

Menegosiasikan Inklusivitas dalam Desain Modular Toilet Portable Tanggap Darurat Kebencanaan

Gregorius Sri Wuryanto Prasetyo Utomo^{1*}

Magister Arsitektur, Fakultas Arsitektur dan Desain, Universitas Kristen Duta Wacana
greg@staff.ukdw.ac.id

Adimas Kristiadi²

Program Studi Arsitektur, Fakultas Arsitektur dan Desain, Universitas Kristen Duta Wacana
adimas.kristiadi@staff.ukdw.ac.id

ABSTRAK

Aspek inklusi dalam desain modular toilet portabel berkontribusi pada kompleksitas baru. Persoalan efisiensi dan efektivitas dalam desain modular menemukan kriteria baru berupa faktor aksesibilitas bagi para penyandang disabilitas. Dengan demikian ergonomi ruang toilet portabel menjadi bersifat universal. Faktor aksesibilitas juga menempatkan kemudahan sirkulasi, manuver pergerakan dan orientasi ruang sebagai bagian dari desain modular toilet portabel. Konteks bencana membingkainya dalam situasi darurat yang mengimplikasikan bentuk desain yang efisien dan kemudahan proses konstruksi yang portabel. Kebutuhan desain yang kompleks ini mendorong upaya negosiasi dalam menemukan desain toilet yang optimal. Makalah ini membahas upaya negosiasi penyertaan kriteria desain modular yang tetap ergonomis dan efisien.

Kata Kunci: Toilet portable, desain ergonomis, desain inklusif, desain modular

The aspect of inclusion in the modular design of portable toilets contributes to new complexities. The issue of efficiency and effectiveness in modular design finds new criteria in the form of accessibility factors for people with disabilities. Thus, the ergonomics of portable toilet spaces become universal. The accessibility factor also places ease of circulation, maneuverability of movement and orientation of space as part of the modular design of portable toilets. The context of the disaster frames it in an emergency situation which implies an efficient design form and ease of portable construction process. These complex design requirements encourage negotiation efforts in finding the optimal toilet design. This paper discusses the negotiated inclusion of modular design criteria that remains ergonomic and streamlined.

Keywords: Portable toilet, ergonomic design, inclusive design, modular design

1. PENDAHULUAN

Indonesia yang terletak pada Kawasan rawan bencana alam sebagai akibat posisi gugusan pulau-pulau Nusantara yang berada di Kawasan *Pacific Ring of Fire* ini, telah mendorong sikap kesiapsiagaan dari warga untuk menghadapi bahaya laten terjadinya bencana alam. Salah satu bentuk kesiapsiagaan adalah konsep manajemen kebencanaan. Dalam konsepsi tata kelola ini, di setiap situasi kebencanaan maka haruslah tersedia fasilitas-fasilitas dasar yang dibutuhkan oleh para korban. Salah satu fasilitas dasar ini adalah toilet umum yang bersifat fleksibel, relative mudah dipindah-pindahkan dan adaptif terhadap kebutuhan universal penggunaannya di dalam situasi tanggap darurat kebencanaan.

Inclusive portable toilet menjadi salah satu kebutuhan dasar yang mendesak di lokasi kebencanaan. *Portable* dan *inclusive* merupakan dua substansi khusus yang diaplikasikan pada desain sebuah fasilitas kamar mandi umum bagi para korban bencana yang mampu digunakan secara universal sekaligus mudah dalam mobilitas dan bongkar pasang. Tuntutan kepraktisan namun tetap mampu mengakomodasi kebutuhan para korban ini masih harus memenuhi kriteria desain yang universal. Artinya, toilet portabel ini harus bisa digunakan oleh semua orang, termasuk mereka yang berkebutuhan khusus.

