

GREENERY TEKNOLOGI: MINIATUR RUMAH T.22 LOTENG TEKNOLOGI 3D PRINTING BERBASIS MORTAR

Yuke Ardhiati

Prodi Arsitektur Universitas Pancasila
yuke_ardhiati@yahoo.com

Harry Mufrizon

Prodi Arsitektur Universitas Pancasila
harry.mufrizon@univpancasila.ac.id

Salsaliya Albatani

Prodi Arsitektur Universitas Pancasila
salsaliya1707@gmail.com

Hanum Fitria

Prodi Arsitektur Universitas Pancasila
hanumfitriaa@gmail.com

Safirah Tri Handayani Thamrin

Prodi Arsitektur Universitas Pancasila
safirah.tri@gmail.com

Riva Kusumawati

Prodi Arsitektur Universitas Pancasila
rkusumawati1999@gmail.com

ABSTRAK

Berbasis Kepmen PUPR No.2947 Tahun 2024 dirancang prototipe Rumah T. 22 Loteng untuk diwujudkan menjadi maket 3D Printing Construction (3DPC) agregat mortar. Penelitian Design by Research ini sebagai kolaborasi dengan started-up Autoconz. Metode kerjanya, mengubah gambar virtual arsitektur menjadi komponen prototipe yang dicetak menyerupai material berlapis-lapis. Sekalipun teknologi 3DPC terbukti mereduksi biaya konstruksi untuk jumlah tertentu, mereduksi polutan karena kebutuhan bekisting dan limbah berkurang, serta mengurangi kecelakaan kerja, namun keterbatasan pengoperasian nozzle robot tidak mampu mewujudkan detail paras rumah. Untuk itu, dilakukan penyederhanaan desain. Hasil penelitian berupa maket ini diharapkan menjadi bahan pertimbangan stakeholder program tiga juta rumah (Asta Cita).

KEYWORDS:

Autoconz; maket model; mortar; rumah T.22 Loteng; 3DPC

PENDAHULUAN

Memiliki sandang-papan yang layak berselaras konsep Presiden Soekarno tentang Trisakti untuk memantapkan kedaulatan ekonomi, politik, dan budaya Soekarno (1964). Bagi Masyarakat Berpenghasilan Rendah (MBR), memiliki rumah sendiri sekalipun dalam ukuran mungil sangatlah didambakan. Kampung bersejarah di Mlaten Semarang memiliki luasan mulai 15 m².

Terinspirasi oleh itu Ardhiati merancang *Rumah Cantik untuk Wong Cilik T.22* dengan filosofi *membangun marwah rumah* (MBR) di rumah tapak; (a) penampilan paras depan ditinggikan menjadi *loteng* sebagai optimalisasi ruang bawah atap berpotensi ekonomi kreatif (b) inovasi *sloof* dan kolom segitiga sebagai upaya penghematan biaya, (c) meniadakan kusen pintu dan jendela digantikan engsel putar (Ardhiati, 2013a); (Ardhiati, 2013b). Lebih

lanjut *model Nawasanga 1.000 Kavling Rumah* seluas 168.000 m² sebagai HKI bernomor S00201908855 (DJKI, 2019a); (DJKI, 2019b); (DJKI, 2019c); (DJKI, 2019d). Diikuti sejumlah prototipe (Ardhiati, 2020). Di saat itu terjadi kekosongan pasokan rumah (MBR) T.21 pasca Putusan Mahkamah Konstitusi menolak usulan Dewan Pengurus Pusat (DPP) Asosiasi Pengembang Perumahan dan Permukiman Seluruh Indonesia (APERSI) (Mahkamah Konstitusi, 2012).

