

Analisa Evakuasi Penumpang KMP. Takabonerate

Zulkifli Umar^{a,*}, Baharuddin^a, Andi Husni Sitepu^a

^aDepartemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Gowa 92171, Indonesia

*Email: zulkifliumar002@gmail.com

Abstrak

Kapal Ferry Ro-ro merupakan jenis kapal penyeberangan yang banyak digunakan untuk transportasi antar pulau karena sangat cocok untuk angkutan kendaraan dan penumpang. Dengan semakin besar kapasitas angkut penumpang perlu diperhatikan pula prosedur jalur dan waktu evakuasi guna menghadapi keadaan darurat, hal ini sangat penting guna meminimalkan terjadinya korban jiwa. IMO telah mengeluarkan suatu regulasi untuk evakuasi dari berbagai tipe kapal dengan berbagai pendekatan analisis dimana nilai waktu evakuasi untuk jenis Ferry Ro-ro $n < 60$ menit. Pendekatan analisis evakuasi pada kapal Ferry untuk jalur pelayaran Bira – Pamatata dilakukan dalam rangka untuk mengetahui seberapa besar waktu evakuasi yang dibutuhkan dengan menggunakan metode *simplified analysis* serta *advance analysis*. Metode ini merupakan metode yang direkomendasikan IMO sebagaimana tertera dalam regulasi MSC.1/Circ.1238. Dari analisa dengan bantuan software *pathfinder 2019* didapatkan hasil waktu evakuasi penumpang tercepat pada skenario satu atau semua pintu terbuka dengan waktu 29 menit pada siang hari dan 36 menit pada malam hari.

Kata Kunci: KMP Takabonerate, Evakuasi Penumpang, Keselamatan Kapal

1. Pendahuluan

Dari sejumlah fakta kecelakaan kapal di Indonesia salah satu penyebab jatuhnya banyak korban saat terjadi kecelakaan adalah buruknya perencanaan jalur evakuasi di atas kapal. Sebagaimana di atur dalam ketentuan SOLAS chapter II yaitu Dalam sebuah kapal penumpang Setidaknya terdapat dua jalur evakuasi yang harus disiapkan diatas kapal yaitu jalur melarikan diri bagi penumpang saat evakuasi terjadi (*escape route*) dan jalur yang dilewati oleh ABK kapal saat melakukan tindakan penyelamatan (*access route*) ketempat asal kejadian misalnya ketitik asal api untuk kejadian kebakaran. Masih Pada ketentuan SOLAS berikutnya dipersyaratkan juga bahwa kapal harus memiliki *gang way* yang cukup lebar agar pergerakan penumpang untuk lebih leluasa untuk meninggalkan kapal dalam keadan darurat. Kreteria rute evakuasi yang efektif bagi penumpang kapal, kemiringan tangga kapal yang tidak melebihi 45 derajat dan tanda-tanda jalur evakuasi yang jelas diatas kapal sehingga memudahkan penumpang untuk mengetahui arah jalur evakuasi.

KMP. Takabonerate adalah kapal feri ro-ro sedang dalam tahap pembangunan di galangan PT Industri Kapal Indonesia (persero). Kapal ini akan direncanakan beroperasi pada pelabuhan penyeberangan bira bulukumba – pelabuhan pamatata selayar dengan

kapasitas muatan penumpang sebanyak 265 yang terbagi dalam 2 kelas penumpang (200 penumpang ekonomi 65 penumpang *daylight*). Kapal ini tersusun dari beberapa geladak. Geladak kendaraan, geladak antara, geladak penumpang, dan geladak navigasi.

2. Studi Literatur

2.1. Ketentuan SOLAS 74 mengenai Evakuasi Penumpang

Pada sesi ke 83 komite IMO (03-12 Oktober 2007), menyetujui pedoman pada evakuasi analisis untuk kapal penumpang baru dan yang sudah ada, sebagaimana ditetapkan dalam MSC.1/Circ.1238 tanggal 30 Oktober 2007. Dalam pedoman ini menawarkan dua kriteria untuk analisa evakuasi meliputi: Analisis evakuasi yang disederhanakan (*Simplified Evacuation Analysis*) dan Analisis evakuasi lanjutan (*Advanced Evacuation Analysis*).

2.2. Pengertian Pathfinder

Pathfinder adalah salah satu software simulasi jalur evakuasi yang berdasarkan agen dan gerakan simulator manusia. Software ini menyediakan antarmuka pengguna grafis untuk model simulasi serta visualisasi 2D dan 3D untuk analisis hasil.

3. Metodologi

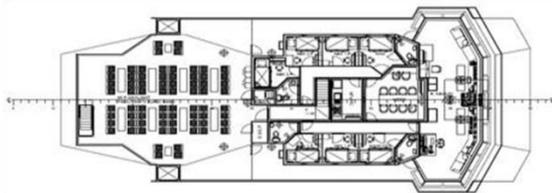
3.1. Data Penelitian

a. Data kapal Ferry Ro-Ro

- *Length Over All* = 46,80 m
- *Breadth Moulded* = 12,00 m
- *Depth Moulded* = 3,70 m
- *Draft Loaded* = 2,60 m
- *Speed* = 12,00 knot
- Penumpang *Daylight* pada geladak navigasi = 65 orang
- Penumpang Ekonomi Sofa pada geladak penumpang = 75 orang
- Penumpang Ekonomi pada geladak penumpang = 125 orang

b. General Arrangement

1. Geladak navigasi



Gambar 1. Geladak navigasi KMP. Takabonerate

2. Geladak penumpang



Gambar 2. Geladak penumpang KMP. Takabonerate

4. Hasil dan Pembahasan

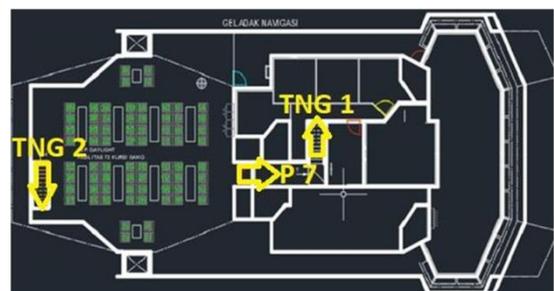
4.1. Skenario Kejadian Kecelakaan

Kejadian kecelakaan kapal diasumsikan terjadi dimana bagian depan (haluan) kapal dihantam oleh ombak dengan ketinggian berkisar antara 2-4 m, hantaman ini membuat konstruksi dinding bangunan atas bagian haluan rusak sehingga air laut masuk ke dalam ruang akomodasi penumpang.