Permasalahan yang menjadi diskusi difokuskan pada dua perkara utama, yaitu: (1) bagaimana menegosiasikan aspek ergonomis dan inklusif pada dimensi ruang dan konstruksi *knock down* modular yang portabel; (2) bagaimana desain bentuk dan sistem konstruksi rangka portabel dari toilet portable untuk kondisi tanggap darurat kebencanaan. Diskusi dalam tulisan ini bertujuan untuk merumuskan model negosiasi aspek ergonomi dan inklusif dalam desain modular toilet portable untuk tanggap darurat kebencanaan.

2. METODE

Pendekatan kualitatif untuk menganalisis model negosiasi aspek inklusivitas pada desain modular toilet portable melibatkan diskusi terkait persepsi dan perilaku pengguna. Penelitian kualitatif didefinisikan sebagai penelitian yang bermaksud untuk menganalisis dan memahami fenomena tentang apa yang dialami oleh subjek penelitian misalnya perilaku, sikap, motivasi, persepsi, dan tindakan (Moleong, 2007). Sementara itu secara deduktif, teori ergonomi dan inklusi menjadi dasar diskusi dan analisis deskriptif tentang rujukan kriteria desain universal pada konstruksi modular toilet portabel tanggap darurat kebencanaan ini.

Dalam semua fase bencana, korban dengan disabilitas memiliki kebutuhan khusus terutama dalam aksesibilitas terhadap fasilitas evakuasi (Malpass et al., 2019). Aksesibilitas dalam konteks ini terkait dengan kemudahan yang disediakan bagi penyandang disabilitas terutama dalam melakukan pergerakan di dalam bangunan maupun lingkungannya secara wajar dan lancar (Lubis, 2008). Dimensi ruang sirkulasi dan orientasi pergerakan yang jelas menjadi aspek yang penting dalam desain aksesibilitas. Kemudahan orientasi ini terkait dengan konsepsi *wayfinding* yang memastikan penanda dan penunjuk arah dengan menggunakan isyarat spasial, fisik, dan lingkungan agar para penyandang disabilitas dapat menentukan orientasi/arah yang tepat. Desain *wayfinding* harus dapat menavigasikan pergerakan dari satu ruang ke ruang lainnya (Of et al., 2012). Secara khusus, sebagai contoh pada kasus desain untuk penyandang disabilitas penglihatan (tunanetra), kelompok penyandang disabilitas ini membutuhkan orientasi yang ditentukan oleh persepsi ruang yang bersifat *non-visual*. Secara umum persepsi ruang bagi penyandang disabilitas terdistorsi oleh pengetahuan dan persepsi yang tidak lengkap (Golledge, 1993). Sistem *signage* (penandaan) menjadi aspek penting dalam menunjukkan arah dan menentukan arah orientasi. Sebagai sebuah strategi dan dasar pemikiran, sistem signage

dikembangkan melalui: (a) Standar Desain Visual, standar ini memiliki tujuan utama membentuk citra visual yang konsisten dan memiliki standar dalam praktik komunikasinya; (b) Standar Praktik Komunikasi; dan (c) Standar Lokasi, untuk penempatan signage (Golledge, 1993).

Toilet darurat merupakan salah satu kebutuhan dasar dari pusat evakuasi sementara. Tempat evakuasi sementara adalah tempat pengungsian yang digunakan untuk sementara waktu saat terjadi bencana (Ade Fani S. I. et al., 2021). Meskipun bersifat sementara, toilet tanggap darurat tetap harus memenuhi kriteria teknis konstruksi yang memadai. Gagasan desain hunian sementara dalam situasi kebencanaan mengarah pada sistem bongkar pasang demi efisiensi biaya dan waktu dalam proses konstruksinya (Santoso, 2016).

