

## **Teknologi 3D *Printed Wall* Bagi Rumah Sesebuah Mampu Milik**

**Siti Nurathirah Nabihah Samsudin<sup>1</sup>, Rozlin Zainal<sup>1,2,\*</sup>,  
Hamidun Mohd Noh<sup>1,2</sup> & Narimah Kasim<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Jabatan Pengurusan Pembinaan, Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Batu Pahat, 86400 Johor, MALAYSIA

<sup>2</sup> Centre of Project, Property and Facilities Management (ProFM<sup>s</sup>), Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Batu Pahat, 86400 Johor, MALAYSIA

\*Corresponding Author

DOI: <https://doi.org/10.30880/rmtb.2023.04.01.065>

Received 31 March 2023; Accepted 30 April 2023; Available online 1 June 2023

**Abstract:** 3D Printed Wall technology is a new technology that is increasingly being debated because it provides benefits in saving construction project time, especially in the housing sector. This technology is able to deal with the issue of affordable housing of a certain type due to the ever-increasing demand and need. The issue with the widespread use of 3D Printed Wall technology on construction sites is that the cost of expensive 3D printing equipment and materials makes the initial expense of using this technology very high, especially to provide more affordable housing stock. Therefore, the objective of this study is to identify the main challenges of implementing a 3D Printed Wall for an affordable home and identify the main strategy of implementing a 3D Printed Wall for an affordable home. This study involved 73 housing developers in Selangor using a quantitative approach through the distribution of questionnaires online and physical meetings. The percentage of respondents' responses was 71.2%. Frequency and descriptive analysis were used to analyze the data for all objectives. The findings of the analysis for the first objective which is the main challenge of implementing 3D Printed Wall for an affordable house is transportation. While the second objective findings found that the main strategy for the implementation of 3D Printed Wall for an affordable house is worker safety. Therefore, this study can help developers by emphasizing the main challenge and main strategy in improving the implementation of 3D Printed Wall for an affordable house.

**Keywords:** 3D Printed Wall, Affordable, Developer, Single house.

**Abstrak:** Teknologi 3D *Printed Wall* merupakan teknologi baharu yang semakin hangat diperdebatkan kerana memberi faedah dalam penjimatan masa projek pembinaan terutamanya dalam sektor perumahan. Teknologi ini mampu menangani isu rumah mampu milik jenis sesebuah kerana permintaan dan keperluan yang

sentiasa meningkat. Isu penggunaan meluas teknologi 3D *Printed Wall* di tapak pembinaan ialah kos peralatan dan bahan percetakan 3D yang mahal menjadikan perbelanjaan awal menggunakan teknologi ini adalah sangat tinggi terutamanya untuk menyediakan lebih banyak stok rumah mampu milik. Oleh itu, objektif kajian ini adalah untuk mengenal pasti cabaran utama pelaksanaan 3D *Printed Wall* bagi rumah sesebuah mampu milik dan mengenal pasti strategi utama pelaksanaan 3D *Printed Wall* bagi rumah sesebuah mampu milik. Kajian ini melibatkan 73 orang pemaju perumahan di Selangor dengan menggunakan pendekatan kuantitatif melalui pengedaran borang soal selidik secara atas talian dan pertemuan fizikal. Peratusan maklum balas responden adalah sebanyak 71.2%. Analisis frekuensi dan deskriptif digunakan untuk menganalisis data bagi semua objektif. Dapatan analisis bagi objektif pertama iaitu cabaran utama pelaksanaan 3D *Printed Wall* bagi rumah sesebuah mampu milik ialah pengangkutan. Manakala dapatan objektif kedua mendapati strategi utama pelaksanaan 3D *Printed Wall* bagi rumah sesebuah mampu milik ialah keselamatan pekerja. Oleh itu, kajian ini dapat membantu pihak pemaju dengan menitikberatkan cabaran utama dan strategi utama dalam meningkatkan pelaksanaan 3D *Printed Wall* bagi pembinaan rumah sesebuah mampu milik.

