

# **PERENCANAAN TOILET PORTABLE DI LOKASI PENGUNGSIAN KORBAN BENCANA ALAM**

## ***PLANNING DESIGN OF PORTABLE TOILET IN LOCATION OF DISASTER VICTIMS***

**Tri Asbahdin**

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam  
Indonesia, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

[14513177@students.uii.ac.id](mailto:14513177@students.uii.ac.id)

### **Abstrak**

*Letak Indonesia secara geografis berada diantara dua benua dan dua samudera, dilintasi oleh dua jalur pegunungan dan titik pertemuan tiga lempeng tektonik, menyebabkan potensi terjadinya bencana alam yang sangat besar. Tidak sedikit pengungsi yang mengalami berbagai penyakit diakibatkan kurangnya kebersihan dan kesehatan lokasi pengungsian, terutama dalam hal layanan sanitasi yang baik dan memadai. Jumlah toilet yang tersedia untuk pengungsi sangat terbatas dengan berbagai masalah seperti ketersediaan air bersih yang terbatas, kebersihan, kenyamanan dan privasi bagi pengguna yang minim. Pemilihan kriteria-kriteria teknis dan non teknis dilakukan berdasarkan pengumpulan data-data mengenai toilet di lokasi pengungsian. Pemilihan alternatif yang sesuai dengan kriteria dilakukan menggunakan metode AHP (The Analytical Hierarchy Process) dimana metode ini memilih bobot prioritas tertinggi ada pada alternatif 1 (eSOS® – Emergency Sanitation Operation System) dengan nilai 0,338. Toilet portable dilokasi pengungsian korban bencana alam direncanakan memiliki dimensi panjang 160cm, lebar 100cm, tinggi 247cm. Perencanaan struktural toilet portable tersebut menggunakan teknik panel struktur dengan sistem knockdown atau bongkar pasang. Sumber energi untuk kebutuhan operasional toilet direncanakan menggunakan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dengan kapasitas terencana sebesar 3384 Wh. Toilet ini juga dilengkapi dengan unit pengolahan air limbah langsung dimana pengolahan yang direncanakan menggunakan pengolahan aerobik dan anaerobi yang dikombinasikan dengan membran filter RO untuk meningkatkan kualitas air olahan agar dapat dimanfaatkan kembali untuk operasional toilet.*

Kata kunci : Toilet Portabel, Panel Struktural, Sistem Knockdown, Metode The Analytical Hierarchy Process.

### **Abstract**

*Indonesia is geographically located between two continents and two oceans, crossed by two mountain paths and the meeting point of three tectonic plates, causing the potential for enormous natural disasters. Not a few refugees who experienced various illnesses due to lack of hygiene and health of refugee sites, especially in terms of good and adequate sanitation services. The number of toilets available for refugees is very limited with various problems such as limited availability of clean water, cleanliness, comfort and privacy for minimal users. The selection of technical and non-technical criteria was carried out based on data. The selection of alternatives that match the criteria is carried out using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method where this method selects the highest priority weight in the alternative 1 (eSOS® - Emergency Sanitation Operation System) with a value of 0.338. Portable toilets in the location of evacuation of victims of natural disasters are planned to have dimensions of 160cm length, 100cm width, 247cm height. The portable toilet structural planning uses a structural panel technique with knockdown or unloading systems. Energy sources for toilet operations are planned to use a solar power plant (PLTS) with a planned capacity of 3384 Wh. This toilet is also equipped with a direct wastewater treatment unit where the planned processing utilizes aerobic and aerobic processing combined and the use of membrane filter RO to improve the quality of treated water to be reused for toilet operations.*

Keywords: Portable Toilets, Structural Panels, Knockdown Systems, The Analytical Hierarchy Process Method.

## 1. PENDAHULUAN

Letak Indonesia secara geografis berada diantara dua benua dan dua samudera, dilintasi oleh dua jalur pegunungan dan titik pertemuan tiga lempeng tektonik, menyebabkan potensi terjadinya bencana alam yang sangat besar (Mengenal Indonesia, 2013). Bencana alam yang terjadi akan menimbulkan banyak kerugian baik materil, harta dan benda, selain itu efek psikis yang ditimbulkan juga akan bersifat berkepanjangan.

Pengungsi yang menempati lokasi-lokasi pengungsian harus beramai-ramai tinggal di tempat yang sekadarnya, dengan fasilitas yang minim. Tidak sedikit pengungsi yang mengalami berbagai penyakit diakibatkan kurangnya kebersihan dan kesehatan lokasi pengungsian, terutama dalam hal layanan sanitasi yang baik dan memadai. Jumlah toilet yang tersedia untuk pengungsi sangat terbatas dengan berbagai masalah seperti ketersediaan air bersih yang terbatas, kebersihan, kenyamanan dan privasi bagi pengguna yang minim. Seperti yang dimuat dalam Harian Republika Selasa 28 Agustus 2018 19:05 WIB "Pengungsi Gempa Lombok Mulai Terserang Penyakit" dimana Tim Medis dari NU Peduli, Danang, mengatakan para korban terdampak gempa yang tinggal di pengungsian mulai terserang penyakit diare, ISPA, dan gatal-gatal kulit. Kondisi itu terutama dirasakan pengungsi di Kabupaten Lombok Utara (KLU), Nusa Tenggara Barat (NTB). "Hal terjadi karena kurang higienisnya sanitasi dan kondisi lingkungan di lokasi pengungsian," ujarnya di Posko NU Peduli di Aula PW NU, Jalan Pendidikan, Kota Mataram, NTB. Liputan 6 News Kamis 25 Januari 2018 dengan tajuk liputan " Masalah Sanitasi Ancam Korban

