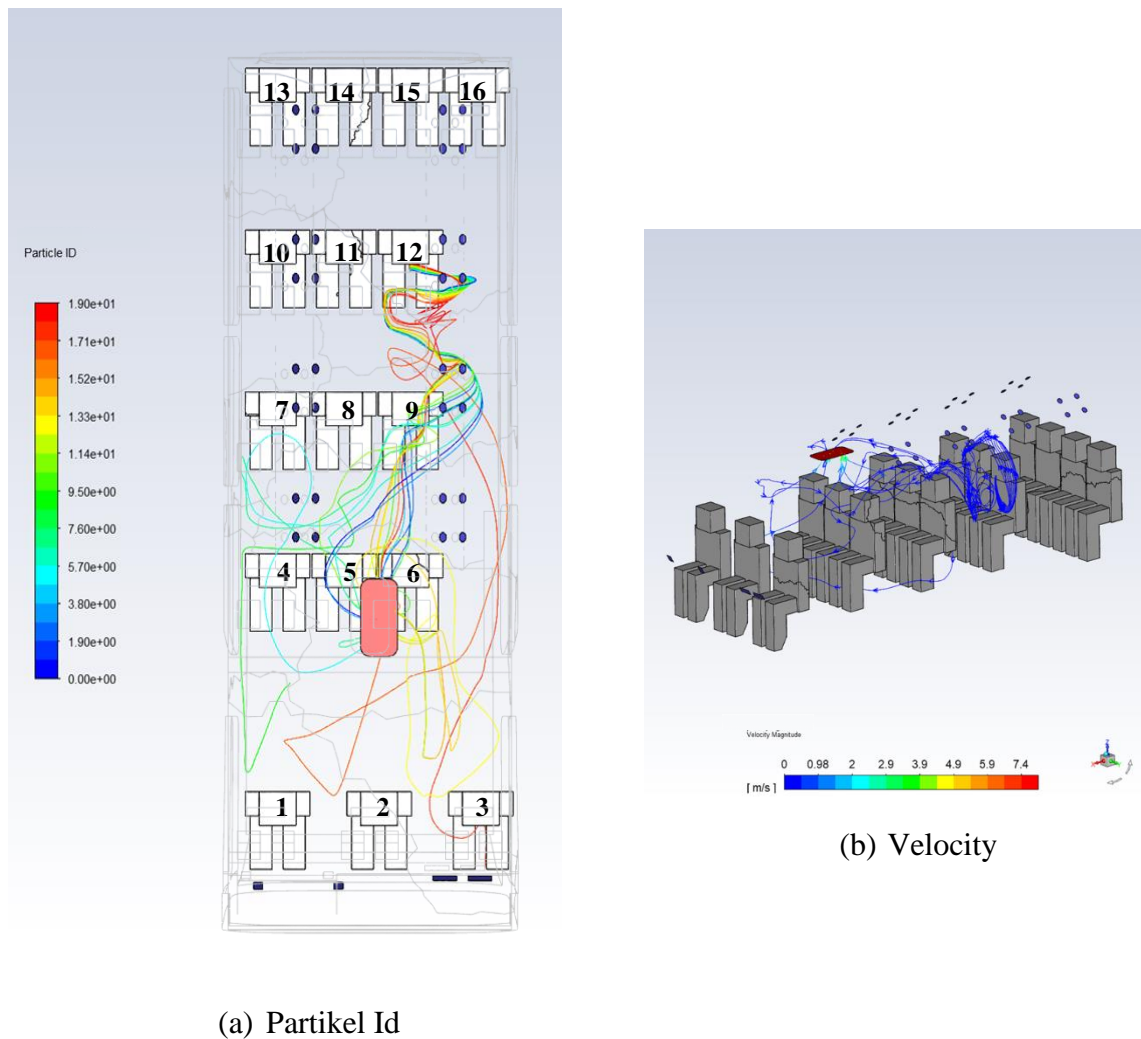
Gambar 4. 49 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *driver* atau *passenger* yang duduk di bangku nomor 1 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 4.14 m/s. Aliran partikel menyebar ke *passenger* di posisi 2 dengan kecepatan 0.3-0.6 m/s kemudian menuju ke outlet dan mengalami kenaikan kecepatan hingga 2.5 m/s. Tempat duduk paling rawan terinjeksi karena banyaknya dan jaraknya yang paling dekat dengan aliran partikel berada pada titik 2 dan 6. Sedangkan *passenger* lainnya relatif aman dari penyebaran virus.