**Kata kunci:** 3D *Printed Wall*, Mampu milik, Pemaju, Rumah sesebuah.

## 1. Pengenalan

Seiring dengan perkembangan zaman, potensi 3D *Printed Wall* telah diiktiraf dengan jelas dalam industri pembinaan bangunan yang menggunakan teknik ini bertujuan untuk mengubah reka bentuk bangunan yang kompleks (konvensional) menjadi realiti dalam tempoh yang singkat (Cards, 2019). Teknologi 3D *Printed Wall* telah memberi kesan kepada industri pembinaan di seluruh dunia. Teknologi ini adalah terhad disebabkan oleh bilangan kecil pasukan yang melaksanakan reka bentuk dan pembinaan infrastruktur berskala penuh. Kebanyakan kajian hanya membuat spekulasi mengenai teknologi 3D *Printed Wall* supaya menjadi teknologi yang lebih mantap termasuk dalam pembinaan perumahan mampu milik (Dulebenets, 2021).

3D *Printed Wall* masih kurang mendapat sambutan dalam kalangan pemaju perumahan di Malaysia. Namun, penggunaan teknologi ini diperlukan untuk mengurangkan tempoh pembinaan rumah sesebuah mampu milik disiapkan dalam tempoh yang lebih singkat dan meningkatkan kecekapan serta produktiviti industri pembinaan Malaysia (New Straits Times, 2021). Jika teknologi 3D *Printed Wall* ini diperluaskan penggunaannya, ia dapat memberi penjimatan harga sesebuah rumah sehingga 40 peratus daripada harga pasaran (Amri, 2021).

## 2. Kajian Literatur

Sebagaimana ketetapan dalam objektif kajian, penerangan terperinci berkenaan teknologi 3D *Printed Wall* bagi rumah sesebuah mampu milik dengan merujuk kajian lepas.

### 2.1 Definisi 3D *Printed Wall*

3D *Printed Wall* ialah kaedah struktur moden di mana objek material dicipta dengan mengagihkan bahan dalam lapisan berdasarkan skema digital untuk mencipta model 3D saiz sebenar. Mesin ini terdiri daripada lengan robot yang bergerak masuk dan keluar untuk mengedarkan bahan binaan, dan menghasilkan bahan seperti pes ubat gigi, lapisan demi lapisan (rujuk Rajah 1). Konkrit konvensional tidak boleh digunakan dalam 3D *Printed Wall* kerana setiap lapisan memerlukan pengerasan yang mencukupi sebelum lapisan seterusnya digunakan untuk menyokong beratnya sendiri. Oleh itu, konkrit digunakan dengan bahan tambahan yang mendakan pengerasan konkrit dan agregat kasar juga tidak digunakan di dalamnya. Ketebalan dinding adalah kira-kira 24 cm, ia diperbuat daripada lapisan dalam

dan luar bahan serta disambungkan oleh permukaan penggulungan bahan cetakan yang sama (Shakir, 2019).



**Rajah 1: Pancutan dakwat pencetak (Shakir, 2019)**

## 2.2 Definisi Rumah Sesebuah

Rumah sesebuah merujuk kepada sebuah rumah bersifat tunggal, satu tingkat atau rumah berasingan yang tidak berkongsi dinding dengan rumah lain. Ia berfungsi sebagai tempat tinggal untuk satu atau beberapa keluarga serta tempat perlindungan dari kerpasan, angin, kepanasan, kesejukan dan pencerobohan (Webster, 2022).