Gempa di Posko Malasari Bogor" warga korban gempa disekitar kawasan perkebunan teh Malasari, Kabupaten Bogor mengeluhkan masalah sanitasi di lokasi pengungsian. Disana, mereka menempati tenda yg didirikan TNI/Porli. Ada pula yang mendirikan tenda darurat sendiri di tengah perkebunan teh. Hal ini disebabkan belum adanya bantuan logistik dari BPBD Kabupaten Bogor. " Tenda saja bikin sendiri, apalagi tempat buang air kecil atau besar" ujar Ariyani (24) salah satu pengungsi dari kampung Nirmala, Desa Malasari. Selain itu Harian REPUBLIKA Sabtu 02 Desember 2017 juga memuat tajuk "Sanitasi Masih Menjadi Masalah di Sekitar Gunung Agung" Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mencatat isu dan masalah yang masih terjadi di sekitar Gunung Agung, Bali, hingga Sabtu (2/12) hari ini. Kepala Pusat Data Informasi dan Humas BNPB Sutopo Purwo Nugroho menyatakan, masalah-masalah yang terjadi meliputi pemenuhan kebutuhan air minum, air bersih dan sanitasi di banyak titik pengungsian dan tempat pengungsian ternak. Kemudian masalah lainnya adalah data angka jumlah ketersediaan dan rasio mandi cuci kakus (MCK) per lokasi pengungsian. Beberapa tajuk di atas merupakan sedikit gambaran mengenai kondisi sanitasi dan permasalahan-permasalahan yang sering muncul di lokasi pengungsian dan masih menjadi tugas besar BNPB dalam mengelola lokasi-lokasi pengungsian.

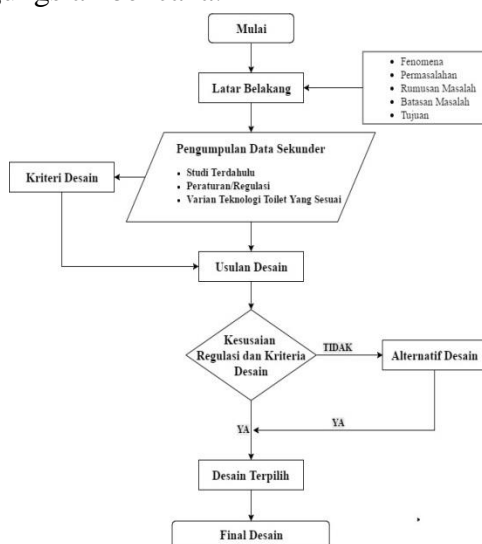
Permasalahan diatas menginisiasi sebuah *design* perencanaan toilet portable yang mudah diaplikasikan di lokasi pengungsian dengan kemampuan mendaur ulang air limbah untuk digunakan kembali dalam operasional toilet. Toilet yang direncanakan akan memperhatikan dan mengutamakan nilai kenyamanan dan

privasi penggunaannya selain itu meminimalisir kemungkinan penularan penyakit atau bakteri penyebab penyakit melalui media air dengan melakukan *treatment* khusus. *Treatment* ini digunakan untuk mendegradasi senyawa berbahaya dan bakteri patogen yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan, sehingga air limbah yang terolah dapat digunakan kembali untuk operasional toilet dengan aman. Selama ini toilet portable yang tersedia tidak memiliki kemampuan untuk mengolah air yang aman untuk digunakan kembali untuk operasional toilet dengan penerapan *recycle system* akan membantu tidak hanya dalam hal sanitasi juga mampu menjawab persoalan keterbatasan air bersih dilokasi pengungsian.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Diagram Alir Penelitian

Dalam perencanaan ini, terdapat metode yang akan dilakukan secara sistematis untuk menganalisis kriteria desain dan desain yang terpilih, berikut ini merupakan diagram alir perencanaan toilet porteble untuk lokasi pengungsian bencana:



**Gambar 3. 1** Diagram Alir Penelitian

### 2.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data sekunder dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam hal penelitian dan perencanaan toilet portable dilokasi pengungsian korban bencana. Data sekunder yang akan dikumpulkan dalam penelitian ini meliputi Studi Terdahulu, Regulasi/Peraturan, dan Varian Teknologi Toilet.

#### 1. Wawancara Mendalam

Wawancara mendalam merupakan salah satu teknik yang dapat digunakan untuk mengumpulkan informasi secara lisan melalui proses tanya jawab, yang dilakukan secara langsung dengan sejumlah informan yang dapat memberikan keterangan-keterangan yang berkaitan dengan perencanaan toilet portable dilokasi pengungsian korban bencana.

#### 2. Studi Terdahulu

Studi terdahulu yang akan dikumpulkan meliputi studi dari buku-buku, tulisan ilmiah, jurnal terkait dengan kondisi sanitasi di kawasan bencana terkhusus dilokasi pengungsian yang mencakup permasalahan-permasalahan sanitasi, selain itu studi tentang penerapan teknologi toilet yang saat ini digunakan dilokasi bencana.

#### 3. Peraturan/Regulasi

Regulasi dan peraturan terkait dengan sanitasi di lokasi bencana atau pengungsian menjadi sebuah dasar untuk membatasi sebuah perencanaan desain toilet portable untuk lokasi pengungsian. Regulasi akan memperkuat dasar dari perencanaan ini berikut ini beberapa regulasi/peraturan yang digunakan dalam penelitian dan perencanaan ini:

- Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 7 Tahun 2008 Tentang Pedoman Tata Cara Pemberian Bantuan Pemenuhan Kebutuhan Dasar, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB)
- Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor :1357/Menkes/SK/XII/2001 Tentang Standar Minimal Penanggulangan Masalah Kesehatan Akibat Bencana Dan Penanganan Pengungsi Menteri Kesehatan Republik Indonesia
- Standard Toilet Umum Indonesia, Kementrian Kebudayaan dan Pariwisata Tahun 2004

#### 4. Varian Teknologi Toilet

Varian teknologi toilet akan dijadikan sebagai pertimbangan untuk menentukan kriteria desain toilet yang sesuai dengan kondisi sanitasi di lokasi pengungsian korban bencana, data varian teknologi menjadi alternatif yang akan dianalisis. Berikut ini beberapa varian teknologi toilet:

- eSOS® – *Emergency Sanitation Operation System*
- *The Atrakty Toilet – Blue Diversion*
- *Blue Diversion Toilet – Blue Diversion*
- *Energy-Generating Solar-Powered Toilet*
- *BIO TOILET - LIPI Project*
- *The Nano Membrane Toilet - Cranfield University*

### 2.3 Kriteria Desain

Kriteria desain dilakukan dengan analisis menggunakan metode AHP (*The Analytical Hierarchy Process*) merupakan metode yang dikembangkan oleh Thomas Saaty sekitar tahun 1970 dimana metode ini dipergunakan untuk pengambilan keputusan dimana metode ini akan membantu kerangka berfikir manusia.

