

MODEL MATEMATIKA PERILAKU MANUSIA SAAT TERJADINYA BENCANA

Hana Fadhila^{#1}, Muhammad Subhan^{*2}

[#]*Student of Mathematics Department Universitas Negeri Padang, Indonesia*

^{*}*Lecturer of Mathematics Department Universitas Negeri Padang, Indonesia*

¹hanafadhila20@gmail.com

²13subhan@fmipa.unp.ac.id

Abstract — Catastrophe are events that cannot be predicted accurately and have a devastating effect both psychologically and non-psychologically on humans, if there is not enough preparation. Anticipation is a crisis point for the population and operational services in charge during a crisis situation, because it helps ensure the safety of the population and keep the situation under control. This research is related to modelling temporal dynamics of human behaviour during catastrophic event. Several complex models with different scales can be found in order to model crowd dynamics. Thus, in this research included mathematicians, geographers and computer scientist taking into account the human reaction in situation of disaster psychologically and learn their propagation mode. By using SIR based model, which is three types of collective behavior occur during the catastrophe: reflex, panic and controlled. The interaction among these classes of population by emotional contagion and imitation, some simulations will show the relevance of the model.

Keywords — Mathematical Model, Human Behavior, Catastrophe, Panic.

Abstrak — Bencana merupakan kejadian yang tidak dapat diprediksi dengan tepat dan memberikan dampak yang buruk baik secara psikologis maupun non-psikologis manusia jika tidak adanya persiapan yang cukup apapun penyebabnya. Antisipasi yang dilakukan merupakan poin penting bagi masyarakat dan pihak berwenang yang bertugas pada saat situasi krisis, karena membantu memastikan keselamatan populasi dan menjaga situasi agar tetap terkendali. Penelitian ini berkaitan dengan pemodelan dinamika temporal dari perilaku manusia saat terjadinya bencana. Beberapa model kompleks dengan skala yang berbeda, dapat ditemukan untuk memodelkan dinamika keramaian. Dengan menggunakan ilmu komputasi yang baik. Sehingga penelitian ini memerlukan ahli matematika, ahli geografi dan ahli komputer sains yang memperhitungkan reaksi psikologis manusia saat bencana terjadi dan model penyebarannya. Dengan menggunakan metode dasar SIR, dimana tiga jenis perilaku kolektif yang terjadi pada saat situasi bencana yaitu: reflex, panik dan terkontrol. Interaksi mereka dapat terjadi melalui penularan emosional dan meniru, beberapa simulasi akan menunjukkan relevansi model.

Kata kunci — Model Matematika, Perilaku Manusia, Bencana, Panik.

PENDAHULUAN

Bencana yang muncul silih berganti dengan beragam jenis bencana yang tidak pernah putus dari waktu ke waktu merupakan suatu malapetaka yang tidak dapat dihindari dan tidak dapat diprediksi dengan tepat. Bencana merupakan suatu kejadian yang disebabkan oleh alam atau manusia yang terjadi secara tiba-tiba atau progresif, yang menimbulkan dampak yang sangat dahsyat. Sehingga manusia yang terpengaruh akan merespon dengan luar biasa [1].

Mitigasi bencana yang diperkenalkan bertujuan untuk mengatasi ancaman, mengurangi kerentanan dan mengembangkan kemampuan populasi untuk dapat bertahan pada situasi tertentu. Hal ini juga menyangkut

tentang meningkatkan kesadaran publik dan mempersiapkan penduduk untuk menghadapi risiko yang mungkin mereka hadapi, sehingga mereka dapat menyesuaikan perilaku mereka pada situasi krisis. Namun di Indonesia tidak sedikit masyarakat yang masih menjadi korban bencana, akibat kurangnya persiapan terhadap bencana.

Bencana yang terjadi secara tiba-tiba tanpa adanya peringatan dan tidak dapat dihindari menyebabkan masyarakat cenderung bereaksi tidak terkontrol. Reaksi setiap individu juga berbeda-beda, reaksi individu yang berada di daerah yang terdampak bencana akan berbeda reaksinya dengan individu yang berada bukan di daerah yang terdampak bencana. Terdapat banyak jenis perilaku manusia, tetapi tujuan penelitian ini untuk memodelkan

perilaku kolektif pada keramaian ketika terjadinya bencana.