## 2.3 Definisi Rumah Mampu Milik

Rumah mampu milik merupakan rumah yang mampu dimiliki oleh kebanyakan orang dan merupakan isu utama dalam pembangunan sesebuah negara. Kemampuan dari segi aspek harga rumah adalah jumlah yang mampu dibayar oleh pembeli. Pihak kerajaan dan institusi swasta berganding bahu dalam penyediaan rumah kepada rakyat. Selain itu, Kerajaan Persekutuan telah menyediakan perbelanjaan dan bilangan unit kepada Kerajaan Tempatan untuk melaksanakan program-program yang khusus. Rumah mampu milik adalah pembangunan perumahan yang disediakan juga oleh pihak kerajaan dimana ianya melibatkan golongan disasarkan sahaja iaitu golongan berpendapatan rendah, sederhana rendah, sederhana (Jabatan Perancangan Bandar dan Desa, 2017).

## 2.4 Cabaran utama pelaksanaan 3D *Printed Wall* bagi rumah sesebuah mampu milik

### a) *Kos yang Tinggi*

Kos yang tinggi untuk membeli atau menyewa peralatan tersebut dan logistik yang terlibat dalam membawa 3D *Printed Wall* yang besar ini ke tapak pembinaan. Kos peralatan dan bahan percetakan 3D menjadikan teknologi ini mahal dan menjadikan perbelanjaan awal menggunakan teknologi ini juga sangat tinggi (Pearson, 2018).

### b) *Kekurangan Tenaga Kerja*

3D *Printed Wall* memerlukan pakar kemahiran yang lebih khusus yang perlu diambil daripada kumpulan tenaga kerja yang lebih tipis dan khusus. Kekurangan buruh pembinaan sudah menjadi masalah serta mencari pekerja yang berkelayakan untuk diambil bekerja dalam persekitaran pembinaan 3D *Printed Wall* mungkin menjadi lebih mencabar pada masa hadapan (Hossan *et al.*, 2020).

### c) *Kawalan Kualiti*

Cuaca, faktor persekitaran adalah semua keadaan yang boleh menjadikan *3D Printed Wall* dalam pembinaan komersial lebih hebat daripada ledakan (Vihaan, 2022). Jika tidak sentiasa dipantau dan diawasi oleh manusia, kualiti dalam pembinaan rumah *3D Printed Wall* boleh menjadi satu masalah yang sangat besar dan menyebabkan kerugian.

d) *Bahan Terhad*

Bahan yang digunakan dalam pembinaan tradisional tidak sama dengan bahan yang digunakan dalam *3D Printed Wall*. Terdapat sangat sedikit bahan pada hari ini yang boleh digunakan dalam *3D Printed Wall* kerana kebanyakan pencetak memerlukan bahan khusus. Ini bermakna ia mungkin tidak boleh menggunakan bahan mentah satu pencetak pada pencetak yang lain (Williamson, 2019).

e) *Peraturan*

Terdapat liabiliti yang mungkin datang dengan menggunakan pencetak berbanding manusia untuk melaksanakan tugas pembinaan tertentu. Undang-undang belum didokumenkan untuk menangani isu yang mungkin timbul dengan struktur *3D Printed*. Pemeriksa dalam sektor pembinaan akan menghadapi halangan yang sama kerana undang-undang dan peraturan tidak ditakrifkan dengan jelas (Kroes, 2022).

f) *Ketidaktepatan Reka Bentuk*

Risiko semasa pembinaan akan meningkat kerana *3D Printed* mencetak segala-galanya pada rumah atau reka bentuk sekaligus. Ini kerana sukar untuk membetulkan sebarang ralat setelah ia dicetak. Jenis mesin atau proses yang digunakan, dengan sesetengah pencetak mempunyai toleransi yang lebih rendah, bermakna bahagian akhir mungkin berbeza daripada reka bentuk asal (Scott, 2016).

g) *Saiz Binaan Terhad*

*3D Printed* pada masa ini mempunyai ruang cetakan kecil yang menghadkan saiz bahagian yang boleh dicetak. Sesuatu yang lebih besar perlu dicetak dalam bahagian yang berasingan dan dicantumkan selepas pengeluaran. Ini boleh meningkatkan kos dan masa untuk bahagian yang lebih besar kerana pencetak perlu mencetak lebih banyak bahagian sebelum kerja manual digunakan untuk menyambung bahagian tersebut (Yossef & Chen, 2015).