Langkah-langkah dalam pembentukan metode AHP dapat dijelaskan dalam algoritma sebagai berikut:

- a. Membuat struktur hirarki yang diawali dengan tujuan, dilanjutkan dengan kriteria-kriteria dan kemungkinan alternatif-alternatif pada tingkatan yang paling bawah
- b. Menetapkan perbandingan berpasangan yang berdasarkan judgment dari pengambil keputusan dengan menilai tingkat kepentingan suatu elemen dibandingkan elemen lainnya (dengan skala penilaian perbandingan pasangan, yang nilainya antara 1 sampai dengan 9)
- c. Menghitung bobot/ prioritas elemen
- d. Mengukur konsistensi, nilai rasio konsistensi harus 0,1 atau kurang. Jika lebih dari 0,1 maka pertimbangan ini perlu diperbaiki.

### 2.4 Usulan Desain

Usulan desain atau konsep desain akan mengakomodasi kebutuhan dasar meliputi kemudahan, akses yang cepat, mudah digunakan, tahan lama dan dapat diaplikasikan di lokasi pengungsian korban bencana alam antara lain seperti gempa bumi, letusan gunung berapi, angin topan, tanah longsor, banjir, tsunami dan korban bencana yang memiliki

dampak yang panjang bagi kehidupan normal masyarakat.

Usulan desain akan digambarkan atau didesain dalam bentuk desain visual menggunakan aplikasi autocad dan sketchup dengan dimensi, spesifikasi dan jenis material yang akan digunakan dalam perencanaan toilet portable di lokasi korban bencana alam.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengumpulan Data

##### 3.1.1 Peraturan dan Regulasi

Berikut adalah beberapa kebijakan sanitasi yang secara khusus mengatur masalah pembuangan kotoran manusia yang digunakan pada daerah bencana:

- a. Tiap jamban digunakan paling banyak 20 orang.
  - b. Penggunaan jamban diatur perumah tangga dan/menurut perbedaan jenis kelamin (misalnya jamban persekian KK atau jamban laki-laki dan jamban perempuan)
  - c. Jarak jamban tidak lebih dari 50 m dari pemukiman (rumah atau barak pengungsian). Atau bila dihitung dalam jam perjalanan ke jamban hanya memakan waktu tidak lebih dari 1 menit saja dengan berjalan kaki.
  - d. Jamban umum tersedia di tempat-tempat seperti pasar, titik-titik pembagian sembako, pusat-pusat layanan kesehatan dan sebagainya. Letak jamban dan penampung kotoran harus sekurang-kurangnya berjarak 30 meter dari sumber air bawah tanah.
  - e. Dasar penampung kotoran sedikitnya 1,5 meter di atas air tanah.
  - f. Pembuangan limbah cair jamban tidak merembes ke sumber air mana pun, baik sumur maupun mata air, sungai dan sebagainya (Keputusan Menteri Kesehatan No. 1357, 2001).
- Dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa penyediaan toilet di lokasi bencana sama halnya dengan penyediaan toilet umum dimana teknis dan prasyaratannya telah diatur.
- Persyaratan ruang toilet umum yang diatur dalam Buku Standard Toilet Umum Indonesia oleh Kementerian Kebudayaan dan Pariwisata sebagai berikut.
- Ukuran Reguler
- a. Ruang untuk buang air besar (WC).  
Ukuran luas ditentukan oleh posisi buang air besar baik menggunakan kloset duduk mau pun kloset jongkok:
    - Lebar minimum 80cm.
    - Panjang minimum 90cm.
    - Ketinggian plafond minimum 220cm.
    - Secara teknis dalam gambar arsitektur diukur dari poros/as dinding, ukuran luas minimum menjadi:  
(P x L x T) 80cm x 160cm x 220cm
    - Ukuran yang disarankan (*recommended*) adalah  
(P x L x T) 90cm x 160cm x 240cm
  - b. Ruang untuk buang air kecil (Urinoir)
    - Lebar satuang untuk aktifitas buang air kecil berdiri untuk orang dewasa minimum 70cm dengan penyekat
    - Ketinggian urinal minimal 40cmUkuran yang disarankan (*recommended*) adalah:
    - Lebar ruang urinal 80cm.
    - Ketinggian urinal minimum 45cm.

- Urinal yang diperuntukan untuk anak-anak dapat digunakan jenis floor standing, atau dibuat langsung diatas lantai.

c. Ruang cuci tangan dan cuci muka (wastafel)

Ukuran dan luas untuk ruang cuci tangan dan muka, minimum adalah:

- Lebar 80cm.
- Lebar bak cuci 50cm.
- Tinggi bak cuci 70cm.
- Jarak bak cuci dengan dinding 90cm.

Ukuran yang disarankan (*recommended*) adalah:

- Lebar 80cm.
- Lebar bak cuci 60cm.
- Tinggi bak cuci 80cm.
- Jarak bak cuci dengan dinding 120cm.

