

LAPORAN AKHIR PENELITIAN



Pemodelan Desain Purwarupa Inclusive Emergency Portable Toilet untuk Lokasi Kebencanaan dengan Konstruksi Berbahan Utama Material dari Daur Ulang Sampah Plastik

TIM PENGUSUL

**Gregorius Sri WPU, ST, MArch, Dr. Ing
Adimas Kristiadi, S.T., M.Sc.**

Magister Arsitektur

UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA

November 2022

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	0
HALAMAN PENGESAHAN	1
DAFTAR ISI	2
RINGKASAN	3
BAB I PENDAHULUAN	4
1.1. Latar Belakang	4
1.2. Perumusan Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Kontribusi Penelitian	5
1.5. Batasan Penelitian	5
1.6. Peta Jalan Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Desain <i>Inclusive Emergency Portable Toilet</i> di Konteks Kebencanaan	7
2.2. Material Konstruksi dengan Bahan Daur Ulang Limbah Plastik	9
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	11
3.1. Tujuan Penelitian	11
3.2. Manfaat Penelitian	11
BAB IV METODE ANALISIS	12
BAB V HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	13
5.1. Analisis Pendekatan Architecture Design Thinking pada Pemodelan Desain Purwarupa <i>Inclusive Emergency Portable Toilet</i>	13
5.2. Transformasi Desain Purwarupa <i>Inclusive Emergency Portable Toilet</i>	16
5.3. Analisis Pengujian Kuat Tekan dan Kuat Tarik Material Konstruksi Daur Ulang Limbah Plastik (Balok Komposit Plastik)	24
BAB VI RENCANA TAHAP BERIKUTNYA	28
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	30
DAFTAR PUSTAKA	33

RINGKASAN

Penelitian guna menyusun pemodelan desain purwarupa inclusive emergency portable toilet untuk lokasi kebencanaan dengan konstruksi berbahan utama material dari daur ulang sampah plastic ini merupakan penelitian yang bersifat aplikatif dengan penerapan teknologi tepat guna. Inclusive portable toilet menjadi salah 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. Penggunaan konstruksi berbahan dasar material olahan dari sampah plastik merupakan inovasi pengembangan material alternatif yang secara jangka Panjang bertujuan dapat sekaligus mengurangi polusi sampah plastic secara lebih sistematis dan produktif. Isu *upcycling material* dan *zero waste program*, menjadi dua motivasi yang terkait dengan isu global tentang *sustainable living planet*. Integrasi substansi-substansi penting tersebut dicoba diaplikasikan dalam sebuah model perancangan fasilitas dasar kebencanaan dengan menggunakan metode pemodelan desain purwarupa portable toilet, metode pengujian kekuatan desain konstruksi dan material daur ulang. Penelitian produk inovatif ini sendiri merupakan kelanjutan dari serial penelitian terkait dengan pemodelan desain *emergency disaster facilities* untuk lokasi kebencanaan. Hasil pemodelan desain purwarupa ini akan diarahkan pada perolehan HAKI hingga lebih jauh lagi untuk mendapatkan paten. Hal ini menjadi target jangka pendek selain untuk memenuhi kebutuhan akan penyediaan model fasilitas kamar mandi dan toilet umum bagi para korban di lokasi kebencanaan.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia yang terletak pada Kawasan rawan bencana alam sebagai akibat realitas gugusan pulau-pulau Nusantara yang berada di Kawasan *Pacific Ring of Fire* ini, mendorong sikap kesiapsiagaan dari warga untuk menghadapi bahaya laten ini. 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 fasilitas untuk keperluan mandi, cuci pakaian dan aktivitas membuang hajat di kakus (MCK).

Fasilitas MCK dalam kondisi darurat mengisyaratkan sebuah kriteria desain yang selain ergonomis namun juga harus mudah dibongkar pasang serta mudah dalam mobilisasi di lokasi kebencanaan. Tuntutan kepraktisan namun tetap mampu mengakomodasi kebutuhan para korban ini masih harus memenuhi kriteria desain yang universal. Artinya, MCK ini harus bisa digunakan oleh semua orang, termasuk mereka yang berkebutuhan khusus.

Sementara itu, ada sebetulnya ancaman kebencanaan yang berasal dari ulah manusia, yaitu bencana polusi akibat sampah plastic. Beragam bentuk produk kemasan, maupun benda-benda industry berasal dari berbagai jenis plastic. Keberadaan limbah yang sangat sulit didaur ulang ini menjadikan salah satu substansi yang akan diangkat dalam penelitian. Penggunaan material bangunan yang merupakan produk upcycling dari limbah plastic jenis PP (*polypropylene*) dan PP HD (*polypropylene high density*) yang merupakan jenis plastic polymer yang paling banyak digunakan dalam kemasan.