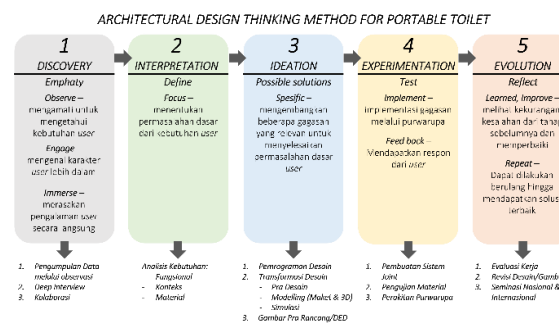
Sebagai salah satu tipologi hunian sementara dengan sistem bongkar pasang, toilet tanggap darurat kebencanaan juga mengadopsi sistem efisiensi dan efektivitas desain portable yang tetap mengakomodasi desain yang ergonomis. Di titik inilah faktor manusia dan ergonomi menjadi tujuan utama dari desain (McKeown, 2008).

Desain toilet yang ergonomis mempengaruhi pencapaian efisiensi dan efektivitas ruang. Ada beberapa fitur unggulan dari toilet portabel, yaitu: (a) mudah dibawa; (b) ramah lingkungan dan konservasi air; (c) fitur kustomisasi; (d) biaya yang minimal (efisiensi) (Yang, 2011). Kualitas efisiensi ruang pada toilet portabel berkaitan dengan aspek teknis penyediaan tempat untuk toilet portabel yang dapat dipindahkan secara fleksibel. Portable juga berarti desain konstruksi toilet relatif memudahkan pelaksanaan konstruksi bongkar pasang. Tuntutan situasi bencana yang tidak menentu mengakibatkan faktor fleksibilitas dalam bongkar muat ini menjadi syarat kualifikasi yang harus dipenuhi. Desain toilet tanggap darurat dengan sistem bongkar pasang tetap mengacu pada modul standar kebutuhan

ruang yang ergonomis. Sistem modular dibentuk dari kriteria teknis konstruksi yang mampu menunjukkan kualitas konstruksi yang efisien, efektif, adaptif, dan mudah dibongkar pasang. Kriteria ergonomis sendiri menentukan besaran dimensi ruang yang sesuai dengan jumlah penghuni yang menggunakannya. Secara bersamaan, kriteria-kriteria tersebut harus diintegrasikan untuk mendapatkan desain prototipe.

Proses analisis dalam perancangan pemodelan desain prototipe toilet portabel tanggap darurat bencana inklusif ini menggunakan pendekatan *architecture design thinking*. Pendekatan ini merupakan metode desain yang berfokus pada inovasi berdasarkan pengguna atau user, sehingga perancang atau peneliti dapat memahami permasalahan mendasar mengenai kebutuhan aktivitas yang dapat memberikan solusi desain yang tepat (Makstutis, 2018).

Pendekatan *architecture design thinking* berupa langkah-langkah yang dapat memandu perancang yang terdiri dari: 1) Discovery; 2) Interpretasi; 3) Ideasi; 4) Eksperimentasi; 5) Evolusi. Berikut ini adalah diagram alir dari langkah-langkah *architecture design thinking*:



Gambar 1 Diagram alir langkah – langkah Design Thinking. (Sumber: Makstutis, 2018 dan Olahan Penulis, 2023)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam implementasi analisis desain thinking dalam menegosiasikan inklusivitas pada desain toilet portable yang inklusif, tahapan proses desain yang dihasilkan adalah:

3.1 Discovery (penemuan)

Discovery (penemuan) dalam pendekatan pemikiran desain arsitektur adalah tahap awal, berdasarkan empati dari desainer. Proses membangun empati ini dibagi menjadi 3 (tiga) tahap, yaitu *to observe*, melakukan observasi untuk mengetahui kebutuhan pengguna dan kondisi khusus yang ada, yang dapat dilakukan dengan pengamatan langsung maupun dengan literatur. Tahap selanjutnya adalah *to engage*, yaitu mengenal karakter pengguna dan kondisi khusus yang dihadapi melalui wawancara mendalam dari responden yang ada (dalam hal ini adalah penyandang disabilitas) Kemudian tahap *immerse*, adalah ikut serta dalam pengalaman pengguna dalam kondisi khusus secara langsung. Empati terhadap pengguna inklusif dilakukan dengan pengguna yang menggunakan kursi roda. Hasil yang didapat adalah dimensi ruang sirkulasi yang harus memenuhi dimensi ergonomis untuk ruang manuver kursi roda.