### 3.1.2 Jenis Toilet Yang Sudah Ada

Penyediaan sarana dan prasarana sanitasi di lokasi pengungsian korban bencana alam ada beberapa tipe atau jenis berikut ini merupakan jenis-jenis toilet yang biasanya digunakan di lokasi pengungsian korban bencana alam, antara lain:

- Toilet Cabin
- Toilet Mobile
- Toilet Bus
- MCK *Knock Down*
- Toilet Portable

Dari beberapa jenis toilet diatas ada dua toilet yang menjadi pembanding antara jenis-jenis toilet yang sudah ada dengan desain toilet yang akan direncanakan dimana dalam perencanaan ini toilet yang akan menjadi pembanding yakni MCK *knock down* dan Toilet Portable dimana kedua desain ini diambil sebab dalam perencanaan toilet untuk lokasi pengungsian korban bencana alam kedua desain atau tipe tersebut yang memiliki mobilitas yang tinggi dalam segala kondisi medan, efektif, efisien, mudah, modren, nyaman dan menjaga privasi pengguna atau *user* sehingga dua jenis toilet di atas menjadi pilihan pembanding.



sumber :

<http://www3.pu.go.id/berita/12804/Kementerian-PUPR-Siaga-Darurat-terhadap-Naiknya-Aktivitas-Vulkanik-Gunung-Agung>

**Gambar 3. 1.1** MCK *Knock Down*



sumber : Direktorat Jenderal Cipta Karya

**Gambar 3.1. 2 Toilet Portable**

### 3.1.3 Varian Teknologi Toilet Bencana Ala

Berikut ini beberapa varian teknologi toilet:

#### a. eSOS® – Emergency Sanitation Operation System

eSOS (*Emergency Sanitation Operation System*) merupakan sebuah konsis sistem oprasional sanitasi darurat, dimana sistem ini menerapkan solusi sanitasi yang berkelanjutan, holistik dan terjangkau di lokasi pengungsian korban bencana alam.



sumber: <https://www.flex.nl/en/case/esos-smart-emergency-sanitation/>

#### Gambar 3.1. 3 eSOS Toilet

#### b. Blue Diversion Toilet – Eawag, The Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology

*Blue Diversion Toilet* merupakan sebuah karya yang dikembangkan oleh *The Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology* dimana pengembangan ini bertujuan untuk menghadirkan sebuah layanan sanitasi yang berkelanjutan dan terjangkau bagi pemukiman kumuh di negara-negara berpenghasilan rendah.



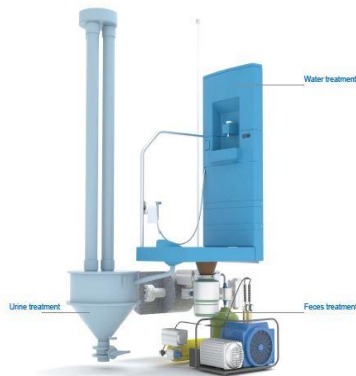
sumber :

<http://www.bluediversiontoilet.com/nairobi-field-test.html>

**Gambar 3.1.4 Blue Diversion Toilet**

**c. The Autarky Toilet – Eawag, The Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology**

The Autarky Toilet adalah pengembangan dari *Blue Diversion Toilet* oleh *Eawag, The Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology* dimana toilet jenis ini memiliki kemampuan untuk memisahkan urin dan feses dan melakukan *treatment* langsung ditempat.



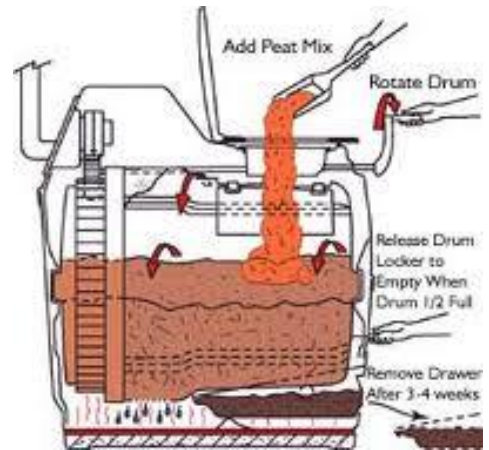
sumber :

<https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Forschung/>

**Gambar 3.1.5 The Autarky Toilet**

**d. Bio Toilet - LIPI Project**

Bio-Toilet merupakan pengembangan toilet yang digagas Pusat Penelitian Fisika LIPI, toilet ini diklaim mampu menghemat penggunaan air.



sumber : <http://lipi.go.id/lipimedia/bio-toilet-jamban-tanpa-limbah/7603>

**Gambar 3.1.6 Bio Toilet Treatment System**

**e. The Nano Membrane Toilet - Cranfield University**

*The Nano Membrane Toilet* dikembangkan sebagai toilet yang mampu mengolah limbah dari kotoran manusia langsung tanpa energi eksternal dan air.



sumber : <https://www.cranfield.ac.uk/case-studies/research-case-studies/>



### Gambar 3.1.7 *The Nano Membrane Toilet*

## 3.2 Penentuan Kriteria Desain

Penentuan kriteria pada perencanaan ini akan menggunakan hasil penelitian terdahulu mengenai toilet, dari beberapa penelitian yang telah dipilih akan dianalisis menggunakan metode AHP AHP (*The Analytical Hierarchy Process*). Metode AHP (*The Analytical Hierarchy Process*) diawali dengan penyusunan struktur hirarki, pembobotan tingkat kepentingan dalam penyusunan matriks perbandingan berpasangan, penetapan prioritas pada masing-masing hirarki dan pengambilan keputusan.

### 3.2.1 Struktur Hirarki Pemilihan Kriteria Desain

Penyusunan struktur hirarki ditujukan untuk memperjelas kedudukan tujuan, berbagai kriteria-kriteria serta kemungkinan alternatif pada tingkatan paling bawah dalam penelitian ini

Berikut ini adalah elemen serta struktur hirarki yang telah ditetapkan berdasarkan studi literatur dan pengumpulan data skunder dan disusun kedalam tujuan, kriteria dan alternatif.