(a) Partikel Id

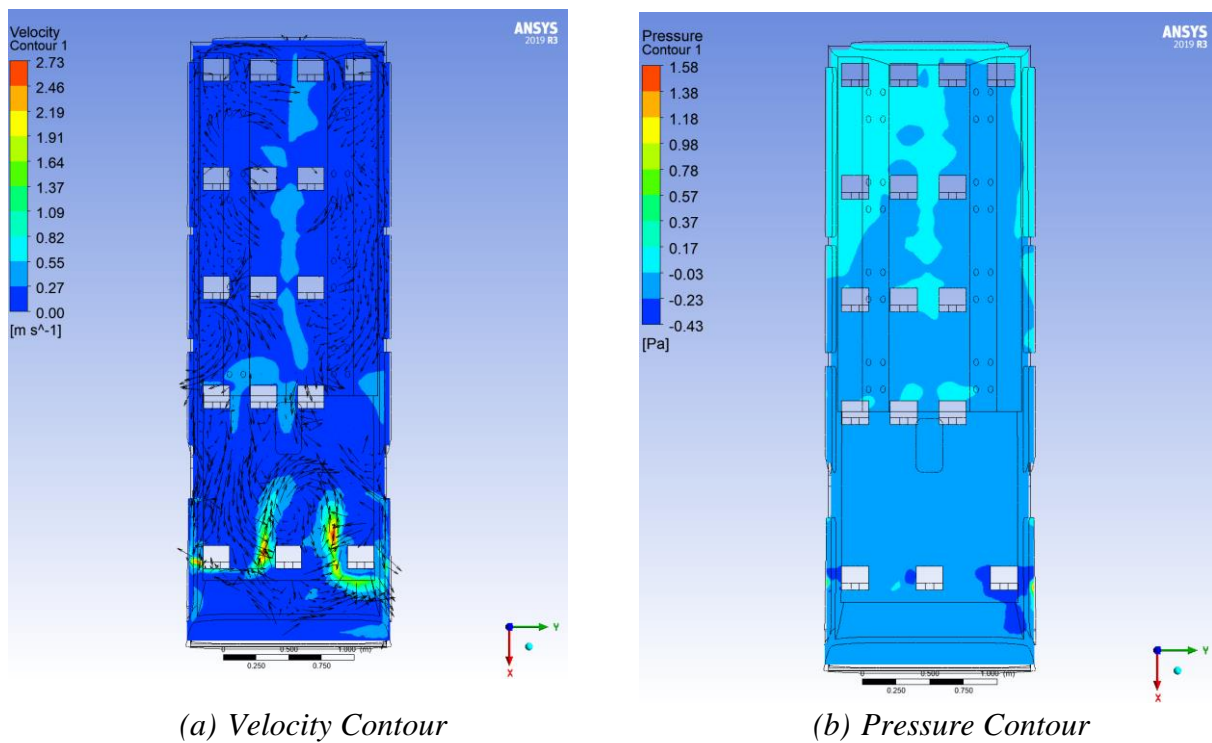
Gambar 4. 50 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 4.14 m/s

Gambar 4. 50 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 7 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 4.14 m/s. Aliran partikel terinjeksi mengalir menuju outlet dengan kecepatan 0.5-1 m/s dan mengalami kenaikan kecepatan tepat sebelum keluar outlet hingga 2.5 m/s. Pada variasi konfigurasi ini, partikel tidak menyebar ke *passenger* lain sehingga risiko penyebarannya hampir tidak ada.



Gambar 4. 51 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 4.14 m/s

Gambar 4. 51 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 12 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 4.14 m/s. Partikel yang disebarkan mengalir dengan kecepatan 0.5-1 m/s dan mengalami kenaikan kecepatan tepat sebelum keluar dari outlet yaitu hingga 3.5 m/s. Penyebaran partikel pada variasi ini membahayakan *passenger* 3, 4, 5, 6 dan 9 yang ditunjukkan oleh adanya aliran partikel yang bersinggungan dengan kepala *passenger* tersebut. Sedangkan *passenger* yang relatif aman dari penyebaran virus berapa pada titik 10, 11 dan *passenger* pada barisan belakang.