3.2 Interpretasi

Langkah kedua adalah interpretation, yang dapat diartikan bahwa langkah ini adalah tahap *to define*, yaitu menentukan fokus permasalahan dari pengguna dan kondisi khusus yang akan diselesaikan oleh desain. Kegiatan yang dilakukan ketika memasuki tahap *to define*, tim desain atau peneliti sementara melakukan analisis kebutuhan meliputi: analisis fungsional desain, analisis konteks desain, dan analisis material konstruksi. Analisis fungsional mengacu pada tipologi bangunan toilet yang berfungsi untuk kegiatan MCK (Mandi Cuci Kakus), khususnya bagi penyandang disabilitas. Pada prinsipnya, lingkungan untuk penyandang disabilitas perlu dirancang untuk mengakomodasi kursi roda dan alokasi ruang untuk bergerak dengan aman (Neufert & Neufert, 2012). Pengguna kursi roda membutuhkan area minimum 1500 mm x 1700 mm untuk bermanuver sekitar 180 derajat. Pintu memiliki lebar yang jelas 900 mm yang dapat dibuka ke arah luar tanpa hambatan. Kemiringan ramp yang baik dengan

rasio 1:12 (Ballast, n.d.) dan terdapat pegangan pada jalur sirkulasi.

3.3 Ideasi

Dalam tahapan ini, desainer melakukan pemrograman desain untuk menciptakan transformasi desain. Langkah ini dimulai dengan membuat konsep grafis, gambar pra-desain berupa gambar 2D dan 3D, pemodelan, dan simulasi. Untuk saat ini, proses pengembangan penelitian yang telah dilakukan baru sampai pada tahap ideation. Peneliti melakukan analisis desain melalui berbagai gambar pra desain yang telah dibuat. Produk gambar pra-desain yang telah dibuat antara lain: denah, potongan, tampak; visualisasi 3D; gambar ledakan struktur. Selanjutnya, langkah keempat dan kelima direncanakan akan dilakukan setelah laporan kemajuan penelitian ini.

3.4 Eksperimentasi

Eksperimentasi merupakan tahap untuk mengimplementasikan ide desain melalui serangkaian uji coba untuk mendapatkan umpan balik dari responden dan narasumber. Pada tahap ini, tim peneliti berencana untuk membuat sistem sambungan struktur dalam skala 1:1 yang kemudian akan diuji kelayakannya, terutama kekuatannya dalam menerima beban. Pembuatan dan pengujian sistem sambungan struktur ini penting dilakukan karena merupakan elemen dasar struktur dalam desain knock-down (sesuai dengan konteks kebencanaan). Dari pembuatan dan pengujian sistem sambungan struktur, kemudian akan dilanjutkan dengan perakitan prototipe.