#### a. Tujuan

Menentukan kriteria desain toilet yang sesuai dengan kondisi lokasi pengungsian korban bencana.

#### b. Kriteria

Dalam perencanaan toilet di lokasi pengungsian digunakan 8 kriteria yang akan digunakan untuk merencanakan desain toilet yang

sesuai dengan kebutuhan dilokasi pengungsian.

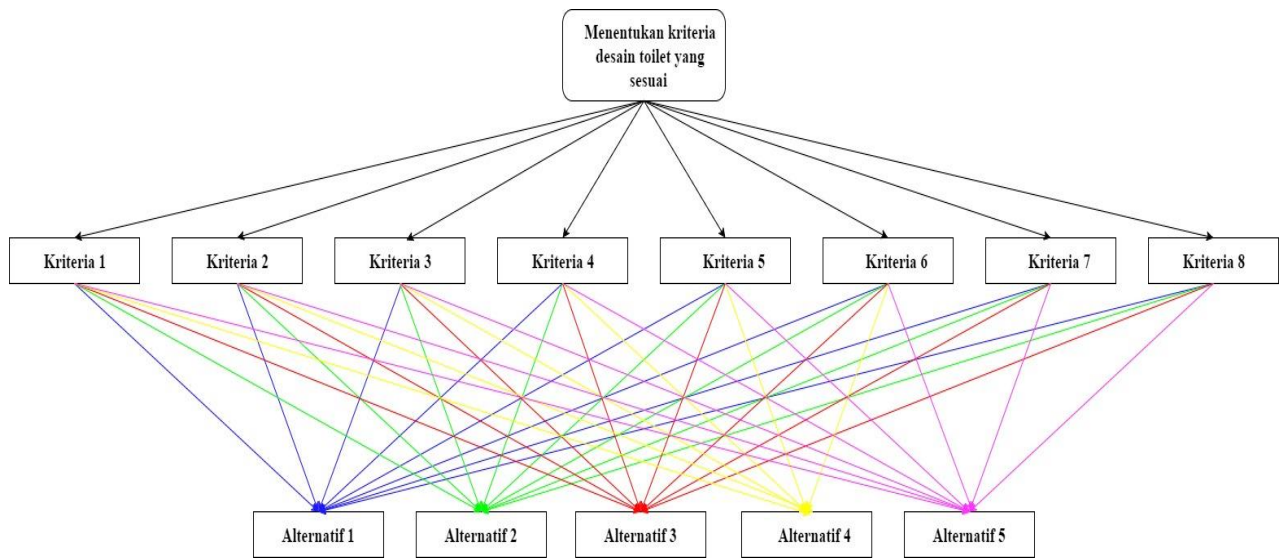
- Kriteria 1 = Kemudahan Mobilitas
- Kriteria 2 = Kebutuhan Energi
- Kriteria 3 = Kebutuhan Air
- Kriteria 4 = Keamanan & Kenyamanan
- Kriteria 5 = Kecepatan Waktu Pembangunan
- Kriteria 6 = Kesesuaian Budaya Sanitasi
- Kriteria 7 = Ketahanan Cuaca
- Kriteria 8 = Kualitas Bahan (Kontruksi)

#### c. Alternatif

Dalam penenelitian ini ada 5 alternatif varian toilet yang memungkinkan untuk diaplikasikan kedalam kondisi dilokasi pengungsian korban bencana alam.

- Alternatif 1 = eSOS® – Emergency Sanitation Operation System
- Alternatif 2 = Blue Diversion Toilet – Eawag
- Alternatif 3 = The Autarky Toilet – Eawag
- Alternatif 4 = Bio Toilet - LIPI Project
- Alternatif 5 = The Nano Membrane Toilet - Cranfield University

Berikut ini merupakan susunan strukturr hirarki dalam menentukan kriteria desain yang akan digunakan dalam perencanaan desain toilet dilokasi pengungsian korban bencana alam.



Gambar 4. 16 Struktur Hirarki Pemilihan Kriteria Desain

### 3.2.2 Perhitungan AHP

Setelah di lakukan penyusunan struktur hirarki maka tahapan selanjutnya yakni menetapkan perbandingan berpasangan antara kriteria-kriteria berdasarkan tujuannya, yang berupa matriks.

**Tabel 3.2.1** Matriks Perbandingan Kriteria

Bobot Prioritas	Kriteria 1	Kriteria 2	Kriteria 3	Kriteria 4	Kriteria 5	Kriteria 6	Kriteria 7	Kriteria 8
Kriteria 1	1	1/2	2	3	3	5	5	7
Kriteria 2	2	1	2	3	5	5	5	5
Kriteria 3	1/2	1/2	1	3	3	3	3	5
Kriteria 4	1/3	1/3	1/3	1	2	2	2	3
Kriteria 5	1/3	1/5	1/3	1/2	1	1/2	1/2	3
Kriteria 6	1/5	1/5	1/3	1/2	2	1	2	3
Kriteria 7	1/5	1/5	1/3	1/2	2	1/2	1	2
Kriteria 8	1/8	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/2	1

Setelah terbentuk matriks tahapan selanjutnya matriks di atas dirubah dari bentuk fraksi kedalam bentuk desimal (Matriks 1):

**Tabel 3.2.2** Matriks Perbandingan Kriteria (1)

Bobot Prioritas	Kriteria 1	Kriteria 2	Kriteria 3	Kriteria 4	Kriteria 5	Kriteria 6	Kriteria 7	Kriteria 8
Kriteria 1	1,00	0,50	2,00	3,00	3,00	5,00	5,00	7,00
Kriteria 2	2,00	1,00	2,00	3,00	5,00	5,00	5,00	5,00