Perilaku kolektif memiliki ciri umum yakni melibatkan sejumlah orang dengan melakukan tindakan yang sama pada saat yang bersamaan. Perilaku tersebut bersifat sementara, tidak dalam kondisi seimbang atau stabil. Terdapat semacam ketergantungan tertentu antara tindakan-tindakan serta individu tidak dapat bertindak secara bebas [2].

Perilaku individu saat mengalami bencana sangat bervariasi. Hal ini dipengaruhi oleh persepsi individu terhadap kejadian, mekanisme coping yang digunakan dan sistem pendukung yang dimiliki. Reaksi individu pada (24 jam pertama) setelah bencana dapat berupa tegang, cemas, panik, terpacu, linglung, syok, tidak percaya, gembira atau euphoria, tidak terlalu merasa bersalah. Reaksi ini masih tergolong reaksi normal terhadap situasi yang tidak biasa (abnormal) [3].

Perilaku kolektif manusia dalam situasi bencana dibagi menjadi tiga yaitu refleks, panik dan terkontrol. Perilaku panik memiliki sifat khusus, walaupun tidak selalu diadopsikan tetapi perilaku ini paling ditakuti. Karena mekanismenya yang sulit untuk dihentikan jika sudah dimulai dan dapat memprovokasi pada situasi yang berbahaya ditengah-tengah kerumunan. Kepanikan kolektif ini dapat menyebar melalui penularan emosional dan juga meniru.

Penelitian ini meneliti perilaku manusia di daerah yang berdampak dari sebuah bencana alam, dengan sebuah dinamika yang cepat dan tidak adanya persiapan pada populasi, yang bertujuan untuk melihat proses penularan sikap meniru dan penularan emosional serta menguji efek-efek perubahan suatu perilaku. Permasalahan tersebut dapat dimodelkan ke dalam bentuk matematika, sehingga dapat memberikan pemahaman yang lebih efektif terhadap perilaku manusia saat bencana.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian dasar. Metode yang digunakan yaitu metode deskriptif. Langkah-langkah yang akan dilakukan didalam penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi masalah sesungguhnya yang dibahas didalam penelitian yaitu tentang masalah perilaku manusia saat terjadinya bencana.
2. Mengumpulkan teori-teori dan mengkajinya yang sesuai dengan masalah perilaku manusia saat terjadinya bencana.
3. Menentukan variabel, parameter serta asumsi yang berkaitan dengan masalah dan dapat digunakan untuk membentuk dan menganalisis model matematika perilaku manusia saat terjadinya bencana.
4. Membentuk model matematika perilaku manusia saat terjadinya bencana.
5. Melakukan analisis model matematika perilaku manusia saat terjadinya bencana

6. Menentukan interpretasi dari hasil analisis model matematika perilaku manusia saat terjadinya bencana yang sudah didapat.
7. Menyimpulkan secara keseluruhan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Model Matematika Perilaku Manusia Saat Terjadinya Bencana

Model matematika perilaku manusia saat terjadinya bencana dibentuk dengan lima variabel yaitu:

- S_1 : Kelompok individu yang berperilaku normal tepat sebelum bencana dan rentan terhadap perilaku panik (orang).
 R : Kelompok individu yang berperilaku refleks pada saat bencana (orang).
 P : Kelompok individu yang berperilaku panik pada saat bencana (orang).
 C : Kelompok individu yang berperilaku terkontrol tepat pada saat setelah bencana (orang).
 S_2 : Kelompok individu yang kembali berperilaku normal tepat setelah bencana (orang).

Parameter yang digunakan yaitu:

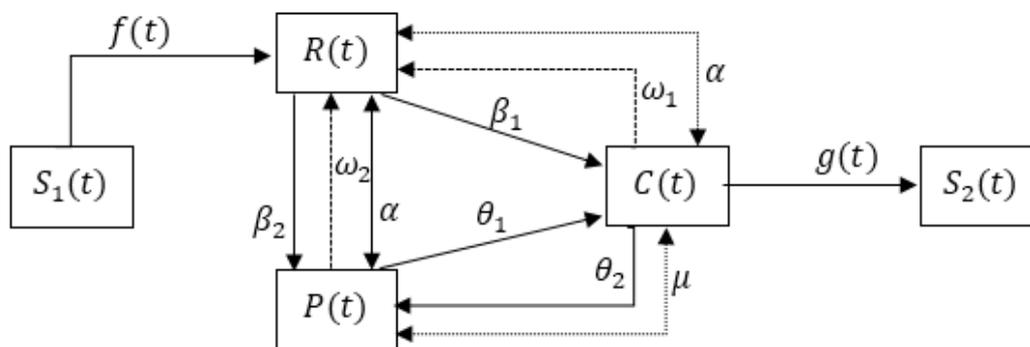
- β_1 : Tingkat perubahan perilaku dari refleks ke terkontrol (Per menit).
 β_2 : Tingkat perubahan perilaku dari refleks ke panik (Per menit).
 θ_1 : Tingkat perubahan perilaku dari panik ke terkontrol (Per menit).
 θ_2 : Tingkat perubahan perilaku dari terkontrol ke panik (Per menit).
 α_1, α_2 : Tingkat meniru antara perilaku refleks dan terkontrol (Per menit).
 δ_1, δ_2 : Tingkat meniru antara perilaku refleks dan panik (Per menit).
 μ_1, μ_2 : Tingkat meniru antara perilaku panik dan terkontrol (Per menit).
 ω_1, ω_2 : Tingkat efek domino atau persepsi tingkat bencana (Per menit).
 $x(t)$: Fungsi gaya yang menampilkan tipe bencana.
 $y(t)$: Tingkat kembali ke perilaku normal.

Kemudian setelah variabel dan parameter ditentukan, langkah selanjutnya menentukan asumsi yang akan digunakan dalam membentuk model matematika perilaku manusia saat terjadinya bencana. Sesuai dengan permasalahan, asumsi-asumsi yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Kasus bencana-bencana besar (seperti: tsunami, gunung meletus, bom nuklir, kegagalan teknologi dll).
2. Pengalaman manusia terhadap bencana sebelumnya diabaikan.
3. Tidak adanya peringatan sebelum bencana, terjadi secara tiba-tiba dan dinamika yang cepat serta berlaku pada manusia di zona yang berdampak pada bencana.
4. Kasus ini hanya berlaku dalam jangka waktu yang pendek (seperti hitungan menit, jam).

5. Populasi tertutup, artinya tidak ada individu yang melakukan imigrasi dan emigrasi.
6. Penalaran sikap terjadi melalui interaksi langsung dengan individu yang bersikap panik.
7. Individu dari perilaku normal akan berubah ke perilaku refleks terlebih dahulu pada saat terjadinya bencana lalu diikuti dengan perilaku yang terkontrol atau panik.
8. Tidak ada individu yang akan masuk ke dalam kelompok individu normal, karena peristiwa bencana yang terjadi dengan dinamika yang cepat dan kurang dalam waktu 1 hari. Sehingga tidak adanya penambahan individu yang berperilaku normal dan rentan terhadap perilaku panik.
9. Individu yang rentan terhadap pengaruh perilaku panik akan masuk ke dalam kelompok individu yang terpengaruh perilaku panik karena individu berinteraksi dengan individu yang berperilaku panik.
10. Individu yang sudah berperilaku normal tepat setelah bencana tidak bisa kembali ke perilaku normal tepat sebelum bencana dan tidak dapat kembali ke siklus awal.
11. Persentase populasi yang dimodulasi sesuai dengan berbagai parameter model, mempertimbangkan:
 - i. $R(t) = 50\%$ sampai 75% dari populasi
 - ii. $P(t) = 12\%$ sampai 25% dari populasi
 - iii. $C(t) = 12\%$ sampai 25% dari populasi

Berdasarkan asumsi-asumsi yang ada, dapat dibentuk diagram perilaku manusia saat terjadinya bencana, seperti pada Gambar. 1