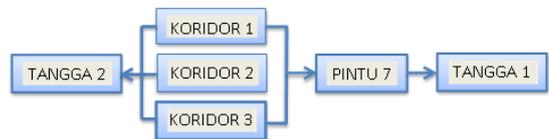
Air yang masuk tidak dapat dikeluarkan dengan segera dari ruang akomodasi dikarenakan ruang akomodasi tidak dilengkapi dengan sistem pengeringan/pengurasan. Masuknya air menyebabkan penambahan pada berat (displasemen) kapal di bagian haluan sehingga daya apung cadangan semakin berkurang dan selanjutnya secara perlahan kapal mulai tenggelam. Masuknya air laut ke dalam ruang akomodasi kapal juga menimbulkan efek permukaan bebas (free surface effect) sehingga kapal miring ke kiri.

4.2. Komposisi Penumpang

KMP. Takabonerate direncanakan berkapasitas sebanyak 265 penumpang, pada penempatan penumpang berada pada geladak navigasi atau penumpang daylight dan geladak penumpang.



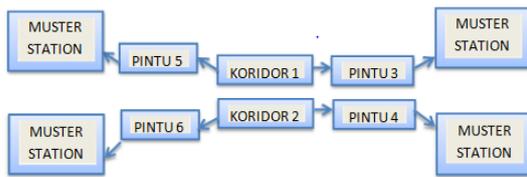
Gambar 3. Posisi duduk penumpang geladak navigasi atau daylight



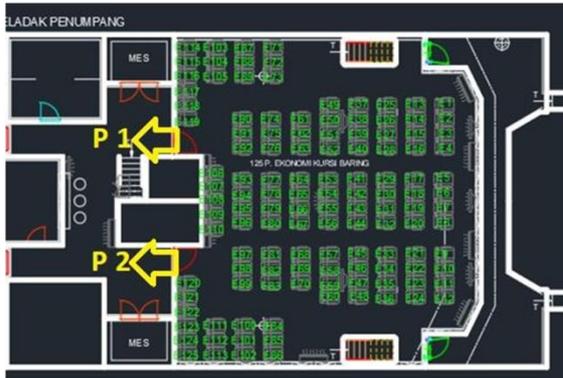
Gambar 4. Diagram alur penumpang geladak navigasi atau daylight



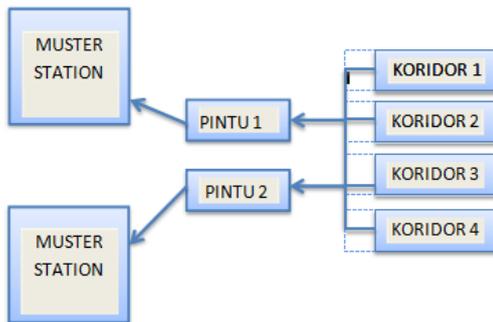
Gambar 5. Posisi duduk penumpang ekonomi sofa



Gambar 6. Diagram alir penumpang ekonomi sofa



Gambar 7. Posisi duduk penumpang ekonomi kursi baring



Gambar 8. Diagram alir penumpang ekonomi kursi baring

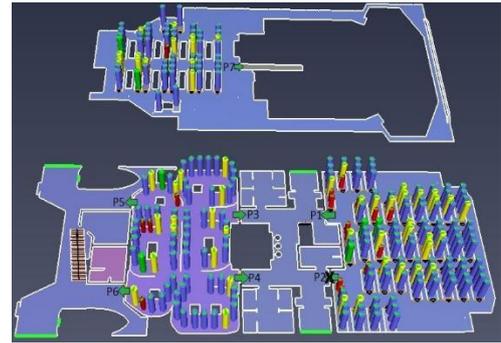
4.3. Pengembangan Skenario Kecelakaan

Dalam simulasi evakuasi kapal ferry pada geladak navigasi dan geladak penumpang, diasumsikan penumpang berada pada masing-masing tempat duduk dan semua penumpang berada pada posisi asal. Pengembangan selanjutnya terhadap kemungkinan pintu akses keluar dan masuk tidak dapat terbuka atau tidak dapat diakses.

Dalam pengembangan skenario ini dilakukan skenario buakan pintu untuk menganalisa waktu pergerakan penumpang apabila terdapat sebuah pintu yang tidak dapat diakses yang dapat mempengaruhi pergerakan penumpang.

Berikut pengembangan skenario :

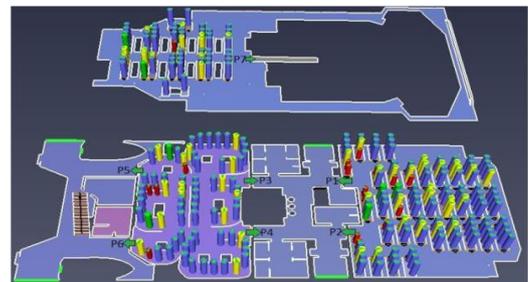
- A. Skenario 1: Semua pintu terbuka pada Gambar 9.