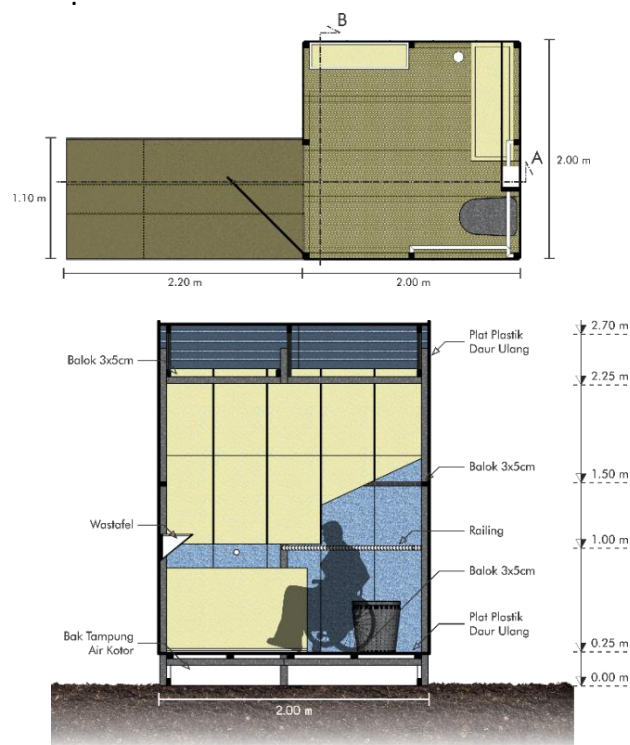
3.5 Evolusi

Evolusi dalam desain pemodelan prototipe toilet portabel darurat inklusif ini diartikan tidak hanya sebagai cerminan implementasi ide desain, namun juga sebagai bahan pembelajaran untuk evaluasi guna meningkatkan kualitas desain berikutnya.

Proses transformasi desain ini berupa gambar pra-rencana yang terdiri dari denah,

potongan, tampak. Gambar explode struktur juga dibuat untuk mengetahui rangkaian bagian struktur yang akan dihubungkan satu sama lain. Terdapat juga beberapa gambar visualisasi 3D untuk menggambarkan desain prototipe toilet portabel darurat inklusif secara keseluruhan.

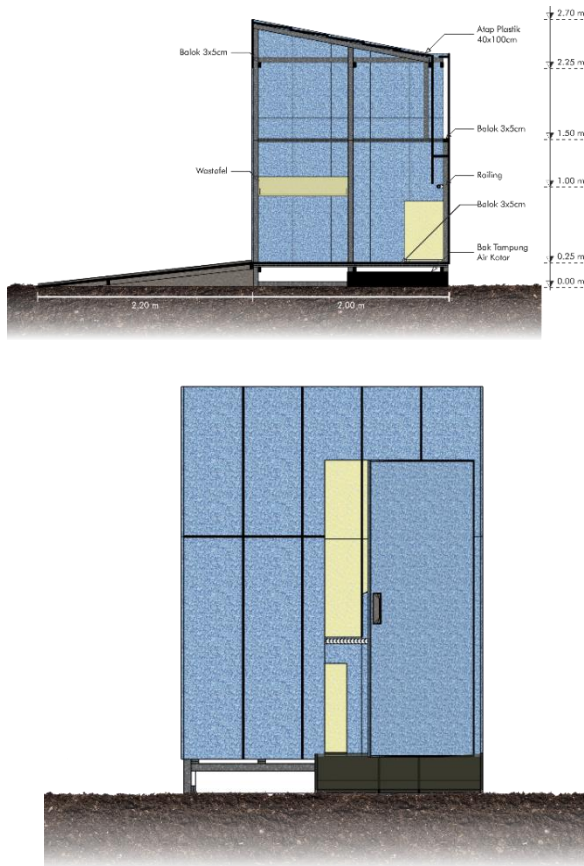
Pada gambar pra-desain, dimensi ruang telah didasarkan pada ukuran standar kebutuhan ruang untuk penyandang disabilitas (kursi roda). Ruang telah dipastikan dapat merespon manuver kursi roda untuk dapat berputar 180 derajat. Terdapat pula ramp untuk akses dengan rasio 1:12 yang disertai dengan pegangan pada setiap jalur sirkulasi. Bukaan pintu pada toilet portabel ini diarahkan ke luar sehingga tidak mengganggu akses kursi roda ketika berada di dalam ruangan. Adapun pada desain prototipe toilet portabel darurat inklusif ini terdapat konsep pemanfaatan air hujan yang diimplementasikan pada bukaan di bagian belakang. Bentuk atap yang melandai ke arah belakang mengalirkan air hujan untuk jatuh ke dalam bak penampung air yang menempel pada dinding belakang toilet portabel. Hal ini menjawab konteks kondisi bencana khusus, ketika suplai air bersih tidak dapat dicapai secara maksimal, maka masih dapat mengandalkan air hujan. Namun, prinsip utama toilet portabel ini tetap menggunakan suplai air PDAM yang sudah ada, dan dapat dialirkan di bak air dan wastafel. Adapun toilet portabel ini menggunakan konsep panggung yang bertujuan untuk merespon kelembaban pada permukaan tanah dan juga untuk mendapatkan ruang bawah yang dapat digunakan untuk menempatkan septic tank. Berikut adalah beberapa visualisasi 3D dari interior dan eksterior prototipe toilet portabel inklusif darurat kebencanaan.