Dikenal teknologi 3D printing berbasis mortar (Pegna, 1997). dan disempurnakan (Dooil & Khoshnevis, 2004). dengan *Contour Crafting*. Lalu, ditemukan inovasi pemasangan *binder D-Shape* (Colla & Dini, 2013). Teknologi 3D printing berbahan filamen ditujukan untuk maket arsitektur (Bertram, ed., 2012); (Shahrubudin, Lee & Ramlan, 2019) seiring hadirnya *additive manufacturing* mortar 3D printing (Abu Bakar & Sa'ude, Ibrahim & Ismail, 2023). Terjadi

terobosan pembangunan 10 unit rumah dalam waktu kerja 24 jam di Shanghai (Sarhan, 2014). Kemudian, (Yosief & Chen, 2015) dan (Sakin & Kiroglu, 2017) mengkaji integrasi software *Contour Crafting* dengan *Building Information Modeling* (BIM), sehingga pemodelan lebih efektif, efisien, desain optimal yang mereduksi biaya termasuk mereduksi polutan karena kebutuhan bekisting dan limbah berkurang, serta kecelakaan kerja. Metode kerja 3D *printing* mampu mengubah gambar virtual arsitektur menjadi komponen prototipe yang dicetak menyerupai material yang berlapis-lapis berbahan mortar. (Paoletti & Ceccon, 2018).

TINJAUAN PUSTAKA

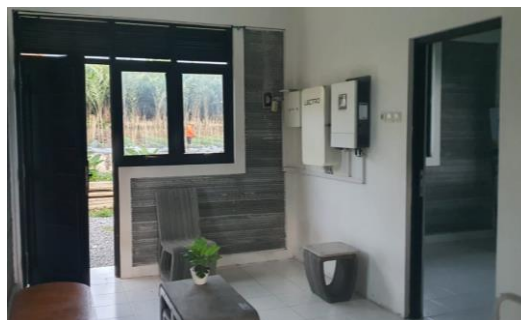
Dalam proses konstruksi, mesin 3DPC memerlukan material mortar aditif bukan agregat kasar untuk mempercepat pengerasan beton. Berkaitan hal ini, beberapa tesis mengemuka; Nadarajah mengembangkan 3D printing berbasis bahan beton untuk industri konstruksi (Nadarajah, 2018), kemudian, (Afinanto, 2020) membahas mix design mortar berkarakteristik *flowability*, *buildability*, *extrudability* serta kuat tekan. Diperlukan pengetahuan khusus tentang komposisi material yang mampu menahan beban di atasnya di saat material tersebut masih bersifat lembek namun menopang berat sendiri dinamai *rheology* (Wu et al., 2021) dan (Rosas et al, 2022)

Teknologi 3DPC dinilai mengurangi jejak karbon (*carbon footprint*) dan biaya konstruksi (Haerdy & Nurzannah, 2023). Di tahun 2024, (Ardhiati & Hasan, 2024) melaporkan hasil konservasi relief-patung di gedung Sarinah skala 1:10 berteknologi 3D printing (Ikatan Arsitek Indonesia (IAI), 2024), berupa pameran Prototype 3D Printed 1:10 berupa relief-patung di Gedung Sarinah dalam acara *Jakarta Architecture Festival Reclaiming Identities Exhibition* di Gedung Thamrin 9 Jakarta. Dan, (Galeri Nasional, 2022) berupa *Virtual Exhibition Poros: the Relief Sarinah*. November 23- December 20, 2022. Komunitas Seni Salihara (Salihara.org, 2024) juga memamerkan karya *The Relief of Sukarno era*

di bulan Mei 2024. Momentum ini bersamaan dengan *start-up Autoconz* membangun rumah percontohan T. 36 dengan 3D printing di Turi, Sleman, Yogyakarta (Autoconz, PT Berdikari Teknologi Indonesia, 2022). *Start-up* 3DPC pemegang paten Komposisi Mortar Proses-Cetak 3D dan Optimalisasi Design, Sistem Kerja, dan Perangkat Keras Mesin 3D *Concrete Printing* (3DCP).



Gambar 1. Rumah percontohan T. 36 dengan 3D printing di Turi, Sleman, Yogyakarta (sumber: Yuke Ardhiati, 2025).



Gambar 2. Interior rumah percontohan T. 36 di Turi, Sleman, Yogyakarta (sumber: Yuke Ardhiati, 2025).