Gambar 9. Jalur pintu terbuka pada skenario 1

- B. Skenario 2a: salah satu pintu dari 7 pintu tidak dapat diakses yaitu pintu 1. Sehingga hanya 6 pintu yang dapat diakses oleh penumpang

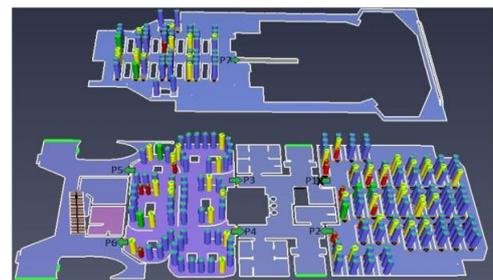
Skenario 2b : Pintu sebelah kiri depan (P1) tertutup, seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Jalur pintu terbuka dan tertutup pada skenario 2a

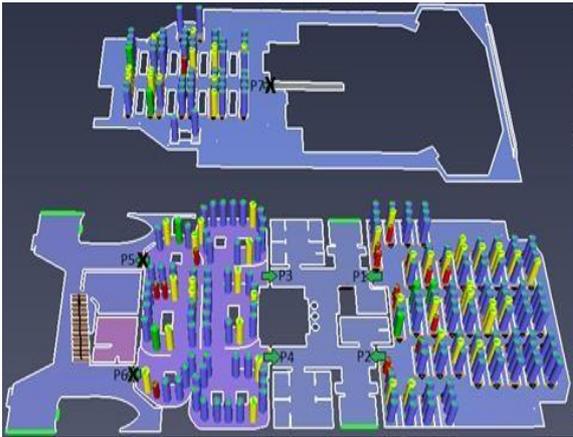
- C. Skenario 3 : Salah satu pintu dari 7 pintu tidak dapat diakses yaitu pintu 2. Sehingga hanya 6 pintu yang dapat diakses oleh penumpang.

Skenario 3 : Pintu sebelah kanan depan (P2) tertutup, seperti pada Gambar 11.



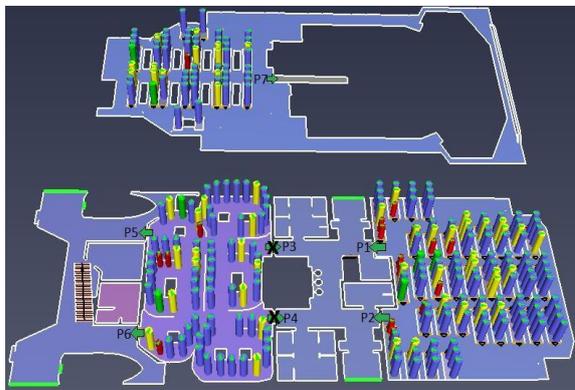
Gambar 11. Jalur pintu terbuka dan tertutup pada skenario 2b

- D. Skenario 4 : Terdapat 2 buah dari 7 pintu yang tidak dapat diakses, sehingga tersisa 5 pintu yang dapat diakses seperti pada Gambar 12.



Gambar 12. Jalur pintu terbuka dan tertutup pada skenario 3

- E. Skenario 5 : Terdapat 3 buah pintu yang tidak dapat diakses, sehingga hanya 4 pintu yang dapat diakses seperti pada Gambar 13.



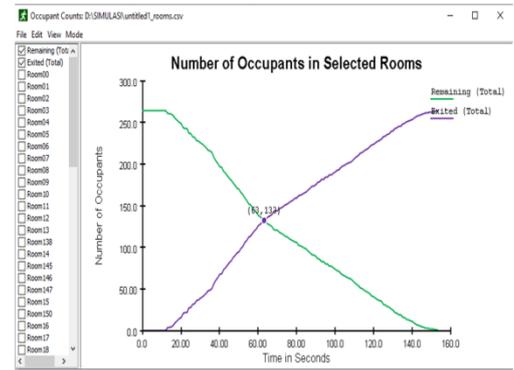
Gambar 13. Jalur pintu terbuka dan tertutup pada skenario 4

4.4. Simulasi Pergerakan Penumpang dan Parameter Evakuasi

a. Simulasi Pada Kapal Ferry Geladak Daylight dan Geladak Penumpang

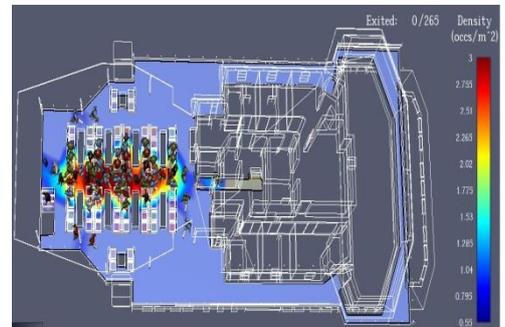
- A. *Time to exit* (waktu pergerakan meninggalkan kapal) adalah grafik yang menunjukkan waktu pergerakan penumpang dengan jumlah penumpang itu sendiri.

Dari Gambar 14 terlihat bahwa penumpang pertama yang meninggalkan ruangan terjadi pada detik ke 12.0. Titik pertemuan antara dua garis grafik menunjukkan bahwa penumpang yang telah meninggalkan kapal sudah mencapai setengah dari jumlah penumpang yaitu pada detik 67 dan setengah penumpang yang keluar adalah 133. Waktu yang dibutuhkan semua penumpang untuk keluar dari kapal adalah 162.92 detik.

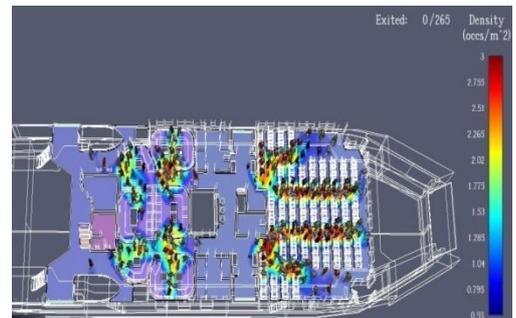


Gambar 14. Jumlah penumpang dan waktu yang dibutuhkan untuk meninggalkan ruangan

- B. *Density* (kepadatan) merupakan tempat orang-orang yang menempati suatu tempat tertentu atau daerah yang mengampai banyaknya penumpang yang berkumpul.