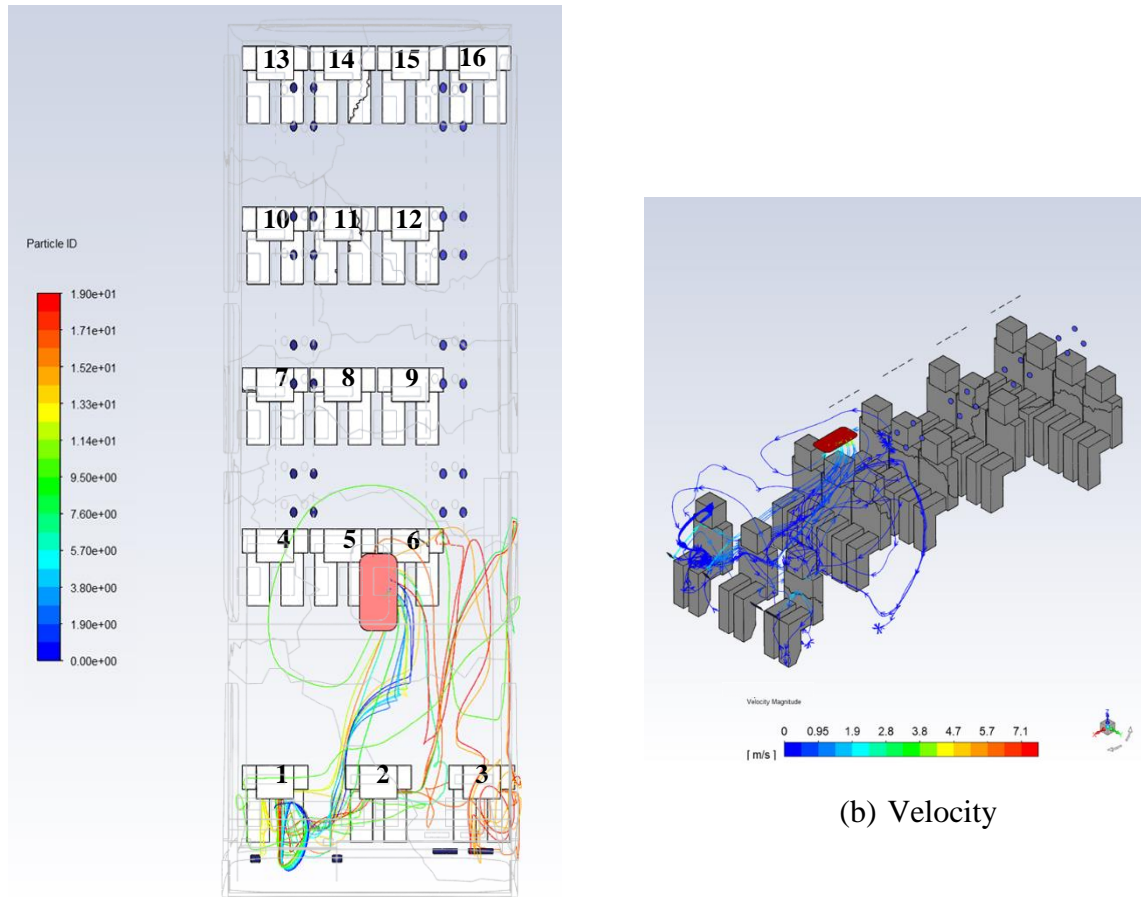


Gambar 4. 52 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 4.14 m/s

4.3.4. Kecepatan AC Depan 1.86 m/s dan Belakang 1.33 m/s

Pada tugas akhir ini dilakukan analisa penyebaran droplet virus dalam kendaraan umum yang menggunakan *Air Conditioner* (AC). Pada sub-bab ini dilakukan Analisa untuk variasi kecepatan inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 4.14 m/s. 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. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Partikel tersebut diinjeksikan dari lokasi tempat duduk *passenger* yang kita inginkan dalam simulasi yaitu pada titik 1, 7 dan 12. 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 risiko *passenger* lain berdasarkan jumlah aliran partikel virus disekitar kepalanya, dimana semakin banyak aliran maka risiko semakin besar. Selanjutnya dilakukan penilaian risiko *passenger* lain berdasarkan jumlah aliran partikel virus disekitar kepalanya, dimana semakin banyak aliran maka risiko semakin besar. Selanjutnya, dilakukan

analisa penyebaran virus berdasarkan karakteristik aliran menggunakan software ANSYS FLUENT 19.1.