Penelitian ini merupakan sebuah upaya mengintegrasikan gagasan aplikasi teknologi tepat guna di bidang desain purwarupa MCK darurat yang bersifat inklusif dengan memadukan aplikasi bahan konstruksi yang menggunakan produk olahan limbah plastic.

Penelitian ini merupakan penelitian aplikasi teknologi tepat guna berbasis pemodelan desain purwarupa yang menggunakan metode deduktif dan menggunakan instrument penelitian berupa aplikasi simulasi konstruksi, ujicoba bahan material dan

desain ergonomic. Ketiganya diintegrasikan untuk mendapatkan model purwarupa yang dapat mengakomodasi kebutuhan di lokasi bencana.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan penelitian difokuskan pada tiga perkara utama, yaitu: (1) desain ergonomi ruang dan fittings toilet yang portabel, knock down dan inklusif yang mampu mengakomodasi kebutuhan dasar mandi, cuci dan kakus darurat; (2) bentuk dan sistem konstruksi rangka portabel dari *inclusive emergency portable toilet* (3) komposisi jenis material komposit antara limbah plastic PP/PP HD dengan bahan komposit lainnya.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan pemodelan desain purwarupa *inclusive emergency portable toilet* yang sesuai dengan situasi kebencanaan.

1.4. Kontribusi Penelitian

Luaran (*output*) hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi pada beberapa hal, yaitu:

1. Penyediaan desain purwarupa fasilitas *inclusive portable toilet* untuk situasi tanggap darurat di lokasi kebencanaan yang fleksibel, mudah dalam transportasi dan mudah dibongkar pasang.
2. Penyusunan model penelitian aplikatif berbasis desain dengan sistematika dan instrumen analisis berupa studi ergonomi untuk desain bentuk dan ruang serta analisis kuat tekan dan kuat tarik material.
3. Penelitian berbasis teknologi tepat guna dan inovatif untuk aplikasi bahan bangunan yang berasal dari olahan material limbah plastik jenis PP (*polypropylene*) dan PP HD (*polypropylene high density*) yang dapat dimodifikasi menjadi bahan komposit yang luarbiasa.

1.5. Batasan Penelitian

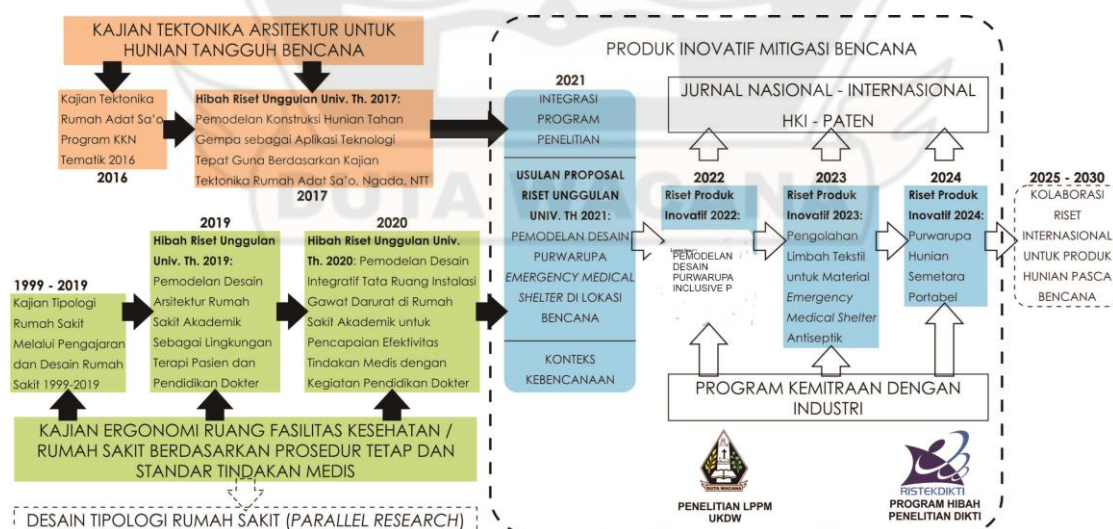
Kajian penelitian difokuskan pada analisis kualitatif terhadap konstruksi *inclusive emergency portable toilet* serta pemodelan desain purwarupanya.

1.6. Peta Jalan Penelitian

Penelitian ini merupakan kelanjutan dari dua penelitian yang telah mengawalinya. Penelitian pertama merupakan penelitian riset unggulan universitas tahun 2021 dengan topik pemodelan desain purwarupa emergency medical shelter untuk para korban di lokasi bencana. Riset unggulan tahun 2021 ini kemudian mendapat dana hibah dari program PKK MBKM dari Dikti di akhir tahun 2021 untuk pengembangan model purwarupanya.