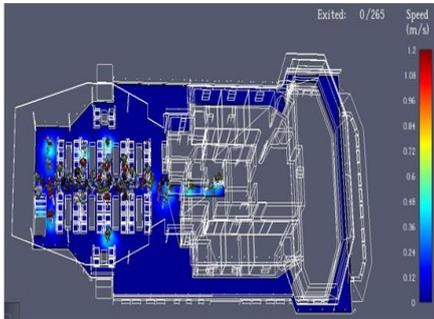
Gambar 15. Geladak penumpang daylight yang memperlihatkan kepadatan penumpang



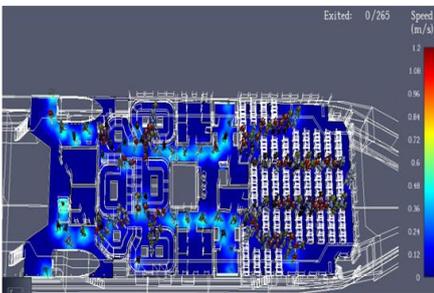
Gambar 16. Geladak penumpang ekonomi yang memperlihatkan kepadatan penumpang

Gradiant warna pada dua gambar diatas menunjukkan tingkat kepadatan penumpang yang sedang melakukan pergerakan dimana pada warna biru menunjukkan tingkat kepadatan penumpang terendah yakni 0.55 org/m² dan yang tertinggi terjadi pada setiap koridor maupun sekitar pintu keluar. Tingkat kepadatan penumpang berkisar antara 0.55 org/m² sampai dengan 3 org/m².

C. *Speed (kecepatan)* atau kecepatan merupakan pergerakan dari titik awal penumpang sampai ke titik akhir.



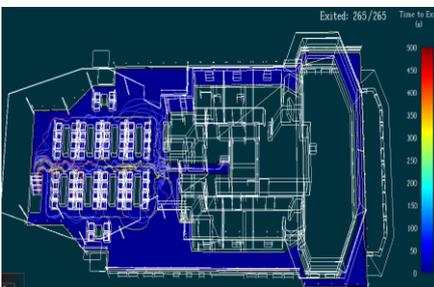
Gambar 17. Geladak penumpang daylight diatas memperlihatkan tingkat kecepatan pergerakan suatu penumpang



Gambar 18. Geladak Penumpang ekonomi diatas memperlihatkan tingkat kecepatan pergerakan suatu penumpang

Gradiant warna pada dua gambar diatas menunjukkan tingkat kecepatan penumpang yang sedang melakukan pergerakan dimana warna biru menunjukkan tingkat kecepatan terendah yakni 0 m/s. Tingkat kecepatan terendah terjadi pada setiap koridor kursi penumpang. Kecepatan penumpang berkisar antara 0 m/s sampai dengan 1.2 m/s.

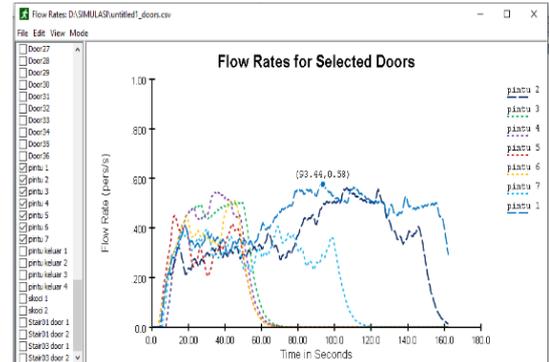
D. *Path* merupakan garis yang menunjukkan pergerakan penumpang ke pintu keluar.



Gambar 19. Geladak penumpang daylight memperlihatkan garis penumpang menuju pintu keluar

E. *Flowrate*

Flowrate merupakan kecepatan rata-rata pergerakan penumpang pada setiap pintu keluar.



Gambar 20. Flowrate pada masing-masing pintu

Pada gambar diatas terlihat bahwa jumlah penumpang yang keluar dari pintu 1 adalah 61 orang dengan rata-rata kecepatan 0.58 detik, penumpang yang keluar dari pintu 2 adalah 64 orang dengan rata-rata kecepatan 0.56 detik, penumpang yang keluar dari pintu 3 adalah 21 orang dengan rata-rata kecepatan 0.50 detik, penumpang yang keluar dari pintu 4 adalah 20 orang dengan rata-rata kecepatan 0.54 detik, penumpang yang keluar dari pintu 5 adalah 16 orang dengan rata-rata kecepatan 0.54 detik, penumpang yang keluar dari pintu 6 adalah 18 orang dengan rata-rata kecepatan 0.51 detik dan penumpang yang keluar dari pintu 7 adalah 31 orang dengan rata-rata kecepatan 0.41 detik.

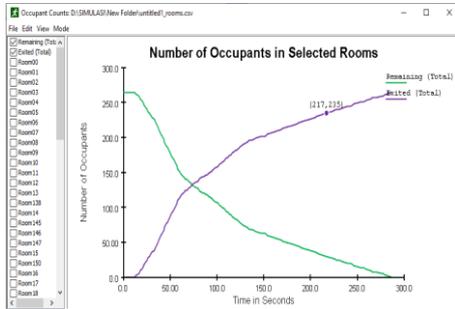
F. Resume Hasil Simulasi Dengan Scenario Semua Pintu Terbuka

Tabel 1. Resume parameter hasil simulasi sekenario simua pintu terbuka

Kapal ferry ro-ro		Distribusi penumpang pada setiap pintu keluar (person)						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
SKENARIO	Semua pintu terbuka	61	64	21	20	16	18	31
Durasi Pergerakan Penumpang (s)		Jarak Tempuh Perpindahan Penumpang (m)						
Min	Max	Min		Max				
12.2	162.9	1.4		12.4				

b. Simulasi Kapal Ferry dengan Skenario Pintu 1 Tertutup

A. Time to exit (waktu pergerakan meninggalkan kapal)



Gambar 21. Jumlah penumpang dan waktu yang dibutuhkan untuk meninggalkan ruangan

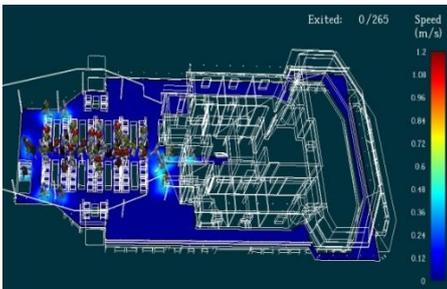
Dari Gambar 21 terlihat bahwa penumpang pertama yang meninggalkan ruangan terjadi pada detik ke 12.2. Titik pertemuan antara dua garis grafik menunjukkan bahwa penumpang yang telah meninggalkan kapal sudah mencapai setengah dari jumlah penumpang diatas kapal yaitu pada detik 75 dan setengah penumpang yang keluar adalah 133. Waktu yang dibutuhkan semua penumpang untuk keluar dari kapal adalah detik 282.52.