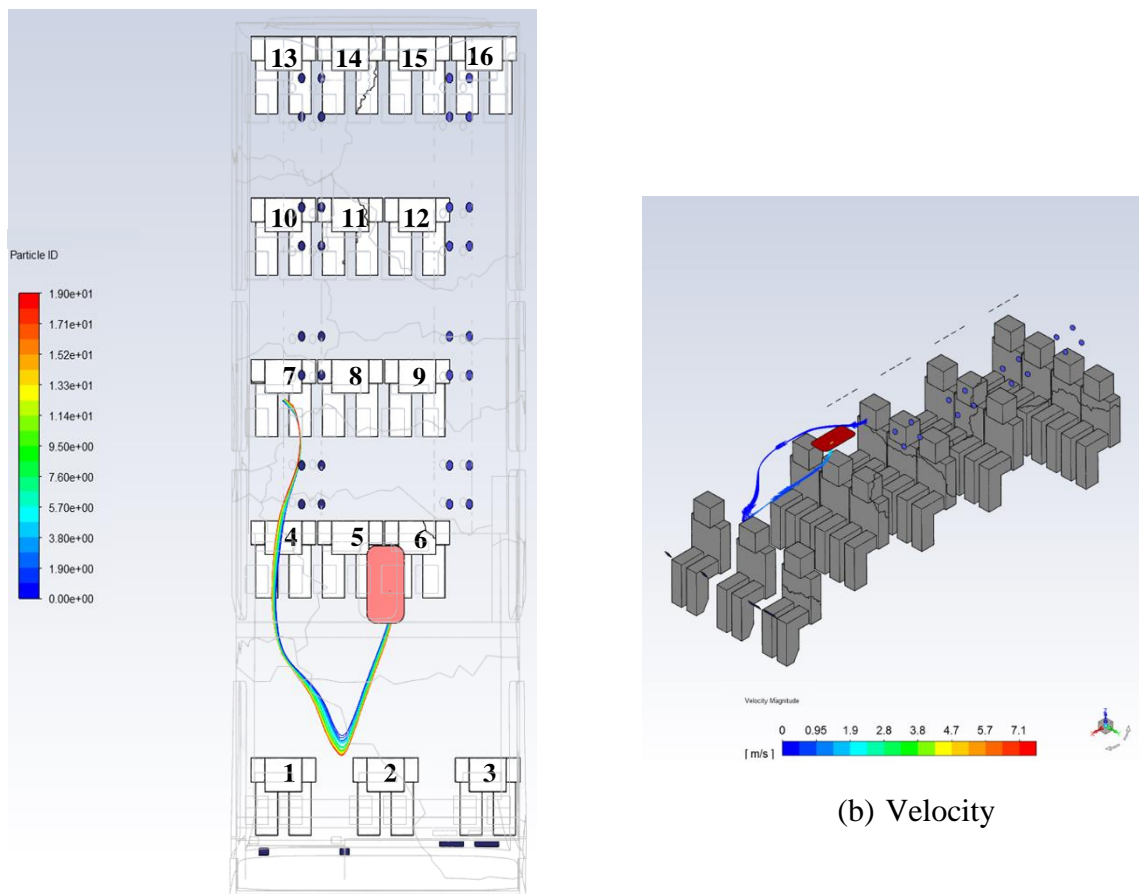


(a) Partikel Id

(b) Velocity

Gambar 4. 53 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 4.14 m/s

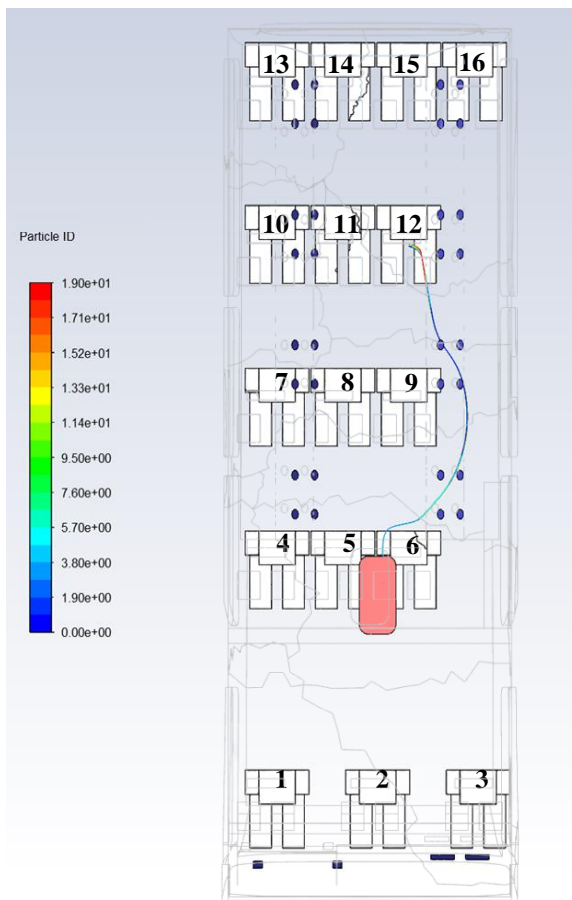
Gambar 4. 53 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *driver* atau *passenger* yang duduk di bangku nomor 1 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 4.14 m/s. Aliran partikel terinjeksi menyebar ke *passenger* di baris pertama dengan kecepatan 0.5-1.8 m/s dan kecepatan paling tinggi ada disaat aliran tepat sebelum keluar menuju outlet. Bila dibandingkan titik paling rawan terinjeksi virus yaitu *passenger* di kursi 1, 2, 3, 4 dan 6 karena jumlah aliran partikel disekitarnya yang relatif banyak.



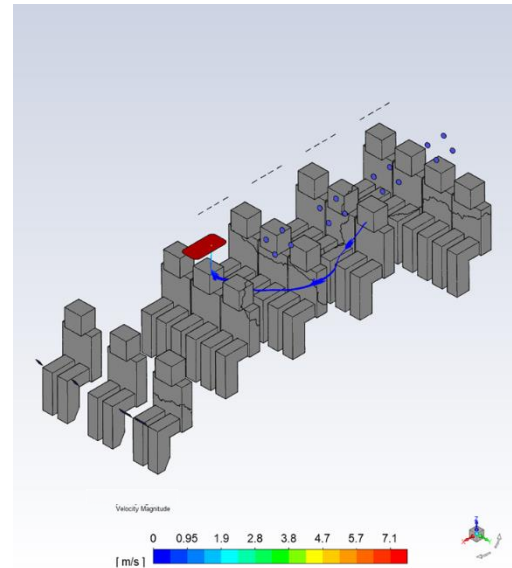
(a) Partikel Id

Gambar 4. 54 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 4.14 m/s

Gambar 4. 54 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 7 dalam kendaraan ber-AC dengan inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 4.14 m/s. Aliran partikel terinjeksi mengalir dengan kecepatan 0.5-1 m/s melewati *passenger* 4 kemudian menuju outlet dan mengalami kenaikan kecepatan hingga 2 m/s. Sehingga posisi duduk paling bahaya berada pada nomor 4. Sedangkan tempat duduk lainnya relatif aman dari penyebaran partikel virus.