Bobot Prioritas	Kriteria 1	Kriteria 2	Kriteria 3	Kriteria 4	Kriteria 5	Kriteria 6	Kriteria 7	Kriteria 8
Kriteria 3	0,50	0,50	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	5,00
Kriteria 4	0,33	0,33	0,33	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00
Kriteria 5	0,33	0,20	0,33	0,50	1,00	0,50	0,50	3,00
Kriteria 6	0,20	0,20	0,33	0,50	2,00	1,00	2,00	3,00
Kriteria 7	0,20	0,20	0,33	0,50	2,00	0,50	1,00	2,00
Kriteria 8	0,13	0,20	0,20	0,33	0,33	0,33	0,50	1,00
<b>JUMLAH</b>	<b>4,69</b>	<b>3,13</b>	<b>6,53</b>	<b>11,83</b>	<b>18,33</b>	<b>17,33</b>	<b>19,00</b>	<b>29,00</b>

Setelah dirubah kebentuk fraksi kedalam bentuk desimal tahapan selanjutnya mengkuadratkan matriks (1) dengan cara mengalikan jumlah baris dengan kolom atau iterasi 1 atau matriks (2).

$$A = \begin{bmatrix} 1,0 & 0,5 & 2,0 & 3,0 & 3,0 & 5,0 & 5,0 & 7,0 \\ 2,0 & 1,0 & 2,0 & 3,0 & 5,0 & 5,0 & 5,0 & 5,0 \\ 0,5 & 0,5 & 1,0 & 3,0 & 3,0 & 3,0 & 3,0 & 5,0 \\ 0,3 & 0,3 & 0,3 & 1,0 & 2,0 & 2,0 & 2,0 & 3,0 \\ 0,3 & 0,2 & 0,3 & 0,5 & 1,0 & 0,5 & 0,5 & 3,0 \\ 0,2 & 0,2 & 0,3 & 0,5 & 2,0 & 1,0 & 2,0 & 3,0 \\ 0,2 & 0,2 & 0,3 & 0,5 & 2,0 & 0,5 & 1,0 & 2,0 \\ 0,1 & 0,2 & 0,2 & 0,3 & 0,3 & 0,3 & 0,5 & 1,0 \\ 1,0 & 0,5 & 2,0 & 3,0 & 3,0 & 5,0 & 5,0 & 7,0 \\ 2,0 & 1,0 & 2,0 & 3,0 & 5,0 & 5,0 & 5,0 & 5,0 \\ 0,5 & 0,5 & 1,0 & 3,0 & 3,0 & 3,0 & 3,0 & 5,0 \\ 0,3 & 0,3 & 0,3 & 1,0 & 2,0 & 2,0 & 2,0 & 3,0 \\ 0,3 & 0,2 & 0,3 & 0,5 & 1,0 & 0,5 & 0,5 & 3,0 \\ 0,2 & 0,2 & 0,3 & 0,5 & 2,0 & 1,0 & 2,0 & 3,0 \\ 0,2 & 0,2 & 0,3 & 0,5 & 2,0 & 0,5 & 1,0 & 2,0 \\ 0,1 & 0,2 & 0,2 & 0,3 & 0,3 & 0,3 & 0,5 & 1,0 \end{bmatrix} \times$$

Kriteria 1 x Kriteria

$$= ((1,0 \times 1,0) + (0,5 \times 2,0) + (2,0 \times 0,5) + (3,0 \times 0,33) + (3,0 \times 0,33) + (5,0 \times 0,2) + (5,0 \times 0,2) + (7,0 \times 0,13))$$

$$= 7,875 \dots \text{ dst}$$

Sehingga didapatkan hasil pengkuadratan dari Matriks Perbandingan Kriteria (1) tersebut adalah Matrik Perbandingan Kriteria (2) seperti pada tabel dibawah ini:

**Tabel 3.2.2** Matriks Perbandingan Kriteria (2)

Bobot Prioritas	Kriteria 1	Kriteria 2	Kriteria 3	Kriteria 4	Kriteria 5	Kriteria 6	Kriteria 7	Kriteria 8
Kriteria 1	7,875	7,000	11,733	22,333	42,833	30,833	39,500	69,500
Kriteria 2	10,292	8,000	15,000	27,167	49,667	38,667	47,000	83,000
Kriteria 3	5,825	5,050	8,000	15,167	29,667	21,667	27,000	49,000
Kriteria 4	3,342	2,800	4,600	8,000	16,667	11,333	14,833	27,667
Kriteria 5	1,975	1,700	2,833	5,100	8,000	6,917	8,167	15,000
Kriteria 6	2,575	2,233	3,567	6,200	12,600	8,000	10,500	21,567
Kriteria 7	2,150	1,733	2,867	5,117	9,267	6,667	8,000	17,067

Bobot Prioritas	Kriteria 1	Kriteria 2	Kriteria 3	Kriteria 4	Kriteria 5	Kriteria 6	Kriteria 7	Kriteria 8
Kriteria 8	1,139	0,907	1,550	2,825	4,975	3,975	4,725	7,875

langkah berikutnya adalah pengkuadratan bentuk matriks (2) sama dengan matriks (1) atau iterasi II kemudian keduanya dilakukan

penjumlahan dari hasil perkalian silang matriks (1) dan matriks (2). Sehingga didapatkan iks Perbandingan Kriteria (3) seperti pada tabel berikut ini:

**Tabel 3.2.3** Matriks Perbandingan Kriteria (3)

Bobot Prioritas	Kriteria 1	Kriteria 2	Kriteria 3	Kriteria 4	Kriteria 5	Kriteria 6	Kriteria 7	Kriteria 8
Kriteria 1	605,1	35758,7	59344,8	107857,7	207107,0	144800,1	179356,4	333043,9
Kriteria 2	51290,0	43462,2	72143,1	131106,6	251573,7	176101,5	218125,2	405034,2
Kriteria 3	29537,6	25029,4	41546,0	75501,4	144875,9	101418,6	125625,0	233278,5
Kriteria 4	16346,2	13850,1	22990,6	41778,9	80153,9	56129,0	69527,6	129115,0
Kriteria 5	9431,8	7986,9	13262,7	24097,0	46162,2	32407,7	40142,4	74546,8
Kriteria 6	12394,3	10493,2	17426,7	31659,9	60626,1	42599,3	52772,0	98008,0
Kriteria 7	9840,2	9139,7	14341,3	26839,8	61245,1	29662,1	36747,5	68251,8
Kriteria 8	5312,1	4499,7	7470,6	13574,8	26024,8	18245,8	22600,0	41967,4

Setelah terbentuk matriks perbandingan hingga iterasi ke II maka dapat dihitung bobot prioritas untuk perbandingan kriteria-kriteria berdasarkan tujuannya dengan cara menjumlahkan hasil perkalian matriks berdasarkan baris.