h) *Pengangkutan*

Memindahkan *3D Printed* dari satu tempat ke tempat lain boleh menjadi cabaran yang hebat. Pengendalian alat dengan selamat di tapak boleh menjadi sukar serta mendapatkan alat pencetak komponen in situ yang besar bergerak ke tapak pembinaan. Komponen pembinaan bersaiz ketara adalah berat, biasanya sehingga 5 tan. Peralatan yang sesuai perlu dibangunkan untuk mengangkat dan menggerakkan komponen berat (Peterson *et al.*, 2014).

i) *Struktur Batu Tanpa Acuan*

Proses pembinaan struktur batu tanpa acuan untuk menganalisis kebolehlaksanaan dan kestabilan setara menggunakan pembinaan *3D Printed*. Kesukaran akan timbul yang berkaitan dengan masa penetapan sebelumnya lapisan, dan kestabilan lapisan akhir juga akan terjejas (Bos *et al.*, 2016).

## 2.5 Strategi utama pelaksanaan *3D Printed Wall* bagi rumah sesebuah mampu milik

a) *Ciri-ciri Campuran 3D Printed Wall*

Dengan melakukan gantian yang meningkatkan prestasi dan bahan alternatif berasaskan polimer atau tanah liat. Peralatan dan sistem pengurusan yang digunakan dalam pembinaan *3D Printed Wall* menunjukkan pelbagai teknik dan gabungan pelbagai ciri serta fungsi (Rivera *et al.*, 2022).

b) *Kebebasan Reka Bentuk*

Arkitek mampu membina reka bentuk kompleks yang sebaliknya tidak boleh dicapai, terlalu mahal atau intensif buruh untuk dibuat dengan cara pembinaan konvensional. Ini boleh membolehkan lebih banyak inovasi dan kreativiti dalam ruang pembinaan komersial. Keupayaan untuk melakukan reka bentuk bebas atau bentuk organik serta menyediakan peningkatan besar-besaran dalam kecekapan untuk memaksimumkan nilai tenaga buruh sedia ada untuk membantu menyelesaikan krisis kemampuan rumah milik (Beyda, 2021).

c) *Tenaga Kerja Berpengetahuan*

Menurut Hossan *et al.* (2020) potensi untuk menarik generasi baharu pekerja ke dalam industri dengan memberi mereka peluang untuk bekerja dengan teknologi terkini dalam persekitaran yang lebih selamat. Penggunaan teknologi ini boleh memberi manfaat kepada industri pembinaan dengan adanya tenaga kerja berpengetahuan.

d) *Keselamatan Pekerja*

Teknologi 3D *Printed* wujud untuk meningkatkan keselamatan dalam pembinaan. Penggunaan teknologi akan meminimumkan pergantungan kepada sumber manusia yang berpotensi untuk meningkatkan produktiviti dan meningkatkan keselamatan dan kesihatan pekerjaan pekerja dengan mengurangkan kerja berisiko perlu dilakukan dengan teknologi 3D *Printed Wall* (Schuldt *et al.*, 2021).

e) *Peningkatan Produktiviti*

Pembinaan pada masa ini mempunyai keupayaan untuk meningkatkan kelajuan penyiapan ke masa yang tidak dapat dibayangkan. Pemaju perlu mengoptimalkan kelajuan pembinaan rumah dengan menggunakan teknologi baharu untuk menghasilkan pada kadar tertinggi yang mungkin serta meningkatkan produktiviti (Ariyan *et al.*, 2021).

f) *Kecekapan Proses*

Teknologi ini mempersembahkan pendekatan untuk mengukur masa dalam 3D *Printed Wall* dengan mengukur tiga ukuran berbeza iaitu masa cetakan, masa berlalu, dan masa pembinaan. Mengira tahap kelajuan dan ketepatan dalam kedudukan 3D *Printed Wall* yang digantung kabel untuk percetakan 3D berskala besar dengan menggunakan pengoptimuman dalam analisis kinematik dan dinamik (Wu *et al.*, 2016).