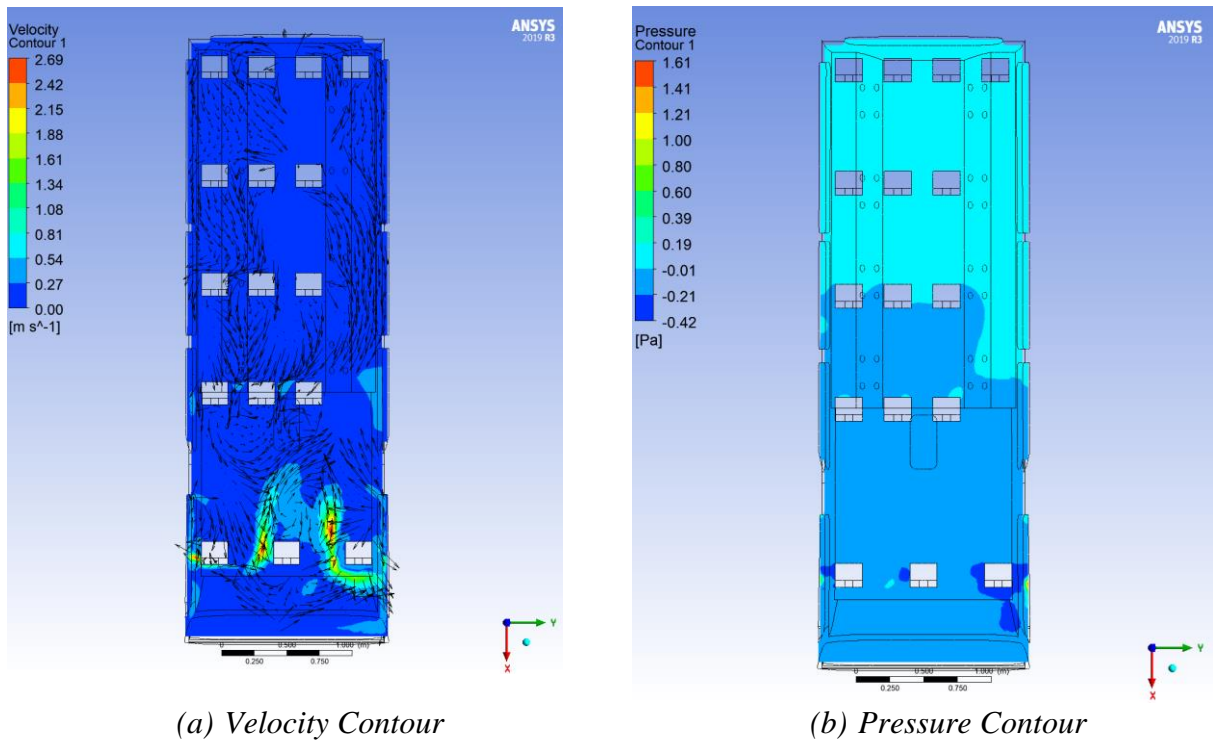
(a) Partikel Id



(b) Velocity

Gambar 4. 55 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 4.14 m/s

Gambar 4. 55 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 12 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 4.14 m/s. Aliran partikel terinjeksi mengalir dengan kecepatan 0.5-1 m/s langsung menuju outlet. Aliran partikel ikut membahayakan *passenger* 6 karena berada di bawah outlet. Sehingga tempat duduk paling bahaya terhadap injeksi virus yaitu tempat duduk nomor 6.

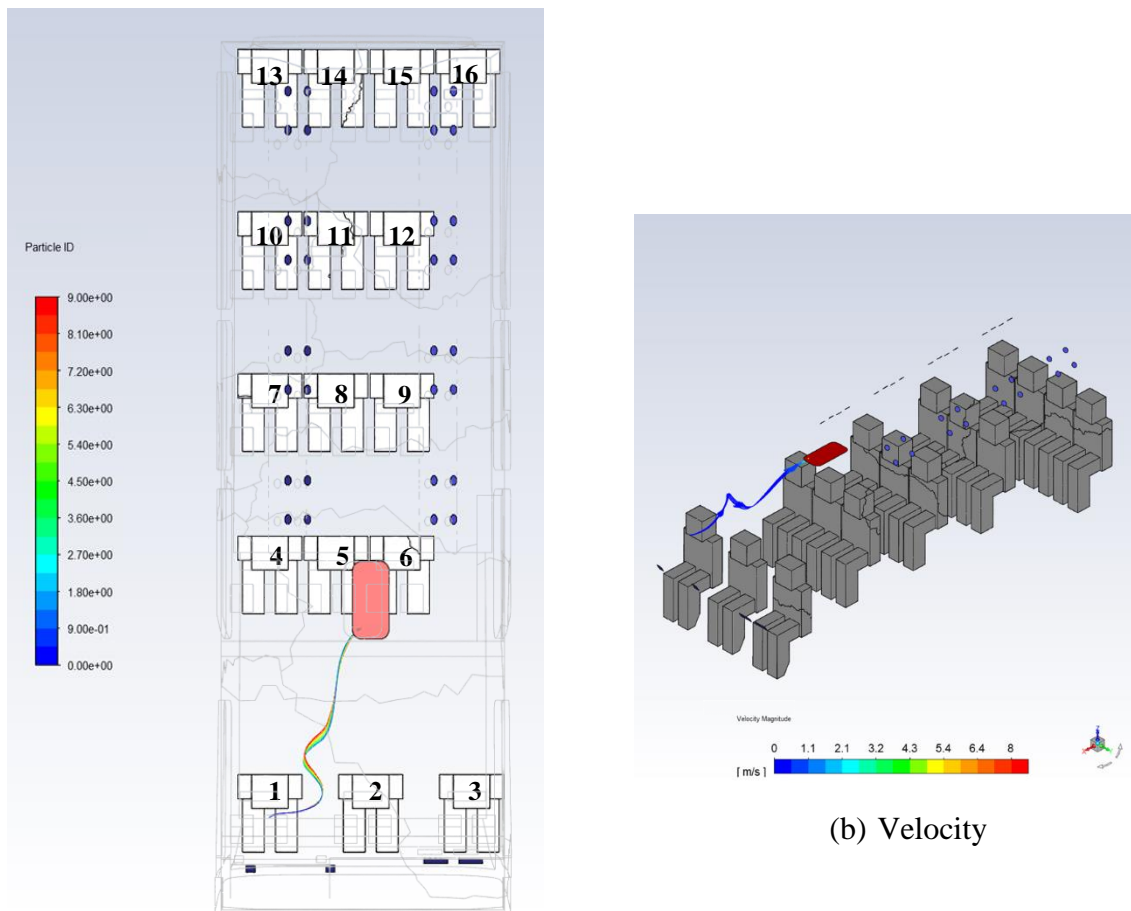


Gambar 4. 56 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s dan outlet AC 4.14 m/s

4.3.5. Kecepatan AC Depan 4.14 m/s dan Belakang 0,42 m/s

Pada tugas akhir ini dilakukan analisa penyebaran droplet virus dalam kendaraan umum yang menggunakan *Air Conditioner (AC)*. Pada sub-bab ini dilakukan Analisa untuk variasi kecepatan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 4.14 m/s. 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. Garis dengan warna (partikel id) mewakili pergerakan aliran partikel, maka jumlah warna yang ada juga mewakili jumlah partikel yang disebarkan. Partikel tersebut diinjeksikan dari lokasi tempat duduk *passenger* yang kita inginkan dalam simulasi yaitu pada titik 1, 7 dan 12. 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 risiko *passenger* lain berdasarkan jumlah aliran partikel virus disekitar kepalanya, dimana semakin banyak aliran maka risiko semakin besar. Selanjutnya dilakukan penilaian risiko *passenger* lain berdasarkan jumlah aliran partikel virus disekitar kepalanya, dimana semakin banyak aliran maka risiko semakin besar. Selanjutnya, dilakukan