Di penghujung 2024, Kepmen PUPR *melaunching* keputusan bernomor No.2947 yang menghadirkan prototipe/purwarupa rumah T.22 alternatif_1 dengan keleluasaan desain yang dapat dilakukan oleh Arsitek atau Tim Penilai Teknis (TPT). (Kementrian PUPR, 2024). Hal ini menjadi mendorong kolaborasi untuk mewujudkan rumah T.22 Modifikasi menjadi Loteng (Ardhiati, 2025) menjadi maket model 3DPC mortar, yang diharapkan sebagai wacana untuk berkontribusi dalam program Asta Cita.



Gambar 3. Pengkayaan Paras Mula pada Rumah T.22 (sumber: Yuke Ardhiati, 2025).



Gambar 3 & 4. Suasana workshop Autoconz di Yogyakarta dilengkapi robot Bimantara (sumber: Yuke Ardhiati, 2025)

METODE

Penelitian ini berbasis metode kualitatif dengan pendekatan *design by research* (Groat, & Wang, 2002); (Ardhiati, 2018) yang bertujuan memvisualkan model miniatur/maket rancangan rumah T.22 Loteng dengan teknologi 3D Printed Mortar. Ditujukan menjadi prototipe skalatis sebagai tahap validasi Tim Penilai Kekuatan Struktur Bangunan. Sekaligus bermanfaat sebagai persiapan hilirisasi industri konstruksi setelah dilengkapi dokumen *feasibility study* produk yang dikembangkan untuk kebutuhan marketing.

Kebaharuan penelitian ini diperlihatkan pada rancangan maupun metode konstruksi; al. (a) rancangan rumah *Cantik untuk Wong Cilik T.22* mengandung filosofi *membangun marwah rumah MBR* berupa peninggian paras depan yang berpotensi diolah dengan unsur alami dan seni [rupa] warna, mural, mozaik, doodle, relief khas nusantara sebagai daya pikat ekonomi kreatif.

HASIL PENELITIAN

Pelaksanaan pembuatan model maket rumah T.22 Loteng dilaksanakan di workshop Autoconz di Kota Yogyakarta.



Gambar 5, 6 & 7. Proses 3D Printed berbasis mortar (sumber: Autoconz, 2025)

PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini terbukti hasil pemodelan lebih efektif, efisien, desain optimal yang mereduksi biaya termasuk mereduksi polutan karena kebutuhan bekisting dan limbah berkurang, serta kecelakaan kerja. Metode kerja 3D *printing* mampu mengubah gambar virtual arsitektur menjadi komponen prototipe yang dicetak menyerupai material yang berlapis-lapis berbahan mortar. (Paoletti & Ceccon, 2018).

Namun demikian dalam proses perwujudan maket dengan teknologi 3DPC Mortar, terdapat sedikit kendala yang dihadapi antara lain (1) berupa penyesuaian nozle robot

3DPC yang semula didesain untuk kepentingan 3DPC skala 1:1, yang memiliki durasi pengerasan lebih lama dibanding untuk mencetak ukuran maket model atau skala kecil, (2) cara kerja nozzle robotik yang dirancang bekerja secara berlapis-lapis tidak compatible dengan rancangan rumah T.22 Loteng yang relatif rumit dengan adanya ornamen.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasar hasil penelitian, pembuatan model rumah dengan teknologi 3DPC Mortar lebih tepat untuk diterapkan pada rancangan rumah dengan desain yang sederhana, simple tidak terdapat ornament-ornamen yang tidak dapat dilakukan oleh nozzle robot. Untuk menghasilkan ornamen dengan teknologi 3DPC mortar dilakukan dengan penyederhaan dengan membentuk siluet pada paras/ fasad bangunan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kepada Pimpinan Lemlit Universitas Pancasila dan Dekan Fakultas Teknik Universitas Pancasila atas perkenan membiayai Hibah Internal Universitas dengan tema ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu Bakar, M & Sa'ude, N & Ibrahim, M & Ismail, N (2023). Additive manufacturing (3D printing): A review of current 3D concrete printing on materials, methods, applications, properties and challenges. AIP Conference Proceedings. 020001. 10.1063/5.0120868.
- Afinanto, M.F. (2020). *Mix Design Mortar untuk Bangunan Dengan Metode 3D Print Construction*. Tesis. Fakultas Teknik Civil Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. <https://etd.repository.ugm.ac.id/pene-litian/detail/191072>
- Ardhiati, Y. (2013a). *Triadic Colomn & Pivot Hings: To Realize the 'Beautiful House' to 'Wong Cilik' As the Architecture Innovation to Low Cost Housing*.