g) *Pengoptimuman Penggunaan Bahan*

Teknologi ini boleh membenarkan pengoptimuman penggunaan bahan, walaupun pemilihan bahan harus pertimbangkan keseimbangan antara pengurangan tenaga dalam fasa penggunaan bangunan dan penjaan sisa dalam fasa akhir hayat. Konsep seperti pengoptimuman penggunaan bahan perlu diukur sebagai faktor penyumbang kepada kesan alam sekitar daripada teknologi ini supaya dapat mengatasinya (Hager, 2016).

h) *Pegurangan Kos*

Harga yang lebih membantu untuk menurunkan adalah campuran konkrit baharu yang inovatif. Secara amnya teknologi ini bersaing dengan rumah yang dibina secara konvensional kerana telah dapat mengurangkan kos pembinaan dan dapat menyediakan lebih banyak perumahan mampu milik dan ia terbukti lebih murah untuk dibina berbanding rumah konvensional (Karslioglu, 2022).

i) *Binaan Disesuaikan*

Dalam kaedah pembinaan tradisional yang menggunakan acuan dan pematangan, penyesuaian adalah proses yang sangat memakan masa dan intensif buruh tetapi 3D *Printed Wall* memastikan integriti struktur dipertingkatkan. Ia juga membenarkan pengubahan bahagian tertentu untuk memenuhi keperluan tertentu (Pessoa, 2020).

### 3. Metodologi

Bahagian ini menerangkan mengenai kaedah kajian yang digunakan oleh penyelidik bagi mereka bentuk, mengumpul data dan menganalisis data untuk mendapatkan bukti bagi menyokong kajian ini. Ianya bertujuan mengenal pasti cabaran utama pelaksanaan 3D *Printed Wall* bagi rumah sesebuah mampu milik, mengenal pasti strategi utama pelaksanaan 3D *Printed Wall* bagi rumah sesebuah mampu milik dan seterusnya menganalisis hubungan antara cabaran utama dan strategi utama pelaksanaan 3D *Printed Wall* bagi rumah sesebuah mampu milik.

### 3.1 Reka Bentuk Kajian

Bagi memenuhi objektif dan matlamat kajian, kajian ini menggunakan dua kaedah iaitu data primer dan data sekunder untuk memperolehi maklumat. Data primer yang digunakan dalam kajian ini adalah kaedah kuantitatif yang melibatkan pihak pemaju perumahan di Selangor. Data-data ini diambil melalui kaedah borang soal selidik dan rujukan sumber ilmiah.

#### (a) Borang Soal Selidik

Set borang soal selidik digunakan dalam mengumpul data kajian dan dibuat berdasarkan kajian literatur. Setiap satu set borang soal selidik diedarkan kepada pihak pemaju secara atas talian dan pertemuan fizikal. Populasi kajian ialah pemaju bagi projek perumahan di Selangor. Jadual 1 menunjukkan bilangan unit rumah yang diluluskan mengikut kategori jenis rumah tahun 2022 di Selangor yang sedang menjalankan projek rumah sesebuah adalah sebanyak 88 projek (Jabatan Perumahan Negara, 2022). Maka, berdasarkan penentuan saiz sampel Jadual Krejcie & Morgan (1970), saiz sampel pemaju berlandaskan bilangan unit rumah yang diluluskan adalah sebanyak 73 projek. Borang soal selidik yang diedarkan mengandungi tiga bahagian iaitu Bahagian A, B dan C. Bahagian A mengenai latar belakang dan bahagian B pula terdiri daripada soalan berkaitan cabaran utama pelaksanaan 3D *Printed Wall* bagi rumah sesebuah mampu milik. Bahagian C adalah berkaitan dengan strategi utama pelaksanaan 3D *Printed Wall* bagi rumah sesebuah mampu milik. Tinjauan soal selidik digunakan dengan skala penilaian iaitu skala Likert 5 mata yang terdiri daripada lima pilihan jawapan yang merangkumi “Sangat Tidak Setuju”, “Tidak Setuju”, “Tidak Pasti”, “Setuju” dan “Sangat Setuju”.