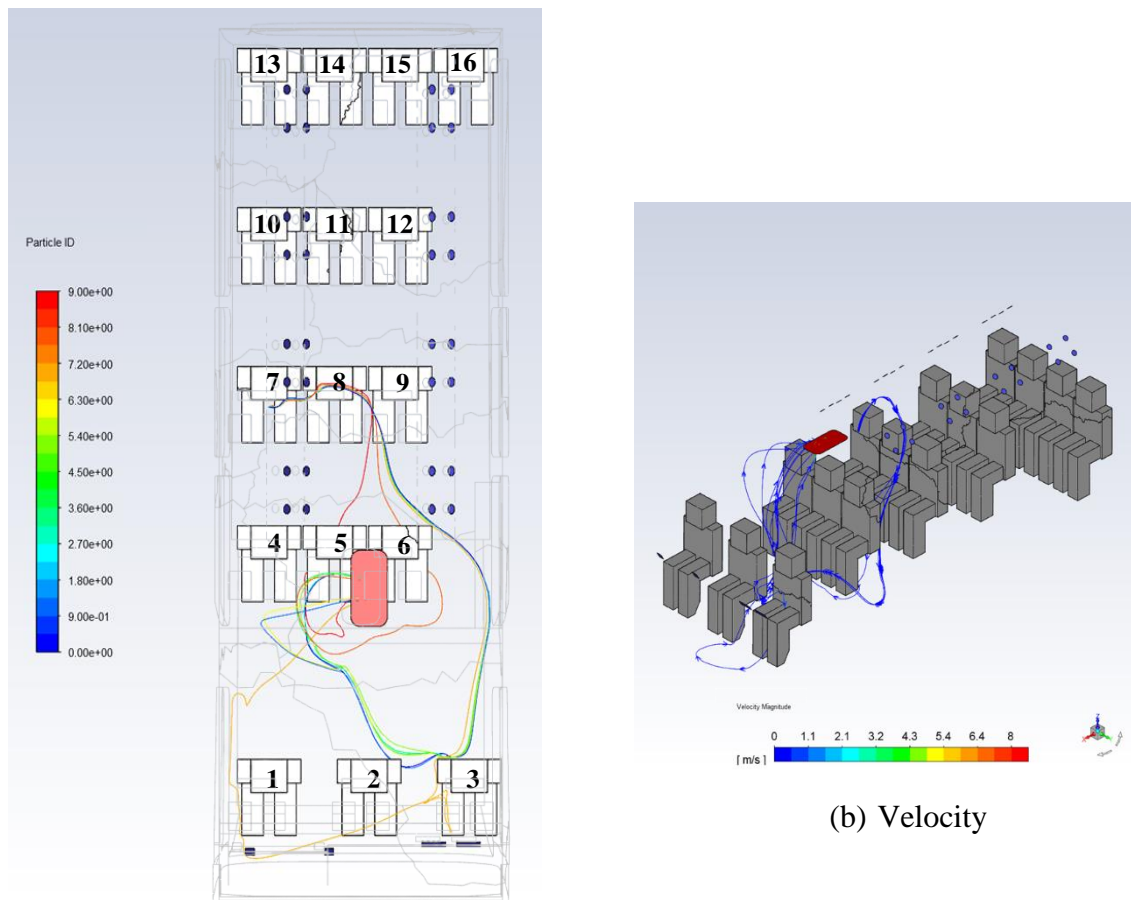
analisa penyebaran virus berdasarkan karakteristik aliran menggunakan software ANSYS FLUENT 19.1.



(a) Partikel Id

Gambar 4. 57 Sumber injeksi 1, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 4.14 m/s

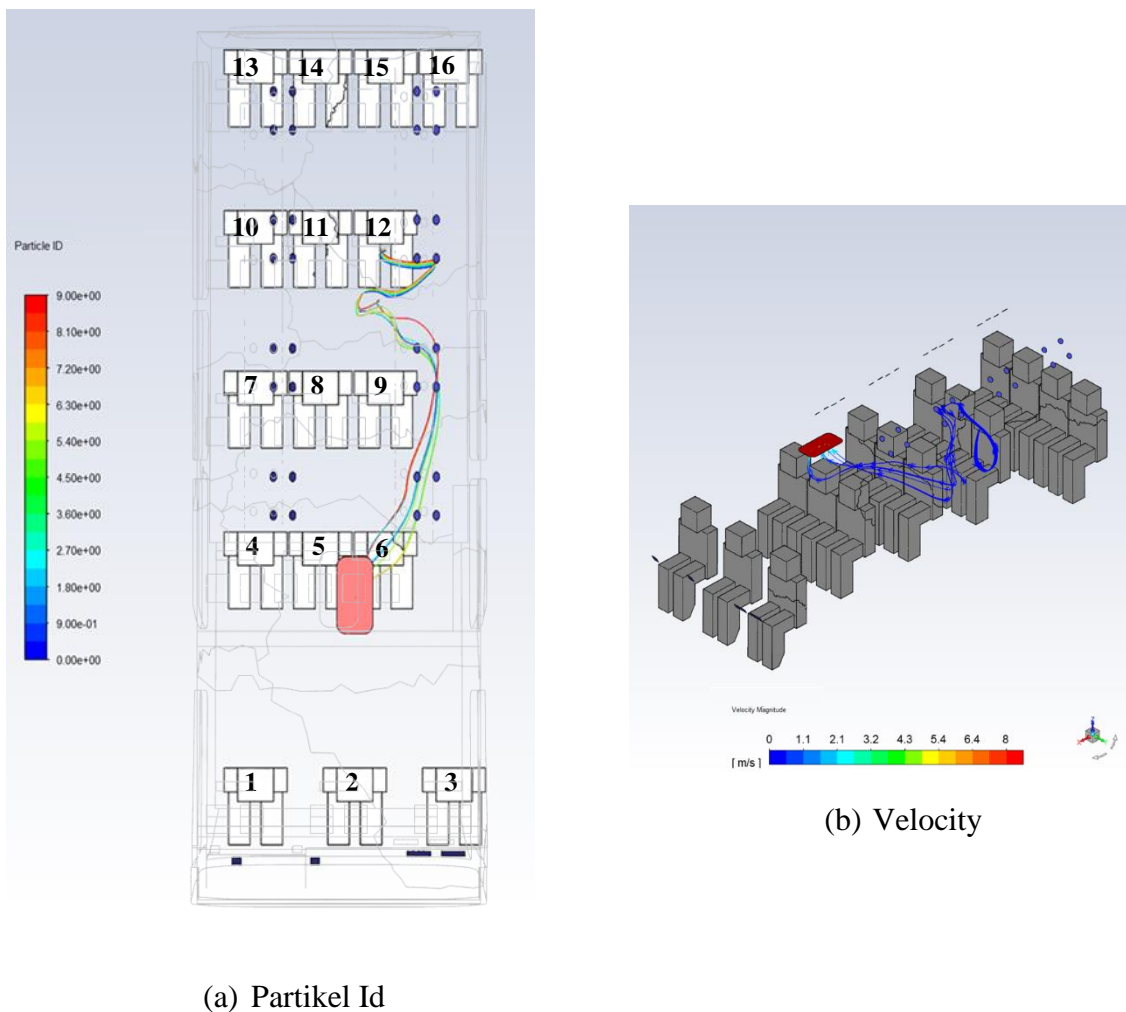
Gambar 4. 57 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *driver* atau *passenger* yang duduk di bangku nomor 1 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 4.14 m/s. Aliran partikel terinjeksi mengalir dengan kecepatan aliran 0.5-1 m/s menuju outlet dan relatif tidak membahayakan *passenger* lain.