B. Density (kepadatan)



Gambar 22. Geladak penumpang daylight yang memperlihatkan kepadatan penumpang

C. Speed (kecepatan)

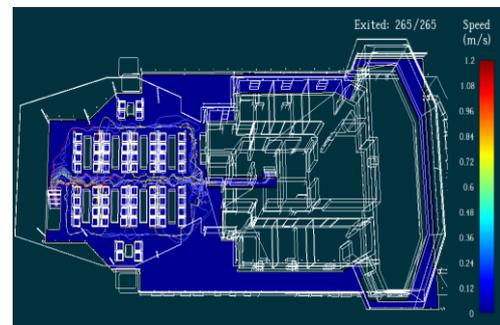


Gambar 24. Geladak penumpang daylight diatas memperlihatkan tingkat kecepatan pergerakan suatu penumpang



Gambar 25. Geladak penumpang ekonomi diatas memperlihatkan tingkat kecepatan pergerakan suatu penumpang

D. Path

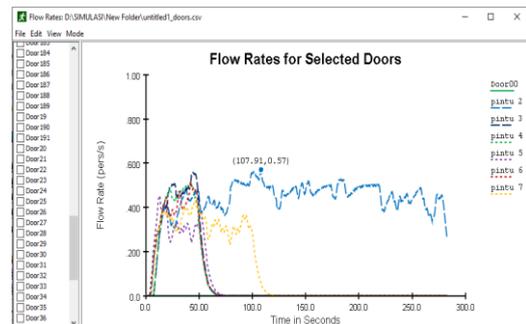


Gambar 26. Geladak penumpang ekonomi memperlihatkan garis penumpang menuju pintu keluar



Gambar 27. Geladak penumpang ekonomi memperlihatkan garis penumpang menuju pintu keluar

E. Flowrate



Gambar 28. Grafik flowrate pada masing-masing pintu

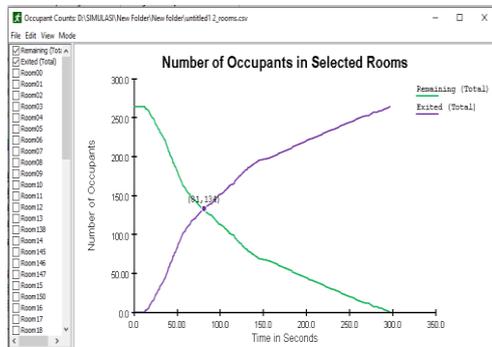
F. Resume Hasil Simulasi dengan skenario pintu 1 tertutup

Tabel 2. Resume Hasil Simulasi dengan skenario pintu 1 tertutup

Kapal ferry ro-ro	Distribusi penumpang pada setiap pintu keluar (person)						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
SKENARIO	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
2	Pintu1	125	21	20	16	18	31
	\tertutup	-					
	Durasi Pergerakan Penumpang (s)			Jarak TempuhPerpindahan Penumpang (m)			
	Min	Max		Min	Max		
	12.2	282.5		1.4	12.4		

c. Simulasi kapal ferry dengan skenario 3 pintu 2 tertutup

A. Time to Exit (waktu pergerakan meninggalkan kapal)



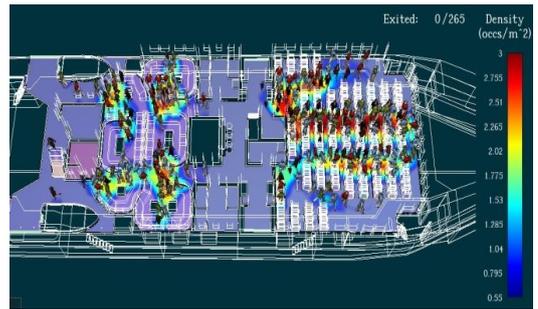
Gambar 29. Jumlah penumpang dan waktu yang dibutuhkan untuk meninggalkan ruangan

Dari gambar 29 terlihat bahwa penumpang pertama yang meninggalkan ruangan terjadi pada detik ke 12.2. Titik pertemuan antara dua garis grafik menunjukkan bahwa penumpang yang telah meninggalkan kapal sudah mencapai setengah dari jumlah penumpang diatas kapal yaitu pada detik 81 dan setengah penumpang yang keluar adalah 134. Waktuk yang dibutuhkan semua penumpang untuk keluar dari kapal adalah detik 296.22.

B. Density (kepadatan)

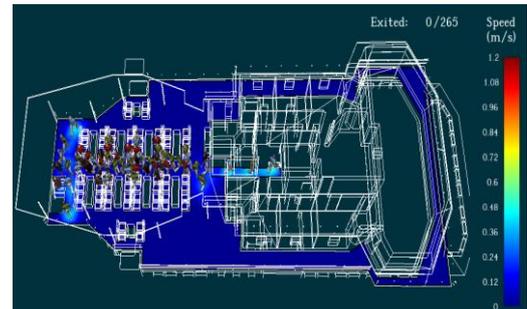


Gambar 30. Geladak penumang daylight yang memperlihatkan kepadatan penumpang



Gambar 31. Geladak penumpang ekonomi yang memperlihatkan kepadatan penumpang

C. Speed (kecepatan)

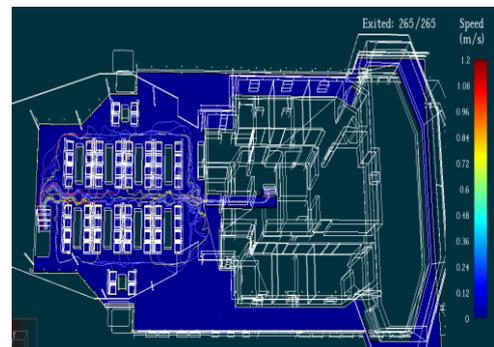


Gambar 32. Geladak penumpang daylight diatas memperlihatkan tingkat kecepatan pergerakan suatu penumpang