Gambar 2 Inclusive Emergency Portable Toilet Design

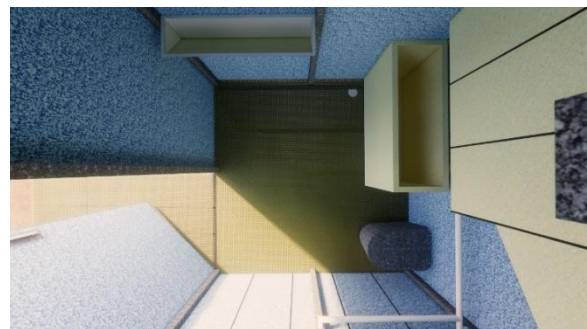
(Sumber: Analisis Penulis, 2023)

Khusus pada desain struktur prototipe toilet portabel darurat inklusif ini, peneliti menampilkan gambar explode agar dapat menampilkan tata letak bagian-bagian struktur secara lebih komprehensif. Desain toilet portabel ini terdiri dari 4 (empat) bagian: pertama adalah struktur utama atau rangka utama yang terdiri dari kolom dan balok; kedua adalah struktur penguat rangka utama yang berfungsi sebagai bracing (balok yang lebih kecil dan tipis). Struktur tulangan juga digunakan sebagai struktur penopang dinding/penutup bangunan; ketiga adalah papan panel yang berfungsi sebagai dinding/penutup bangunan, termasuk di dalamnya adalah panel lantai dan atap; sedangkan yang keempat adalah perabot yang terdiri dari toilet, tandon air, wastafel.



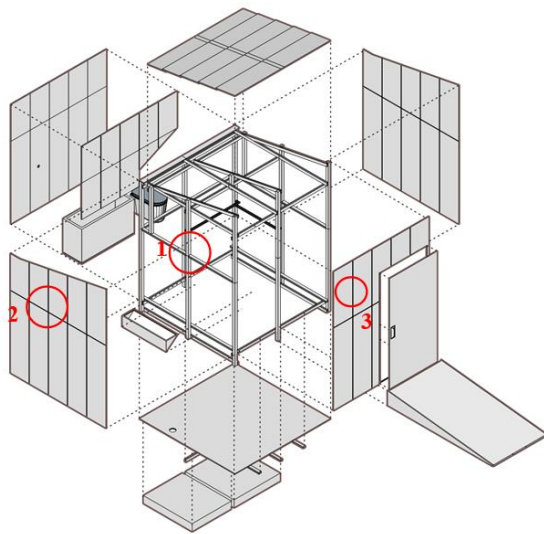
Gambar 3 Gambar Potongan dan Tampak depan
(Sumber: Analisis Penulis, 2023)

Teknik penyambungan dan penyambungan setiap bagian struktur hingga menjadi sebuah konstruksi toilet portabel adalah dengan menggunakan klem besi/baja dengan as, mur, dan baut berulir. Dengan bahan dan sambungan tersebut, memungkinkan adanya toleransi pergerakan yang minimal dalam konstruksi prototipe toilet portabel darurat inklusif. Hal ini merupakan salah satu respon dari ide prinsip portable, sehingga memungkinkan konstruksi dapat dipindah-pindahkan karena tidak terlalu kaku (tidak mudah patah/rusak). Berikut ini adalah visualisasi explode pada konstruksi prototipe toilet portabel darurat inklusif.