(a) Partikel Id

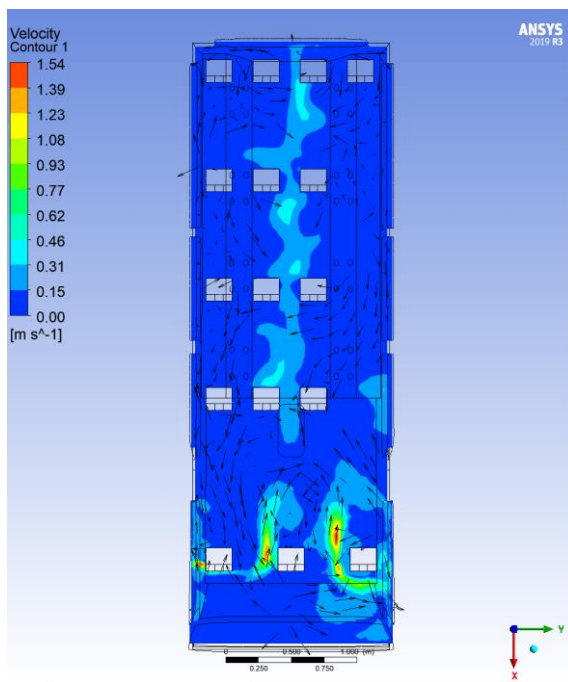
Gambar 4. 58 Sumber injeksi 7, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 4.14 m/s

Gambar 4. 58 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s diinjeksikan oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 7 dalam kendaraan ber-AC dengan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 4.14 m/s. Aliran partikel terinjeksi menyebar dengan kecepatan 0.5-1 m/s menuju bangku nomor 8, sekitar baris pertama dan selanjutnya menuju ke outlet. Aliran partikel ikut membahayakan *passenger* di posisi 5 karena berada di bawah outlet. Bila dibandingkan berdasarkan jumlah aliran partikel yang ada disekitar kepala, *passenger* yang paling rawan terinjeksi virus duduk di bangku nomor 8. *Passenger* di 2 baris belakang relatif aman dari penyebaran partikel.

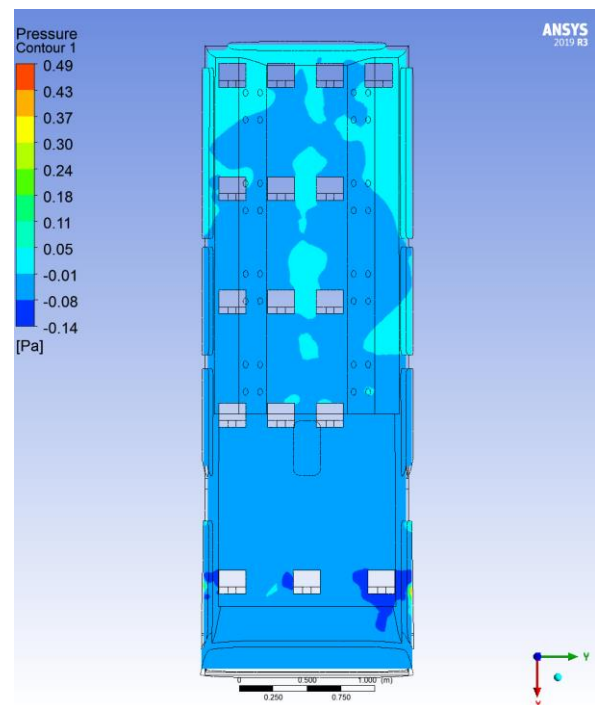


Gambar 4. 59 Sumber injeksi 12, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 4.14 m/s

Gambar 4. 59 menunjukkan pembacaan analisa penyebaran virus dalam mobil ELF ketika keadaan diam, bila 10 partikel berkecepatan 22 m/s oleh *passenger* yang duduk di bangku nomor 12 dalam kendaraan ber-AC dengan kecepatan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 4.14 m/s. Aliran partikel terinjeksi mengalir dengan kecepatan 0.5-1.1 m/s menuju outlet dan membahayakan *passenger* 6 karena berada di bawah outlet. Sehingga tempat duduk paling bahaya terhadap injeksi virus yaitu tempat duduk nomor 5 dan 6.