Kriteria 1

$$= (605,1 + 35758,7 + 59344,8 + 207107,0 + 144800,1 + 179356,4 + 333043,9)$$

$$= 1067873,9$$

Sehingga didapatkan hasil penjumlahan berdasarkan baris seperti pada tabel dibawah ini:

**Tabel 3.2.4** Penjumlahan Hasil Perkalian Matriks

Perbandingan Matriks	Jumlah
Kriteria 1	1067873,85
Kriteria 2	1348836,531
Kriteria 3	776812,5133
Kriteria 4	429891,3293
Kriteria 5	248037,6124
Kriteria 6	325979,3924
Kriteria 7	256067,6217
Kriteria 8	139695,1652
<b>Total</b>	<b>4593194,016</b>

Perhitungan bobot prioritas dilakukan dengan cara membagi jumlah hasil perkalian perbandingan matriks berdasarkan baris dengan total hasil penjumlahan.

Kriteria 1

$$= \frac{1067873,85}{4593194,016}$$

$$= 0,232$$

Sehingga didapatkan bobot prioritas dari masing-masing kriteria-kriteria berdasarkan tujuannya seperti pada tabel dibawah ini:

**Tabel 3.2.5** Matriks Bobot Prioritas Kriteria

Menentukan kriteria desain yang sesuai	Bobot Prioritas
Kriteria 1	0,232
Kriteria 2	0,294
Kriteria 3	0,169
Kriteria 4	0,094
Kriteria 5	0,054
Kriteria 6	0,071
Kriteria 7	0,056
Kriteria 8	0,030

Dari hasil perbandingan matriks berpasangan antara kriteria-kriteria didapatkan bobot prioritas dimana kriteria 2 (kemudahan mobilitas) menjadi prioritas paling besar dengan bobot 0,294 diikuti berturut-turut kriteria 1 (kebutuhan air) dengan 0,232; kriteria 3 (kebutuhan energi) dengan 0,169; kriteria 4 (keamanan dan kenyamanan) dengan 0,094; kriteria 6 (kesesuaian budaya sanitasi) dengan 0,071; kriteria 7 (ketahanan cuaca) dengan 0,056; kriteria 5 (kecepatan waktu pembangunan) dengan 0,054; dan yang paling akhir kriteria 8 (kualitas bahan) dengan bobot prioritas sebesar 0,030.

Setelah didapatkan masing-masing bobot prioritas dari tiap kriteria selanjutnya akan dilakukan uji konsistensi atau CI (*Consistency Index*) dan perhitungan Rasio Konsentrasi (CR)

untuk mengetahui apakah metode AHP matriks perbandingan dapat diterima atau tidak.

Perhitungan Lamda Max (*eigen value*) yang didapatkan berdasarkan menjumlahkan hasil perkalian nilai eigen atau bobot prioritas dengan jumlah perbandingan matriks 1 berdasarkan kolom.

$$a \max = (0,232 \times 4,69) + (0,294 \times 3,13) + (0,169 \times 6,53) + (0,094 \times 11,83) + (0,054 \times 18,33) + (0,071 \times 17,33) + (0,056 \times 19,00) + (0,030 \times 29,00)$$

$$= 8,34$$

Perhitungan CI (*Consistency Index*) dilakukan untuk menentukan indeks konsistensi atau penyimpangan dari nilai kosistensi sebagai berikut:

$$CI = \frac{a \max - n}{n - 1}$$

$$= \frac{8,34 - 8}{8 - 1}$$

$$= 0,0485$$

Perhitungan CR atau *Consistency Ratio* ditujukan untuk mengetahui apakah metode AHP matriks dapat diterima atau tidak dalam perhitungan ini  $n$  adalah 8 sehingga nilai RI (*random index*) didapatkan, sehingga didapatkan nilai CR adalah:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

$$= \frac{0,0485}{1,41}$$

$$= 0,0343 \leq 0,1$$

Hasil perhitungan CR didapatkan  $\leq 0,1$  artinya nilai matriks adalah bernilai konsisten.

Setelah menghitung bobot prioritas kriteria, tahapan berikutnya adalah menghitung atau menemukan bobot prioritas alternatif desaian berdasarkan pertimbangan masing-masing kriteria dalam pemilihan desain dengan cara yang sama atau mengulangi

langkah-langkah dalam menentukan bobot prioritas kriteria.

**Tabel 3.2.7** Matriks Perbandingan Alternatif Desain Berdasarkan Kriteria 2

Kriteria 1	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5	Bobot Prioritas
Alternatif 1	5,500	12,500	8,000	48,000	19,000	0,402
Alternatif 2	2,917	5,000	3,667	21,000	9,000	0,180
Alternatif 3	3,667	7,500	5,000	31,000	12,500	0,258
Alternatif 4	0,722	1,417	1,000	5,000	2,167	0,045
Alternatif 5	1,750	3,833	2,583	13,000	5,500	0,115

Selanjutnya hasil perhitungan bobot prioritas alternatif desain dengan perbandingan masing-masing kriteria, didapatkan bobot prioritas pada kriteria 2 (kebutuhan energi) dengan bobot tertinggi yakni alternatif 1 (eSOS® – *Emergency Sanitation Operation System*) dengan nilai 0,337; selanjutnya berturut-turut alternatif 2 (Blue Diversion Toilet – Eawag) dengan nilai 0,235; alternatif 3 (The Autarky Toilet – Eawag) dengan nilai 0,136; alternatif 5 (The Nano Membrane Toilet - Cranfield University) dengan nilai 0,147; dan alternatif 4 (Bio Toilet-LIPI) dengan nilai 0,145.