Gambar 4 Perspektif interior Portabel Toilet
(Sumber: Analisis Penulis, 2023)

Dari visualisasi eksplisit konstruksi prototipe toilet portabel darurat inklusif di atas, dapat dikembangkan oleh peneliti bahwa untuk sementara ini peneliti telah membuat 3 detail sistem sambungan dan hubungan struktur yang memiliki peran penting dalam desain konstruksi toilet portabel darurat inklusif. Adapun 3 detail sistem sambungan dan hubungan struktur tersebut antara lain: 1) bagaimana hubungan antara rangka utama (kolom dan balok); 2) bagaimana hubungan antara panel dinding dengan rangka utama; dan 3) bagaimana hubungan antar panel dinding. Tabel berikut ini berisi visualisasi dari 3 sistem sambungan dan hubungan struktur secara aksonometri beserta penjelasannya.



Gambar 5 Gambar Exploded Isometric
 Portabel Toilet
 (Sumber: Analisis Penulis, 2023)

Sistem sambungan antar rangka utama menggunakan klem yang terbuat dari pelat aluminium dengan ketebalan 3 mm. Klem pelat tersebut bekerja seperti jaket yang menutupi titik pertemuan antar struktur rangka. Untuk memperkuat klem, penguncian klem dengan struktur rangka menggunakan baut dengan as ulir berdiameter 10 mm. Klem plat aluminium sebelumnya dibuat terlebih dahulu dengan teknik potong, lipat, las. Sedangkan lubang untuk as ulir dan baut dibuat ketika klem sudah terpasang pada struktur rangka.

Sistem penyambungan panel dinding dengan rangka utama menggunakan teknik baut. Sebelumnya telah disiapkan rangka vertikal sebagai rangka untuk menempatkan atau menjepit panel dinding. Rangka vertikal tersebut dilekatkan pada rangka utama dengan baut-baut kecil berdiameter 3-5 mm. Letak rangka mengikuti dimensi lebar panel dinding yaitu 40 cm. Pada beberapa titik di mana panel dinding menempel langsung pada atau di atas struktur rangka, panel dinding dapat langsung dibaut dengan menggunakan teknik ulir melalui struktur rangka utama. Rangka panel dinding pada dasarnya memiliki sisi miring ke dalam di sisi kanan dan kiri dengan lebar setebal panel dinding, yang

dimaksudkan untuk menjepit panel dinding dari samping. Pada sistem penyambungan antar panel dinding sesuai dengan penjelasan sebelumnya adalah dengan menggunakan rangka vertikal dengan jarak selebar panel dinding.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Menegosiasikan aspek inklusivitas pada desain modular sebuah portable toilet tanggap darurat bencana memberikan konsekuensi pada dimensi dan sistem konstruksi bongkar pasang. Aspek inklusivitas merupakan kriteria yang melibatkan kompleksitas persepsi kelompok penyandang disabilitas. Belum semua kriteria persepsi dari berbagai kelompok disabilitas dapat diakomodasi secara terintegrasi. Perkara ini memang membutuhkan uji coba desain yang lebih banyak menghasilkan pemodelan. Aspek inklusivitas yang dapat disampaikan dalam kajian ini adalah kriteria desain yang mampu melayani para pengguna kursi roda, penyandang tuna netra, tuna rungu dan tuna wicara. Keempat kelompok terakhir ini membutuhkan aksesibilitas yang terkait dengan sistem penanda, baik secara audio – visual maupun melalui indra peraba. Aspek ini bisa diakomodasi melalui rekayasa dinding toilet dengan tambahan material yang sifatnya knock down.