Gambar 1. Diagram Perilaku Manusia Saat Terjadinya Bencana

Berdasarkan Gambar. 1 dapat dibentuk model matematika sebagai berikut:

$$\frac{dS_1}{dt} = -f(t)S_1(t) \left(1 - \frac{R}{R_m}\right) \quad (1)$$

$$\frac{dR}{dt} = f(t)S_1(t) \left(1 - \frac{R}{R_m}\right) - (\beta_1 + \beta_2)R(t) + x(R, C)R(t)C(t) + y(R, P)R(t)P(t) + \omega_1 C(t) + \omega_2 P(t) \quad (2)$$

$$\frac{dC}{dt} = \beta_1 R(t) - x(R, C)RC + \theta_1 P - \omega_1 C - \theta_2 C + z(C, P)C(t)P(t) \quad (3)$$

$$\frac{dP}{dt} = \beta_2 R(t) - \omega_2 P(t) - y(R, P)R(t)P(t) - \theta_1 P(t) + \theta_2 C(t) - z(C, P)C(t)P(t) \quad (4)$$

$$\frac{dS_2}{dt} = g(t)C(t)(1 - S_2) \quad (5)$$

B. Analisis Model Matematika Perilaku Manusia Saat Terjadinya Bencana.

Didalam model yang dibentuk terdapat $f(R, C)$ yang memperhitungkan kejadian meniru dapat berada di kedua arah yaitu perilaku refleks dan terkontrol. Dalam hal dominan individu dengan perilaku refleks akan memiliki transisi dari perilaku terkontrol ke perilaku refleks, transisi ini tidak dalam proporsi yang sama. Begitu juga dengan $g(R, P)$ antara perilaku refleks dan panik serta $h(C, P)$ antara perilaku terkontrol dan panik.

1. Kestabilan Model

Pada penelitian data yang diperlukan untuk mengkalibrasi model sangatlah sedikit. Namun, suatu hal dominan dapat mengenalkan dua kelompok data kuantitatif.

- i. Persentase populasi yang menganut jenis perilaku tertentu.

Berbagai jenis perilaku manusia telah dijelaskan sebelumnya yang terlihat pada proporsi variabel yang bervariasi, dalam fungsi peristiwa bencana yang dipertimbangkan, bencana yang tiba-tiba, pemahaman individu dalam memahami bahaya dan pengetahuan tentang lingkungan. Dalam sebagian besar bencana, "15% individu menunjukkan reaksi patologis yang jelas, 15% tetap tenang dan 70% memperlihatkan perilaku yang tampaknya tenang tetapi pada kenyataannya menjawab sampai pada tingkat tertentu siderasi emosional dan kehilangan inisiatif yang melapor ke register patologis" [4]. Persentase ini dapat dimodulasi sesuai dengan parameter yang berbeda, yang membuat kita mempertimbangkan:

- 1) 50 sampai 75% dari populasi bersifat refleks pada saat kejadian bencana;
- 2) 12 sampai 25% dari populasi bersifat terkontrol pada saat kejadian bencana;
- 3) 12 sampai 25% dari populasi bersifat panik pada saat kejadian bencana.

Sejauh ini belum ada data yang tersedia untuk mengukur mekanisme transisi dari satu kondisi ke kondisi lainnya.

ii. Durasi Perilaku

Perbedaan reaksi tersebut memiliki durasi yang berbeda juga [5].

- a. $R(t)$, durasi dari perilaku refleks bervariasi, mulai dari hitungan menit hingga jam. Sebagian besar, waktunya tidak melebihi 15 menit. Tetapi bisa menjadi lebih lama jika adanya penundaan evakuasi di daerah bencana.
- b. $P(t)$, durasi dari perilaku panik bervariasi, mulai dari hitungan menit hingga jam. Sebagian besar, waktunya tidak melebihi 15 menit dan selesai dengan cara spontan.
- c. Durasi perilaku tidak terkontrol (refleks dan panik) $R(t) + P(t)$ tidak bertahan lebih dari 1 jam 30 menit. Pada model ini, seseorang tidak dapat bertahan dalam 1 jam dalam perilaku refleks dan satu jam lagi dalam keadaan panik.
- d. $C(t)$, durasi dari perilaku terkontrol, mulai dari hitungan menit hingga jam tergantung dengan intervensi individu.