(a) Velocity Contour



(b) Pressure Contour

Gambar 4. 60 Kontur tekanan dan kecepatan dengan panah yang menunjukkan arah aliran, inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s dan outlet AC 4.14 m/s

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat penyebaran virus Covid-19 di dalam angkutan umum ELF kapasitas 16 *passengers* 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 menggunakan AC sehingga diberikan 15 variasi kecepatan inlet AC depan, inlet AC belakang dan Outlet. Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi konfigurasi kecepatan AC yang paling banyak membahayakan *passenger* lainnya yaitu pada variasi ke 3 dengan kecepatan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s, outlet AC 2.26 m/s dan sumber injeksi virus dari tempat duduk nomor 12; variasi ke 8 dengan kecepatan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s, outlet AC 2.30 m/s dan sumber injeksi virus dari tempat duduk nomor 12; variasi ke 13 dengan kecepatan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s, outlet AC 4.14 m/s dan sumber injeksi virus dari tempat duduk nomor 12; dan variasi ke 14 dengan kecepatan inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s, outlet AC 4.14 m/s dan sumber injeksi virus dari tempat duduk nomor 12.
2. Variasi konfigurasi kecepatan AC yang hampir tidak membahayakan *passenger* lainnya yaitu pada variasi ke 8 dengan kecepatan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s, outlet AC 2.30 m/s dan sumber injeksi virus dari tempat duduk nomor 7; variasi ke 11 dengan kecepatan inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s, outlet AC 4.14 m/s dan sumber injeksi virus dari tempat duduk nomor 1; variasi ke 11 dengan kecepatan inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s, outlet AC 4.14 m/s dan sumber injeksi virus dari tempat duduk nomor 7; variasi ke 12 dengan kecepatan inlet AC depan 2.30 m/s, inlet AC belakang 1 m/s, outlet AC 4.14 m/s dan sumber injeksi virus dari tempat duduk nomor 1; variasi ke 13 dengan kecepatan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s, outlet AC 4.14 m/s dan sumber injeksi virus dari tempat

duduk nomor 7; variasi ke 14 dengan kecepatan inlet AC depan 1.86 m/s, inlet AC belakang 1.33 m/s, outlet AC 4.14 m/s dan sumber injeksi virus dari tempat duduk nomor 12; dan variasi ke 15 dengan kecepatan inlet AC depan 4.14 m/s, inlet AC belakang 0.42 m/s, outlet AC 4.14 m/s dan sumber injeksi virus dari tempat duduk nomor 1.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil yang didapat, sebaiknya *passenger* dan *driver* harus tetap mematuhi protokol kesehatan dalam kondisi pandemi Covid-19. Kemudian saran dan rekomendasi yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah melakukan simulasi dengan model *unsteady* atau transient untuk hasil yang lebih akurat sehingga dapat dilihat penyebaran partikel terhadap satuan waktu tertentu. Perubahan panas juga dapat dilibatkan sebagai variable dalam simulasi selanjutnya guna mengetahui perpindahan energi dalam kabin elf.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansys Inc. 2013. *Workbench User Guide*. Cannonzбург: ANSYS Inc.
- Arkyan, G.F.K. 2018. *Investigating Wind Pattern around Third Class Residential Buildings for Achieving Efficient Air Movement in Hot-Dry Region of Central Sudan Using CFD Simulation Programme*. Doctoral Thesis of Sudan University of Technology.
- Lotfi, Melika, Michael R Hamblin, and Nima Rezaei. 2020. "COVID-19: Transmission, prevention, and potential therapeutic opportunities." *Elsevier Public Health Emergency Collection* 254-266.
- Mahmud, S, and M Wissam. 2013. *Introduction to ANSYS Workbench*. Emirates Aviation College.
- Mathai, Varghese, Asimanshu Das, Jeffrey A. Bailey, and Breuer Kenneth. 2021. "Airflows inside passenger cars and implications for airborne disease transmission." *Science Advances*.
- Pena-Monferrer, C, S Antao, and 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, Philip J. 2010. *Fox and McDonald's Introduction to Fluid Mechanics*. 8th. United States: John Wiley & Sons.
2021. *Satuan Penanganan COVID-19*. <http://covid19.go.id>.
- Sukamta, S, T Thoharudin, and D.M Nugroho. 2018. "Simulasi CFD Aliran Stratified Air-Udara pada Pipa Horisontal." *Semesta Teknika* 206-215.
- UNICEF. 2020. *UNICEF : Coronavirus*. <https://www.unicef.org/coronavirus/covid-19>.
- Warpani, P. Suwardjoko. 2002. *Pengelolaan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*. Bandung: ITB.
- Yang, Xia, Cuiyun Ou, Hongyu Yang, Li Liu, Tie Song, Min Kang, Hualing Lin, and Jian Hang. 2020. "Transmission of pathogen-laden expiratory droplet in coach bus." *Journal of Hazardous Materials*.
- Zhu, Shengwei, Phillip Demokritou, and John Spengler. 2010. "Experimental and numerical investigation of micro-environmental conditions in public transportation buses." *Building and Environment* 2077-2088.
- Juliawanti, Linda. "10 Rekomendasi Mobil Sedan Terbaik dan Termurah di Indonesia". 2022. <https://lifepal.co.id/media/mobil-sedan-terbaik/> diakses April 2022.