Penelitian ini sendiri merupakan bagian dari serial penelitian untuk pemodelan desain purwarupa fasilitas-fasilitas mendasar dari para korban bencana alam. Setelah emergency shelter, kebutuhan tentang *portable toilet* dan juga fasilitas *emergency shelter* untuk para korban menjadi sangat penting. Pada langkah strategis ini juga melibatkan satu aspek penting yang mendukung program *zero waste*. Aplikasi teknologi tepat guna dalam pengolahan limbah plastic ini menjadi salah satu format kolaborasi antar substansi dalam desain purwarupa ini.

Dengan harapan dalam roadmap integratif ini hasil luaran penelitian yang berupa desain purwarupa dapat dipakai untuk merintis **Riset Produk Inovatif** di Program Matching Funds tahun 2022 atau tahun 2023 sebagai kelanjutan penelitian yang melibatkan pihak industri untuk menghasilkan luaran berupa produk inovatif dan HKI. Perkembangan kedepan diorientasikan untuk pengembangan penelitian berbasis desain bagi penciptaan purwarupa hunian sementara serta hunian pasca bencana lainnya.



Gambar 1. Peta Jalan Penelitian 2022
Sumber: Analisis penulis (2022)

VII. KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. KESIMPULAN

Penelitian tahap ini menghasilkan beberapa kesimpulan yang diantaranya merupakan catatan penting untuk direkomendasikan pada tahapan penelitian berikutnya, yaitu:

1. Optimasi Ergonomi Ruang Inklusif

Dalam penelitian tahap ini, didapatkan sebuah hasil analisis yang menunjukkan faktor-faktor yang sangat memengaruhi kualifikasi ergonomi ruang toilet yang inklusif. Faktor-faktor tersebut adalah:

- a. Ruang manuver bagi kursi roda pengguna sangat memengaruhi dimensi ukuran modul ruang secara keseluruhan.
- b. Dimensi ukuran jarak jangkauan ketinggian untuk peletakan fasilitas maupun fitur-fitur toilet juga dipengaruhi oleh standar ergonomi pengguna kursi roda. Jarak tinggi maksimum yang bisa dijangkau pengguna dewasa kursi roda adalah 130 cm (berdasarkan Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor: 468/ KPTS/ 1998).
- c. Optimasi ukuran kaki-kaki penopang shelter dipengaruhi oleh sudut kemiringan shelter yang optimum bagi kenyamanan akses pengguna kursi roda. Dalam desain ketinggian maksimum antara 25 cm - 30 cm dan Panjang bidang miring antara 200 cm – 250 cm.
- d. Optimasi ketinggian konstruksi shelter untuk portable toilet berada pada ukuran tinggi 250 cm – 300 cm.

2. Kualifikasi Kekuatan Konstruksi dari Material Plastik Komposit

Penelitian ini menghasilkan uji kekuatan konstruksi material komposit plastic dengan hasil kekuatan uji tekan mengikuti standar yang ada yaitu SNI 01-2958-1995 untuk pengujian kuat tekan plastic komposit yang disetarakan dengan pengujian kuat tekan kayu dan SNI 03-3399-1994 untuk pengujian kuat tarik plastic komposit yang disetarakan dengan pengujian kuat tekan kayu. Hasil yang didapatkan dari uji laboratorium adalah sebagai berikut:

- a. Kuat tekan plastic komposit rerata sebesar 13,43 Mpa, dikonversikan menjadi 136,947 Kg/cm².

- b. Untuk hasil pengujian kuat tarik sebesar 12,37 Mpa, dikonversikan menjadi 126,138 Kg/cm².

Kesimpulan hasil konversi ini menempatkan material komposit plastic disetarakan dengan kelas kuat kayu V (< 215 Kg/cm²). Dengan standar kualifikasi kuat kayu V ini material komposit plastic masih memungkinkan untuk bahan konstruksi shelter dengan syarat kerapatan konstruksi penopang perlu ditingkatkan. Beban konstruksinya tidak boleh melebihi beban 215 kg/cm². Konstruksi dengan material komposit plastic ini diharapkan memiliki tingkat kuat lentur yang memadai guna menutupi kuat tekan yang dimilikinya. Sayangnya, penelitian ini belum sampai uji kekuatan puntir dari material komposit plastic. Uji coba aplikasi konstruksi sambungan untuk menguji kekuatan konstruksi sambungan dengan material komposit plastic ini mutlak harus melalui ujicoba prototip konstruksi sambungan. Kondisi ini baru bisa diketahui pada tahapan kelanjutan penelitian ini.