Untuk nilai CR dan CI dari hasil perhitungan CI 0,0875 dan  $CR\ 0,07812 \leq 0,1$  Hasil perhitungan CR didapatkan  $\leq 0,1$  artinya nilai matriks adalah bernilai konsisten.

### 3.2.1

## 4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis data dan pembahasan mengenai perencanaan desain toilet portable di lokasi pengungsian bencana alam didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Kriteria desain yang menjadi prioritas dalam perencanaan toilet portable di lokasi pengungsian korban bencana alam adalah Kemudahan Mobilitas, Kebutuhan Energi, Kebutuhan Air, Keamanan & Kenyamanan, Kecepatan Waktu Pembangunan, Kesesuaian Budaya Sanitasi, Ketahanan Cuaca, Kualitas Bahan (Kontruksi). Dimana masing-masing kriteria tersebut didapatkan berdasarkan pengumpulan data-data mengenai toilet di lokasi pengungsian yang di dasarkan pada studi pustaka serta pemilihan permasalahan-permasalahan yang sering muncul di lokasi pengungsian terkait dengan toilet.

- 2) Dimensi toilet portable di lokasi pengungsian bencana alam direncanakan memiliki panjang 160 cm, lebar 100cm dan tinggi 247cm, ukuran ini dipilih mengacu pada persyaratan ruang toilet umum yang diatur dalam Buku Standard Toilet Umum Indonesia oleh Kementrian Kebudayaan dan Pariwisata.
- 3) Jenis *treatment* yang direncanakan dalam pengolahan air limbah dari kegiatan oprasional toilet untuk dimanfaatkan kembali untuk oprasional dibagi kedalam dua tahapan yakni pengolahan awal dan pengolahan lanjut. Pengolahan awal yakni pengolahan kombinasi fisik dan biologi dimana bak penampungan akan dikombinasikan dengan pengolahan secara *aerobic* dan *anaerobic* menggunakan bakteri yang dikembangkan didalam media sarang tawon. Pengolahan lanjut yang akan direncanakan yakni pegolahan mengunakan membran filter.
- 4) Total RAB (Rancangan Anggaran Biaya) dalam perencanaan toilet portable di lokasi pengungsian korban bencana alam adalah Rp. 18.270.610.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arie S Priambodo. (2009). *Panduan Praktis Menghadapi Bencana*. Kansius.
- Azwar, A. (1996). *Menjaga Mutu Pelayanan Kesehatan*, Jakarta: Pustaka Sinar Harapan.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana <https://bnpb.go.id/>
- D. Brdjanovic; F. Zakaria; P. M. Mawioo; H. A. Garcia, C. M. Hooijmans; J. C' urko, Y. P. Thye and T. Setiadi eSOS® – *Emergency Sanitation Operation System*,.
- Genç, M. 2009. *The Evolution of Toilets and Its Current State*. Ankara: Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University
- Joko Christanto. (2011). *Gempa Bumi, Kerusakan Lingkungan, dan Strategi Pengelolaan*. Yogyakarta: Liberty Yogyakarta.
- Kementrian Kebudayaan & Pariwisata. (2014). *Standart Toilet Umum Indonesia*.
- Martopo, S. (1987). *Dampak Limbah Terhadap Lingkungan. Bahan Diskusi Kursus Singkat Penanganan Limbah Secara Hayati*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
- Mukhtasor. (2007). *Pencemaran Pesisir dan Laut*. Penerbit PT. Pradnya.
- Moh. Noerbambang, Soufyan dan Morimura, Takeo. 1993. *Perencanaan Dan Pemeliharaan Sistem Plumbing*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- M.T. Amin, M.Y. Han. (2005). *Water Environmental and Sanitation Status in Disaster Relief of Pakistan's 2005 Earthquake*, Civil and Environmental Engineering Department, Seoul National University.
- Reina. (2015). *Perencanaan Toilet Portable Bagi Para Pengungsi Bencana Alam*

*Di Lokasi Pengungsian*, Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya Vol.4 No. 1.

Winnerberger, J. T. (1974). *Manual of grey water treatment practice*. Michigan,U.S.A.: Ann Arbor Science Publishers, Inc.

*Mengenal Indonesia*. (2013) diambil kembali dari Inonesia: [www.invonesia.com/letak-geografis-indonesia.html](http://www.invonesia.com/letak-geografis-indonesia.html)

*Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia*. (2003). *Keputusan Menteri Dalam Negeri Nomor 131 Tahun 2003 Tentang Pedoman Penanggulangan Bencana dan Penanganan Pengungsi di Daerah Menteri Dalam Negeri. Republik Indonesia: Mendagri*.

*Undang-undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana*. Republik Indonesia: UUD.

Stephenson, T., Judd, S.J., Jefferson, B., and Brindle, K., *Membrane Bioreactors for Wastewater Treatment*. 2000: IWA Publishing Company.

Saaty, T. L., 2008, *Decision Making with the Analytic Hierarchy Process*. *Int. J. Services Sciences*, No. 1, Vol. 1, Hal 83 – 98.

*OCHA*. (2013). *Prinsip-Prinsip Panduan Bagi Pengungsian Internal*.

W.B.G. Fernando; A.H. Gunapala; W.A. Jayantha, (2008). *Water supply and sanitation needs in a disaster – Lessons learned through the tsunami disaster in Sri Lanka*;, Community Water Supply and Sanitation Division, National Water Supply and Drainage Board.