Gambar 33. Geladak penumpang daylight diatas memperlihatkan tingkat kecepatan pergerakan suatu penumpang

D. Path

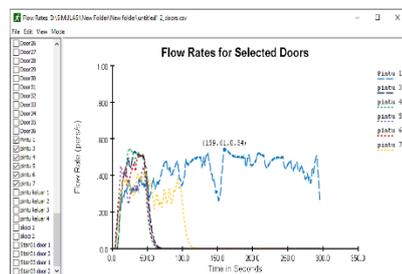


Gambar 34. Geladak penumpang daylight memperlihatkan garis penumpang menuju pintu keluar



Gambar 35. Geladak penumpang ekonomi memperlihatkan garis penumpang menuju pintu keluar

E. Flowrate



Gambar 36. Flowrate pada masing-masing pintu

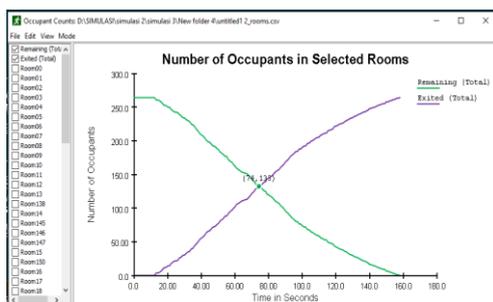
F. Resume Hasil Simulasi Dengan Skenario Pintu 2 Tertutup

Tabel 3. Resume hasil simulasi dengan skenario pintu 2 tertutup

Kapal ferry ro-ro	Distribusi penumpang pada setiap pintu keluar (person)							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	
3 Pintu 2 \tertutup	125	-	21	20	16	18	31	
Durasi Pergerakan Penumpang (s)	Durasi Pergerakan Penumpang (s)		Jarak Tempuh Perpindahan Penumpang (m)					
	Min	Max	Min	Max			Max	
	12.2	296.2	1.4	12.4				

d. Simulasi Kapal Ferry dengan Skenario 4 Pintu 3 dan 4 Tertutup

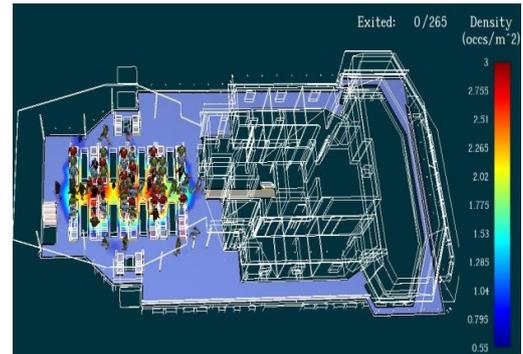
A. Time to exit (waktu pergerakan meninggalkan kapal)



Gambar 37. Grafik jumlah penumpang dan waktu yang dibutuhkan untuk meninggalkan ruangan

Dari Gambar 37 terlihat bahwa penumpang pertama yang meninggalkan ruangan terjadi pada detik ke 12.2. Titik pertemuan antara dua garis grafik menunjukkan bahwa penumpang yang telah meninggalkan kapal sudah mencapai setengah dari jumlah penumpang diatas kapal yaitu pada detik 73 dan setengah penumpang yang keluar adalah 133. Waktu yang dibutuhkan semua penumpang untuk keluar dari kapal adalah detik 165.55.

B. Density (kepadatan)

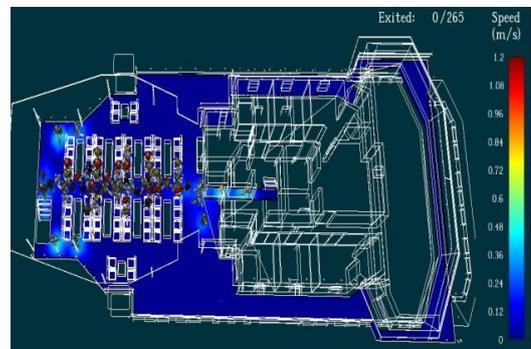


Gambar 38. Geladak penumpang daylight yang memperlihatkan kepadatan penumpang



Gambar 39. Geladak penumpang ekonomi yang memperlihatkan kepadatan penumpang

C. Speed (kecepatan)

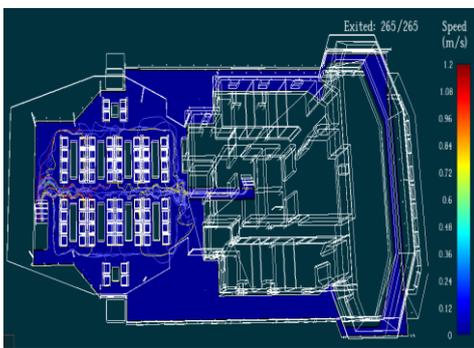


Gambar 40. Geladak penumpang daylight diatas memperlihatkan tingkat kecepatan pergerakan suatu penumpang



Gambar 41. Geladak penumpang ekonomi di atas memperlihatkan tingkat kecepatan pergerakan suatu penumpang

D. Path

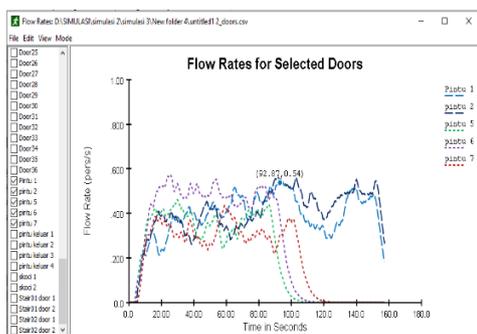


Gambar 42. Geladak penumpang daylight memperlihatkan garis penumpang menuju pintu keluar