3. Pemodelan Konstruksi Sambungan

Dalam pemodelan desain sambungan ada beberapa model konstruksi yang masih mengandalkan penggunaan material sambungan dari bahan logam. Hal ini karena belum ada ujicoba model sambungan konstruksi yang mengandalkan sepenuhnya pada material komposit plastic. Metode sambungan dengan material sejenis ini memungkinkan kekuatan konstruksi karena sifat homogenitas material. Namun demikian masih membutuhkan desain pemodelan dan ujicoba kekuatan konstruksinya.

4. Pengurusan HAKI

Pada penelitian tahap ini luaran berupa HAKI masih belum bisa dituntaskan mengingat luaran hasil penelitian belum bisa memenuhi seluruh persyaratan untuk diajukan menjadi HAKI. Masih ada uji laboratorium dan uji empiris dengan menggunakan prototip mock-up skala 1:1 yang belum dilakukan. Hal ini akan sangat memengaruhi capaian kualifikasi objek yang akan di buat HAKI nya. Tahap awal ini adalah sosialisasi substansi kepada unit Centrinno UKDW untuk mendapatkan arahan bagi penyiapan proses pengajuan HAKI.

7.2. SARAN

Saran dan rekomendasi lebih ditujukan pada pelaksanaan tahap selanjutnya dari penelitian ini, hal ini karena mengingat ada beberapa tahapan krusial yang terkait dengan evaluasi purna huni untuk melihat optimasi desain yang terkait dengan kebutuhan pengguna. Kemudian, alasan teknis terkait dengan uji kuat konstruksi yang masih belum lengkap membuat pemodelan desain purwarupa ini belum bisa diajukan untuk pengurusan HAKI-nya. Pembuatan prototip model mock-up skala 1:1 sangat diperlukan untuk evaluasi desain, uji konstruksi keseluruhan hingga menjadi portofolio deskripsi bagi pengajuan HAKI maupun Paten.



DAFTAR PUSTAKA

- Akhmad, A. G., & Fachruddin, P. A. (2008). Disain Rumah Tinggal Konstruksi “Knock Down” (Tinjauan Khusus Penggunaan Prefabrikasi Lokal). *Jurnal SMARTek*, 6(1), 18–28.
- Ayu, D. P; Prayitno, B; Haryadi, A. (2020). Fabrikasi Hunian Sementara pasca Bencana. *Jurnal Tesa Arsitektur*, Volume 18, Nomor 1, 32-43.
- Ballast, D. K. (2010). *Interior Detailing: Concept to Construction*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Bell, P. A. (1996). *Environmental Psychology*. Fort Worth, Texas: Harcourt Brace College.
- Benjamin, B.S. (1984). *Structure for architect 2nd edition*. New York: Van Nostland Reinhold
- Dewi, N. I. K; Pratiwi, S. N; Fajria, M. N. (2019). Interlocking System pada Konstruksi Knock Down Bangunan Tradisional Jawa Tajug sebagai Teknologi Responsif Gempa. *Jurnal Arsitektur Zonasi*, Volume 2, Nomor 3, 147-159.
- Ervianto, W. I. (2008). Potensi Penggunaan Sistem Modular Pada Proyek Konstruksi. *Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 170–183.
- Fadilah, F. & Caturias, R. (2006). *Struktur bangunan*. Pendidikan Teknik Arsitektur, Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Faqih, N. (2008). *Analisis desain konstruksi dengan perhitungan manual dan program SAP2000 versi 9, studi kasus konstruksi portal dengan permodelan 3 dimensi*. Fakultas Teknik UNSIQ Wonosobo
- Gunawan, Y & Sari, W. E. (2019). Pengembangan Detil Joinery Shelter Evakuasi Bencana. Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Katolik Parahyangan.
- 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. (2003). *Architect's Data. Third Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Of, C., Falls, N., River, N., North, C. O. F., Island, G., & Erie, L. (2012). *Erie County Department of Environment and Planning Wayfinding Standards & Signage Maintenance Manual Wayfinding Standards & Signage Maintenance Manual*.
- 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>
- Lin, B., Yu, Q., Li, Z., & Zhou, X. (2013). Research on parametric design method for energy efficiency of green building in architectural scheme phase. *Frontiers of Architectural Research*, 2(1), 11–22. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2012.10.005>
- 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.
- Seng, O. D. (1990). Berat Jenis Dari Jenis – Jenis Kayu Indonesia dan Pengertian Beratnya Kayu untuk Keperluan Praktek. Nomor 1 Cetakan II. Soewarsono P.H., penerjemah; Bogor: Lembaga Penelitian Hasil Hutan. Terjemahan dari: *Specific Gravity of Indonesian Woods and its Significance for Practical Use*.
- 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>
- Zacoeb, A. (2018). Struktur Rangka Batang. Materi perkuliahan PAT S2 Rekayasa Struktur TKS 6101 Statika, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