2. Fungsi yang Digunakan dalam Model.

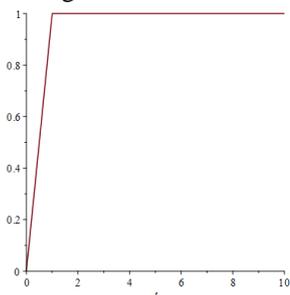
Di dalam subbagian berikut, fungsi yang terlibat dalam model yang ditentukan sebagai berikut:

a) Fungsi f, g

Bentuk dari fungsi f dan g , didefinisikan sebagai berikut:

$$f = \min(t, 1) \tag{6}$$

Fungsi ini menyatakan sebuah bencana yang terjadi secara tiba-tiba, sehingga peristiwa bencana akan diberitahukan kepada N populasi dengan cepat dalam 1 menit. Pada menit berikutnya situasinya sudah stabil. Sehingga bentuk kurvanya dapat digambarkan sebagai berikut:

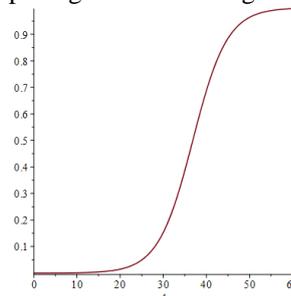


Gambar2. Fungsi f

$$g = \frac{1}{1 + \left(\frac{10^{-4}-1}{10^{-4}}\right)e^{-0.25t}} \tag{7}$$

Fungsi ini menyatakan bahwa manusia tidak dapat kembali ke titik normal dengan cepat, artinya individu yang kembali ke perilaku kehidupan normal (pseudonormal *lifestyle*) setelah 5 menit dan butuh

waktu yang lebih lambat. Fungsi dapat dimodulasi sesuai dengan tipe bencana (tergantung apakah bencana diumumkan atau tidak). Sehingga bentuk kurvanya dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar3. Fungsi g

b) Fungsi x, y dan z

$$\begin{cases} x(R, C) = \alpha_1 x_1 \frac{C(t)}{R(t)+\epsilon} - \alpha_2 x_2 \frac{R(t)}{C(t)+\epsilon} \\ y(R, P) = \delta_1 y_1 \frac{P(t)}{R(t)+\epsilon} - \delta_2 y_2 \frac{R(t)}{P(t)+\epsilon} \\ z(C, P) = \mu_1 z_1 \frac{C(t)}{P(t)+\epsilon} - \mu_2 z_2 \frac{P(t)}{C(t)+\epsilon} \end{cases} \tag{8}$$

Fungsi $x(R, C)$ tergantung pada proporsi individu perilaku refleks dibandingkan dengan proporsi individu berperilaku terkontrol. Parameter ϵ menunjukkan awal proses interaksi antar perilaku, yang hanya terjadi pada sub-populasi tertentu R dan C . Pada saat pertemuan individu dengan perilaku refleks dengan individu pada perilaku terkontrol, yang mana dimodelkan pada RC , minimal 55% dari perilaku refleks sehingga 40% dari individu yang berperilaku terkontrol masuk ke dalam interaksi yang menganut perilaku refleks. Untuk fungsi meniru pada P dan C , dibentuk y sehingga meniru pada dasar yang sama dalam arti hal dari perilaku panik menuju perilaku terkontrol. Berlaku juga untuk fungsi meniru pada R dan C .

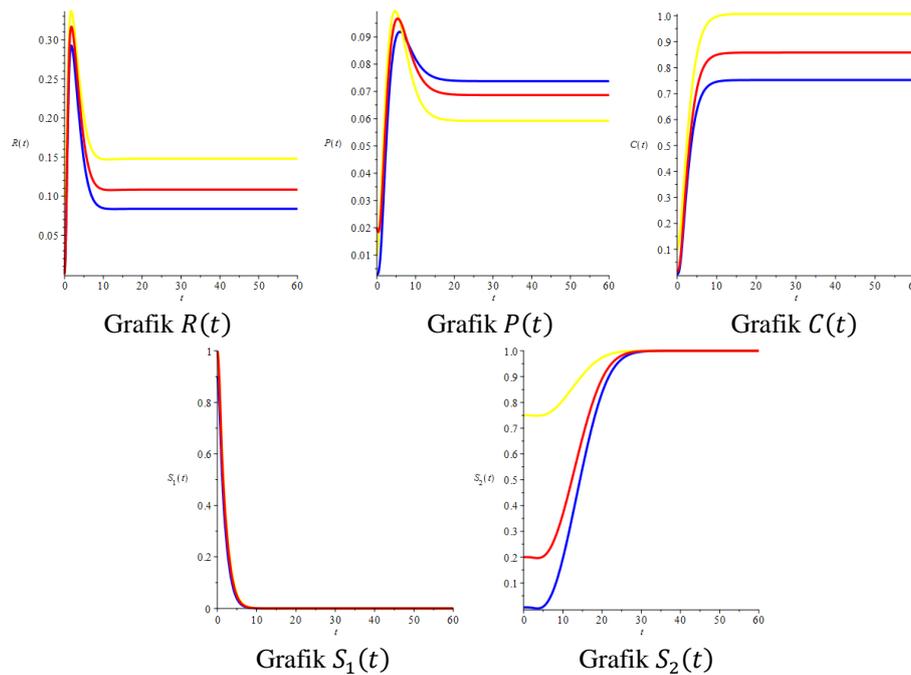
C. Simulasi Numerik Model Matematika Perilaku Manusia Saat Terjadinya Bencana.