Gambar 43. Geladak penumpang ekonomi memperlihatkan garis penumpang menuju pintu keluar

E. Flowrate



Gambar 44. Flowrate pada masing-masing pintu

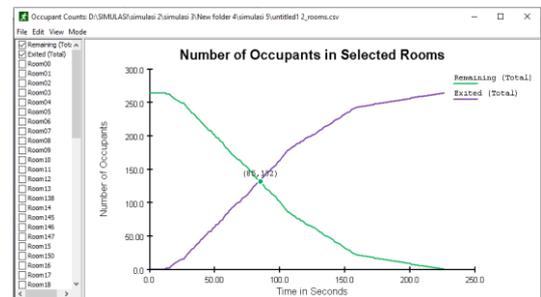
F. Resume Hasil Simulasi Skenario 4 Dengan Pintu 3 Dan 4 Tertutup

Tabel 4. Resume hasil simulasi skenario 4 dengan pintu 3 dan 4 tertutup

SKENARIO	Kapal ferry ro-ro	Distribusi penumpang pada setiap pintu keluar (person)						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
4	Pintu 3&4 tertutup	61	64	-	-	32	43	31
		Durasi Pergerakan Penumpang (s)			Jarak Tempuh Perpindahan Penumpang (m)			
		Min	Max	Min	Max			
		12.2	165.5	1.4	7.4			

e. Simulasi Kapal Ferry Skenario 5 Dengan 5, 6, Dan 7 Tertutup

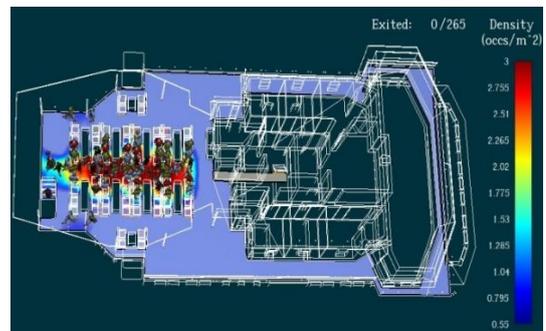
A. Time to exit (waktu pergerakan meninggalkan kapal)



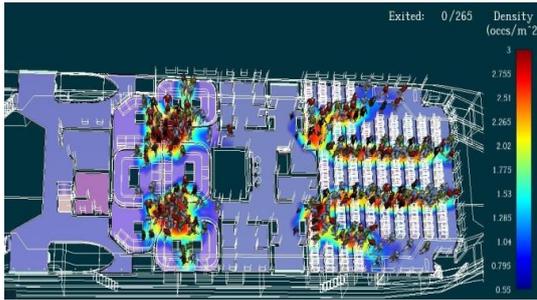
Gambar 45. Grafik Jumlah Penumpang Dan Waktu Yang Dibutuhkan Untuk Meninggalkan Ruangan

Dari Gambar 45 terlihat bahwa penumpang pertama yang meninggalkan ruangan terjadi pada detik ke 12.2. Titik pertemuan antara dua garis grafik menunjukkan bahwa penumpang yang telah meninggalkan kapal sudah mencapai setengah dari jumlah penumpang di atas kapal yaitu pada detik 85 dan setengah penumpang yang keluar adalah 132. Waktu yang dibutuhkan semua penumpang untuk keluar adalah detik 225.8.

B. Density (kepadatan)



Gambar 46. Geladak penumpang daylight yang memperlihatkan kepadatan penumpang

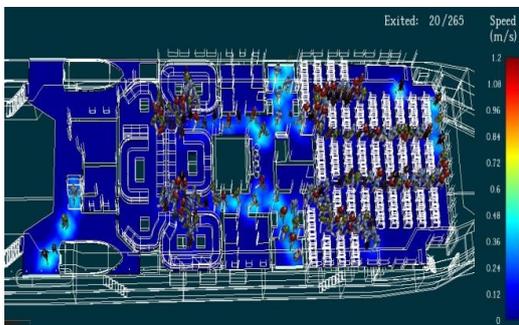


Gambar 47. Geladak penumpang ekonomi yang memperlihatkan kepadatan penumpang

C. Speed (kecepatan)



Gambar 48. Geladak penumpang daylight diatas memperlihatkan tingkat kecepatan pergerakan suatu penumpang

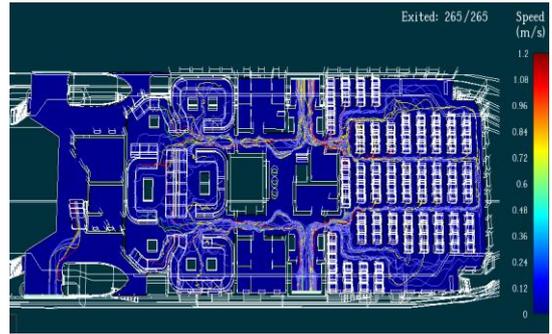


Gambar 49. Geladak penumpang ekonomi diatas memperlihatkan tingkat kecepatan pergerakan suatu penumpang

D. Path

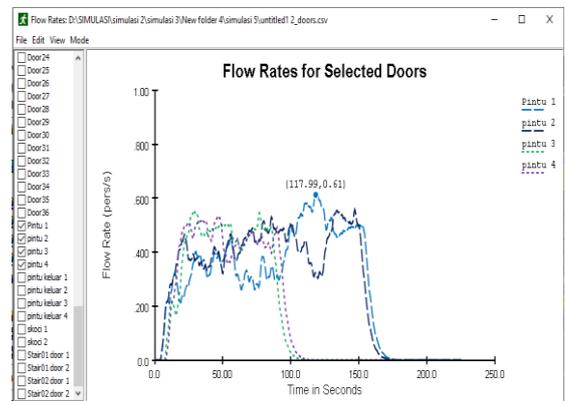


Gambar 50. Geladak penumpang daylight memperlihatkan garis penumpang menuju pintu keluar