Proceeding 13th International Conference on QiR (Quality in Reseach) Yogyakarta 25-28 June 2013. Organized by Universitas Indonesia, Universitas Gadjah Mada and Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). https://perpus.univpancasila.ac.id/index.php?p=show_detail&id=125053

- Ardhiati, Y. (2013b). *The Huge Captive Market In The Low Cost Housing Business. Proceeding Seminar International. The 2nd IBSM 2013 International Conference on Business, Management and Accounting, 2- 4 October 2013 in Chiang Mai, Thailand.* https://caalinteduorg.com/proceedings/ibsm2/FP32-Yuke_Ardhiati-The_Huge_Captive_Market.pdf.
- Ardhiati, Y. (2018). *Grounded Theory untuk Arsitektur, Seni dan Desain*. Jakarta: Wastu Adicitta.
- Ardhiati, Y. (2013b). *The Huge Captive Market In The Low Cost Housing Business. Proceeding Seminar International*.
- Ardhiati, Y. (2020). *Prototype*. <https://sinta.kemdikbud.go.id/authors/profile/5996589>.
- Ardhiati, Y. & Hasan, A. (2024). *Identifying, restoring, and remastering of the Sarinah relief sculpture in Jakarta of Indonesia: the limitations of time, space, and technology*. Heritage Science, 227 (2024). <https://doi.org/10.1186/s40494-024-01346-7>
- Ardhiati, Y.(2025). HKI CiptaEC002025116875, 22 Agustus 2025. Rumah Cantik untuk Wong Cilik T.22
- Autoconz, PT Berdikari Teknologi Indonesia. (2022). *Paten Sederhana Komposisi*
- Bazli, M, Ashrafi, H, Rajabipour, A, Kutay, C. (2023). 3D printing for remote housing: Benefits and challenges. *Automation in Construction* (148)104772
- Bertram, P (editor) (2012). *The Makings of an Architectural Model* <https://adk.elsevierpure.com/en/publications/the-makings-of-an-architectural-model>