Simulasi numerik model matematika perilaku manusia saat terjadinya bencana dilakukan menggunakan Maple 19 dengan kondisi awal yang dimisalkan serta parameter yang sudah ditentukan.

a) Skenario1: Gempa di Jepang

Di Jepang sudah menjadi budaya pada setiap individu untuk siap dalam menghadapi bencana. Sehingga populasi pada daerah yang berdampak bencana terbentuk untuk bereaksi cepat. Maka parameter yang akan digunakan pada simulasi disituasi ini adalah:

$$\begin{matrix} \beta_1 = 0,7 & \beta_2 = 0,1 & \theta_1 = 0,4 & \theta_2 = 0,1 \\ \alpha_1 = 0,2 & \alpha_2 = 0,01 & \delta_1 = 0,01 & \delta_2 = 0,01 \\ \mu_1 = 0,5 & \mu_2 = 0,1 & \omega_1 = 0,01 & \omega_2 = 0,01 \\ x_1 = 55\% & x_2 = 40\% & y_1 = 55\% & y_2 = 20\% \\ z_1 = 20\% & z_2 = 25\% & \epsilon = 0.005 & \end{matrix}$$



Gambar 4. Trayektori Perilaku Saat Gempa di Jepang

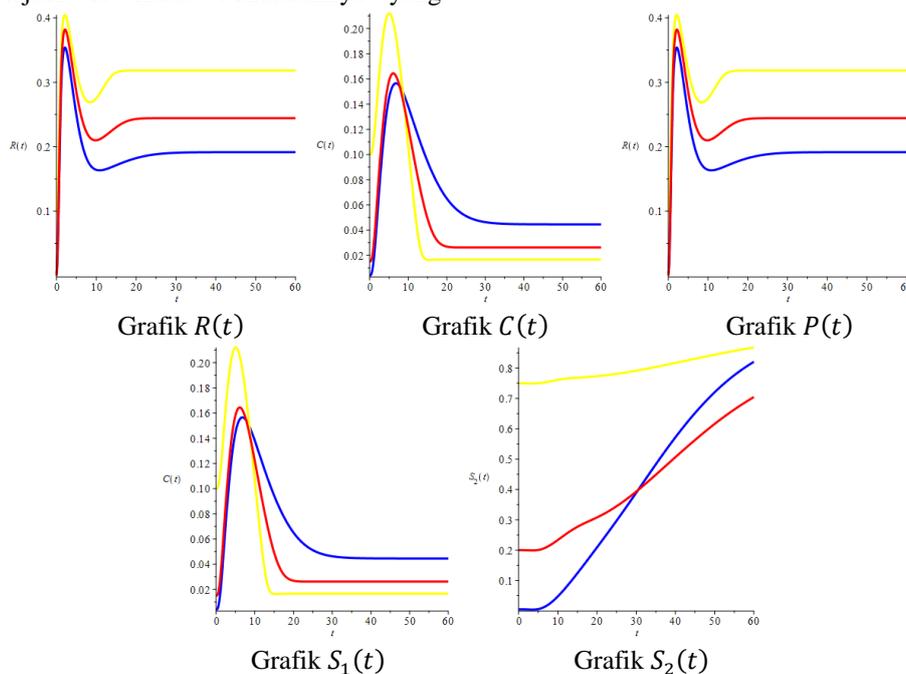
Gambar 4 menunjukkan bahwa perilaku yang dominan merupakan perilaku terkontrol yang sangat sesuai dengan observasi ahli geografi. Perhatikan populasi $S_2(t)$ yang meningkat hingga 1, disebabkan karena tidak adanya kematian yang terjadi.

b) Skenario 2: Sebuah bencana yang tidak terduga di Haiti pada populasi yang tidak memiliki persiapan.