Gambar 51. Geladak penumpang ekonomi memperlihatkan garis penumpang menuju pintu keluar

E. Flowrate



Gambar 52. Flowrate pada masing-masing pintu

F. Resume hasil simulasi skenario pintu 5, 6, dan 7 tertutup

Tabel 5. Resume hasil simulasi skenario pintu 5,6, dan 7 tertutup

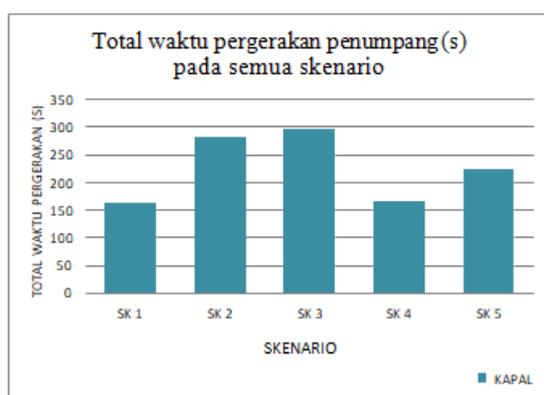
Kapal ferry ro-ro	Distribusi penumpang pada setiap pintu keluar (person)							
	SKENARIO	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Skenario 5 \tertutup	Pintu 5,6 & 7	61	64	37	38	-	-	-
Durasi Pergerakan Penumpang (s)		Jarak Tempuh Perpindahan Penumpang (m)						
Min		Max		Min		Max		
12.3		225.8		1.4		7.4		

4.5. Total waktu pergerakan penumpang

Tabel 6 menunjukkan total waktu pergerakan penumpang pada semua skenario bukaan pintu. Durasi pergerakan penumpang berbeda-beda pada setiap skenario bukaan pintu. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan tata letak kursi penumpang ataupun komposisi usia dan jenis kelamin penumpang yang berbeda-beda.

Tabel 6. Total waktu pergerakan penumpang (S) pada semua skenario

Skenario	Pintu Tertutup	Total Waktu Pergerakan (Detik)
Semua pintu terbuka	-	162.92
Satu pintu tertutup	P1	282.52
Satu pintu tertutup	P2	296.22
Dua pintu tertutup	P3&P4	165.55
Tiga pintu tertutup	P5, P6&P7	225.8



Gambar 53. Total waktu pergerakan penumpang pada semua skenario

4.6. Pergerakan Penumpang Melewati Pintu

Tabel 7. Jumlah penumpang yang melewati setiap pintu

Kapal ferry ro-ro	SKENARIO	Jumlah Orang Melewati Tiap Pintu						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Semua Pintu Terbuka		61	64	21	20	16	18	31
Skenario 1	Pintu 1 Tertutup	-	125	21	20	16	18	31
Skenario 2	Pintu 2 Tertutup	125	-	21	20	16	18	31
Skenario 3	Pintu 3&4 Tertutup	61	64	-	-	32	43	31
Skenario 4	Pintu 5, 6 & 7 Tertutup	61	64	38	37	-	-	-

4.7. Perhitungan Total Waktu (Durasi) Evakuasi

Sesuai dengan standar regulasi IMO, ditetapkan bahwa durasi proses evakuasi penumpang tidak boleh melampaui batas maksimal yang telah ditetapkan jika terjadi keadaan darurat. Dalam penentuan durasi evakuasi tidak lepas dari sejumlah asumsi di antaranya: i) kecepatan berjalan, ii) arah pergerakan, iii) pergerakan penumpang diasumsikan tanpa rintangan, iv) pengaruh pergerakan kapal, umur penumpang,

serta keterbatasan ruang gerak asap, kesemuanya diperhitungkan melalui *safety factor*.

Maka total waktu evakuasi:

$$TWE = 1.25(A + T) + 2/3(E+L) \quad (1)$$

Tabel 8. Total waktu evakuasi

Skenario	Pintu Tertutup	Waktu kejadian	
		Siang	Malam
Skenario 1	Semua pintu terbuka	29	36
Skenario 2	Pintu 1 tertutup	32	38
Skenario 3	Pintu 2 tertutup	32.41	38.66
Skenario 4	Pintu 3 & 4 tertutup	29,68	35.93
Skenario 5	Pintu 5, 6 & 7 tertutup	31	37

5. Kesimpulan

- Total waktu evakuasi yang tercepat terjadi pada skenario 1 (semua pintu terbuka) dengan 29 menit pada siang hari 36 menit pada malam hari, waktu evakuasi tercepat kedua pada skenario 4 (pintu tiga dan empat tertutup) dengan 29.66 menit pada siang hari 35,77 menit pada malam hari, waktu evakuasi tercepat ketiga (pintu lima, enam dan tujuh tertutup) dengan 31 menit pada siang hari 37 menit pada malam hari, waktu evakuasi tercepat keempat pada skenario 2 (pintu satu tertutup) dengan 32 menit pada siang hari 38 menit pada malam hari, dan waktu evakuasi tercepat terakhir pada skenario 3 (pintu dua tertutup) dengan 32,41 menit pada siang hari 38,66 menit pada malam hari.
- Model jalur evakuasi yang optimal pada kapal ferry ro-ro alur penyebrangan di bira pematata yaitu dimana semua pintu pada kapal ferry-ro-ro dapat terbuka dengan baik (tidak mengalami kerusakan) dan alur evakuasi penumpang sesuai dengan yang digambarkan.

Referensi

- [1] International Maritime Organization, 1999, *Interim Guidelines for a simplified evacuation analysis on ro-ro passenger ships*, MSC/Circ.909.
- [2] International Maritime Organization. 2002. *Interim Guidelines for Evacuation Analyses for New and Existing Passenger Ships*. MSC/Circ. 1033. London.
- [3] International Marine Organization 2007, "Guidelines for Evacuation Analysis for New and Existing Passenger Ships, MSC.1/Circ.1238", London
- [4] Pathfinder Thunderhead Engineering 2019, "Pathfinder Verification and Validation", Manhattan, USA.