- https://books.google.dk/books/about/The_Makings_of_an_Architectural_Model.html?id=luGMwEACAAJ&redir_esc=y
- DJKI (2019a). Paten Sederhana *Rumah Cantik untuk Wong Cilik* (S00201908856). <https://pdki-indonesia.dgip.go.id/>
- DJKI (2019b) Paten Sederhana *Model Nawangsa 1.000 Kavling Rumah* (S00201908855). <https://pdki-indonesia.dgip.go.id/>
- DJKI (2019c) Paten Sederhana *Rumah Cantik untuk Wong Cilik* (S00201908856). <https://pdki-indonesia.dgip.go.id/>
- DJKI (2019d) Paten Sederhana *Metode Dinding Susun-Sambung Kunci* (S00201908854) [https://pdki-indonesia.dgip.go.id/Galeri Nasional](https://pdki-indonesia.dgip.go.id/Galeri_Nasional)
- (2022). Virtual Exhibition Poros: the Relief Sarinah. November 23-December 20, 2022 <https://gni.kemdikbud.go.id/pameran-virtual/poros/karya/relief-sarinah>
- Dooil, H & Khoshnevis, B (2004). Concrete Wall Fabrication by Contour Crafting. 10.22260/ISARC2004/0057.
- Colla, V & Dini, E (2013). Large scale 3D printing: From Deep Sea to the Moon, in "low-cost 3D printing for science, education and sustainable development. ICTP - The Abdus Salam Centre for Theoretical Physics, ICTP Science Dissemination Unit. 127-132.
- Galeri Nasional (2022). Virtual Exhibition Poros: the Relief Sarinah. November 23-December 20, 2022 <https://gni.kemdikbud.go.id/pameran-virtual/poros/karya/relief-sarinah>
- Groat, Linda N; Wang, David. (2002). *Architectural Research Methods Architecture /General A Practical Guide To Research For Architects And Designers*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Haerdy, RSM., Nurzannah, IF. (2023). Potensi dan Kendala Penerapan Teknologi *3D printing* dalam Penyediaan Hunian Layak dan Terjangkau di Indonesia. *Reka Karsa: Jurnal Arsitektur* (3) XI.
- Ikatan Arsitek Indonesia (IAI) (2024). Prototype 3D Printed 1:10 Relief di Gedung Sarinah dalam Jakarta Architecture Festival Reclaiming Identities Exhibition di Gedung Thamrin 9 Jakarta.
- Kementrian PUPR (2024). Keputusan Menteri nomor 2947/KPTS/M/2024 tentang tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman tentang Prototipe – Rumah Tinggal. <https://jdih.pu.go.id/detail-dokumen/KepmenPUPR-nomor-2947-tahun-2024-Desain-Prototipe-Purwarupa-Rumah-Tinggal-Sederhana>
- Mahkamah Konstitusi (2012). Putusan Pengujian Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2011 tentang Perumahan Dan Kawasan Permukiman di bawah 36 meter persegi dilarang dibangun [https://bphn.go.id/data/documents/14._putusan_14-puu-x-2012\(perumahan_dan_kawasan_pemukiman\)_pdf](https://bphn.go.id/data/documents/14._putusan_14-puu-x-2012(perumahan_dan_kawasan_pemukiman)_pdf)
- Nadarajah, N. (2018). "Development of concrete 3D Printing". Master's Thesis. Aalto University. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201810055306>
- Paoletti, I and Ceccon, L (2018). The Evolution of 3D Printing in AEC: From Experimental to Consolidated Techniques. DOI: 10.5772/intechopen.79668
- Pegna, J (1997). Exploratory investigation of solid freeform construction. *Automation in Construction* (5) 5. Pp. 427-437. [https://doi.org/10.1016/S0926-5805\(96\)00166-5](https://doi.org/10.1016/S0926-5805(96)00166-5)
- Rosas, M.R. et.al (2022). Evaluation of rheology and printability of 3D printing nutritious food with complex formulations. *Additive Manufacturing*. 58. 103030. [10.1016/j.addma.2022.103030](https://doi.org/10.1016/j.addma.2022.103030).
- Sakin, M., & Kiroglu, Y. C. (2017). 3D Printing of Buildings: Construction of the Sustainable Houses of the Future by BIM. *Energy Procedia*, 134, 702-711.
- Sarhan A. (2014)," Print Your Concrete House by 3D Printer".

<http://99wow.blogspot.com/2014/09/print-your-concrete-house-by-3d-printer.html>

- Shahrubudin, N, Lee, T.C., Ramlan, R. (2019). An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications. *Procedia Manufacturing* (35), pp. 1286-1296. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.06.089>
- Soekarno (1964). Tahun "Vivere Pericoloso" dalam Di Bawah Bendera Revolusi Jilid Kedua Jakarta: Panitia Penerbit Di Bawah Bendera Revolusi.
- Wu, Y et.al. (2021). Study on the rheology and buildability of 3D printed concrete with recycled coarse aggregates. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.103030>
- Yossef, M. and Chen A. (2015). "Applicability and Limitations of 3D Printing for Civil Structures". *Proceedings of the 2015 Conference on Autonomous and Robotic Construction of Infrastructure*. Iowa State University. <https://dr.lib.iastate.edu/handle/20.500.12876/13657>