Pada tahun 2010, sebuah bencana yang tidak terduga terjadi di Haiti. Penduduknya yang

berbeda dengan Jepang, tidak memiliki persiapan sebelum bencana. Maka parameter yang akan digunakan adalah:

$$\begin{array}{cccc}
 \beta_1 = 0,1 & \beta_2 = 0,4 & \theta_1 = 0,1 & \theta_2 = 0,1 \\
 \alpha_1 = 0,01 & \alpha_2 = 0,01 & \delta_1 = 0,4 & \delta_2 = 0,01 \\
 \mu_1 = 0,1 & \mu_2 = 0,8 & \omega_1 = 0,01 & \omega_2 = 0,01 \\
 x_1 = 50\% & x_2 = 40\% & y_1 = 50\% & y_2 = 20\% \\
 z_1 = 20\% & z_2 = 25\% & \epsilon = 0.005 &
 \end{array}$$



Gambar 5. Menunjukkan bahwa sifat panik yang mendominasi perilaku manusia saat terjadinya bencana.

Dan berdasarkan pada Gambar 5 terlihat bahwa sulit bagi populasi untuk kembali ke perilaku normal sehari-hari seperti sebelumnya.

D. Interpretasi Model Matematika Perilaku Manusia Saat Terjadinya Bencana

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan dapat dilihat dari pergerakan kurva di setiap variabelnya bahwa perilaku terkontrol mendominasi saat bencana dan dipengaruhi oleh perilaku lainnya pada populasi individu yang dapat mempersiapkan dirinya terhadap bencana. Berbeda dengan pergerakan kurva yang individunya tidak mempersiapkan diri terhadap bencana, perilaku panik mendominasi saat bencana dan dipengaruhi oleh perilaku lainnya. Jika kita mempersiapkan diri dengan baik maka perilaku yang dominan terjadi pada saat terjadinya bencana yaitu perilaku refleksi dan ketika kita tidak cukup siap dalam bencana maka perilaku yang dominan terjadi pada saat terjadinya bencana yaitu perilaku panik.

SIMPULAN

Pada saat terjadinya sebuah bencana, individu akan bereaksi yang luar biasa berbeda dari perilaku sehari-

harinya seperti kebocoran reaksi panik, mencari korban dibawah puing bangunan, melawan dampak banjir bandang dan lain-lain. Namun, pengamatan tersebut cukup untuk memberikan pemahaman dengan jelas semua perbedaan perilaku kolektif dan urutannya pada situasi tersebut.

Pembahasan dan simulasi numerik yang dilakukan diatas pada model matematika perilaku manusia saat terjadinya bencana maka diperoleh sistem persamaan diferensial nonlinier. Model ini memperhitungkan situasi yang terjadi dan menganalisa perilaku saat bencana. Semakin siap individu dalam menghadapi bencana, maka perilaku refleksi akan mendominasi populasinya.

REFERENSI

- [1] Kodoatie, Robert dan Roestam Sjarief. 2010. *Tata Ruang Air*. Yogyakarta: Andi.
- [2] Bimo, Walgito. 2003. *Pengantar Psikologi Umum*. Yogyakarta: ANDI.
- [3] Jarvis, Matt. 2000. *Teori-Teori Psikologi Pendekatan Modern untuk Memahami Perilaku, Perasaan dan Pikiran Manusia*. Bandung: Penerbit Nusa Media.
- [4] S.T. Boyd. 1981. Réactions psychologiques des victimes de catastrophes. *South african Medicine* Jal. N° 60. 744-748.
- [5] Vermeiren E. 2007. *Psychologie des Foules: éléments de Compréhension et de Prévention en Situation de Catastrophe Collective*. Urgence.