Rekomendasi penulis bagi kajian lebih jauh dalam topik yang sejenis adalah kajian yang lebih banyak menggunakan simulasi persepsi pengguna dalam merespon ide desain. Hal ini untuk memudahkan proses pengukuran kualitas desain toilet portable yang bisa mengakomodasi aspek inklusivitas secara lebih komprehensif dan optimal.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih pada segenap jajaran pengelola LPPM, Program Studi Arsitektur dan Magister Arsitektur Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta atas dukungannya dalam proses penelitian hingga diseminasi melalui karya tulis ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ade Fani S. I., Rifqi, M. G., Zulis Erwanto, & M. Shofi'ul Amin. (2021). Desain Struktur Shelter Inovatif Sebagai Tempat Evakuasi Sementara Di Banyuwangi. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 10(1), 25–40. <https://doi.org/10.22225/pd.10.1.2325.25-40>
- Ballast, D. K. (n.d.). *INTERIOR*.
- Golledge, R. G. (1993). *Wiley Royal Geographical Society (with the Institute of British Geographers) Geography and the Disabled: A Survey with Special Reference to Vision Impaired and Blind Populations*. 18(1), 63–85.
- Lubis, H. A. K. . (2008). *Kajian Aksesibilitas Difabel Pada Ruang Publik Kota Studi Kasus: Lapangan Merdeka*. 17.
- Malpass, A., West, C., Quail, J., & Barker, R. (2019). Experiences of individuals with disabilities sheltering during natural disasters: An integrative review. *Australian Journal of Emergency Management*, 34(2), 60–65.
- McKeown, C. (2008). A Guide to Human Factors and Ergonomics. In *Ergonomics* (Vol. 51, Issue 6). <https://doi.org/10.1080/00140130701680379>
- Neufert, E., & Neufert, P. (2012). Neufert Architects' Data Fourth Edition. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Santoso. (2016). Pembuatan Prototipe Hunian Sementara untuk Pengungsi di Indonesia. *Jurnal Titra*, 4(2), 235–242.
- Yang, C. (2011). A new portable toilet design and optimization. *Advanced Materials Research*, 287–290, 2888–2891. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.287-290.2888>
- Noer, M & Sejati, M. N. (2019). Eksperimen Sistem Interlocking Self-Sustained pada Reconfigurable Flat Pack Furniture. *Jurnal Narada*, Volume 6, Edisi 2 September 2019. 241-254.
- Noverti, R. S., Purwono, E. H., & Martiningrum, I. (2014). Perancangan Bangunan Instan Fabrikasi. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Arsitektur*, 2(2). Retrieved from <http://arsitektur.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jma/article/view/42>
- Pamungkas, A, & Harianti, E. (2013). *Desain Pondasi Tahan Gempa*, ISBN: 978-979-29-3569-1, Yogyakarta: Andi Offset.
- Putratama, Z. (2018). *Analisa Perbandingan Kekuatan Penggunaan Inline Bracket dengan Overlap Bracket*. Diploma Thesis, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Putra, H. P & Yebi, Y. (2010). Studi Pemanfaatan Sampah Plastik menjadi Produk dan Jasa Kreatif. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. Vol. 2. No. 1.
- Rizal, F., & Taivo. (2014). Desain Permodelan Sambungan Beton Precast Pada Perumahan Tahan Gempa Di Indonesia Berbasis Knockdown System. *Jurnal Teknik POMITS*, 3(1), 1–4.
- Royani, A. dkk. (2019). Studi Korosi pada Baja Galvanis setelah Ekspos di lingkungan Perairan Sungai Cidaho, Sukabumi. *Jurnal Teknik*, 40 (2), App. 1-5.
- Sekularac, N; Tovarovic, J. C. (2012). *Folded Structures in Modern Architecture*. Facta Universitatis, series Architecture and Civil Engineering, Vol 10. 1-16.
- Sukawi. Struktur membran dalam bangunan bentang lebar. *Jurnal MODUL Vol. 11 No. 1 Januari 2011*. Semarang: UNDIP.
- Wang, X., Altan, H., & Kang, J. (2015). Parametric study on the performance of green residential buildings in China. *Frontiers of Architectural Research*, 4(1), 56–67. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2014.06.007>