**Jadual 1: Bilangan Unit Rumah Yang Diluluskan Mengikut Kategori Jenis Rumah Tahun 2022 (Jabatan Perumahan Negara, 2022)**

Negeri	Rumah Sesebuah
Johor	23
Kedah	85
Kelantan	91
Melaka	121
Negeri Sembilan	17
Pahang	48
Perak	43
Perlis	20
Pulau Pinang	87
Selangor	88
Terengganu	52
W.P. Kuala Lumpur	0
W.P. Putrajaya	0
Jumlah	675

### 3.2 Analisis Data

Analisis data melibatkan kaedah kuantitatif. Analisis kandungan digunakan untuk mengenal pasti tema, konsep dan makna.

#### (a) Analisis Frekuensi

Analisis ini adalah untuk mengukur kekerapan data dalam bahagian A (demografi), B (cabaran utama pelaksanaan 3D *Printed Wall* bagi rumah sesebuah mampu milik) dan C (strategi utama pelaksanaan

3D *Printed Wall* bagi rumah sesebuah mampu milik). Perisian SPSS digunakan bagi membantu menganalisis frekuensi, min dan peratusan. Hasil analisis ini dapat membantu mencapai objektif kajian pertama dan kedua.

(b) *Analisis Deskriptif*

Analisis deskriptif bermaksud mengubah data ke dalam bentuk yang mudah difahami dan dijelaskan, menyusun semula dan memanipulasi data untuk menghasilkan maklumat deskriptif. Kajian ini menggunakan skala Likert yang sama di bahagian B dan C. Pada bahagian ini menggunakan Skala Likert 5 mata untuk menilai tahap persetujuan pemaju. Hasil analisis ini juga membantu mencapai objektif kajian pertama dan kedua.

### 3.3 Kajian Rintis

Kajian rintis dilakukan sebelum melaksanakan kajian penuh dan mengedarkan borang soal selidik atas talian kepada responden. Kajian rintis ini dilakukan kepada 10 orang responden yang terdiri daripada pihak pemaju rumah mampu milik di negeri Selangor. Hal ini kerana, menurut Johnson & Christensen (2000) jumlah fleksibel bilangan responden adalah dalam lingkungan 5 hingga 10 orang. Kajian rintis sangat penting untuk memastikan bahawa responden memahami setiap soalan yang diberikan oleh penyelidik. Hasil analisis ujian kebolehppercayaan set borang soal selidik mempunyai nilai alpha lebih 0.7 iaitu 0.989 (rujuk Jadual 2). Oleh itu, soal selidik boleh dipercayai dan item mempunyai ketekalan dalaman yang agak tinggi (Gliem & Gliem, 2021).

**Jadual 2: Ujian Kebolehppercayaan**

Soalan	Responden	Nilai Alpha Cronbach
109	10	0.989

## 4. Dapatan dan Perbincangan

Perbincangan hasil analisis pengumpulan data daripada soal selidik. Sebanyak 73 set borang soal selidik telah diedarkan kepada pemaju perumahan dan hanya 52 set soalan selidik sahaja dikembalikan bersama jawapan dan digunakan bagi tujuan analisis data. Peratusan maklum balas responden adalah sebanyak 71.2% daripada jumlah soal selidik yang diedarkan.

### 4.1 Bahagian A: Maklumat Responden

Jadual 3 menunjukkan rumusan analisis data dalam bahagian A. Peratusan responden majoriti umur adalah responden yang berumur antara 20 hingga 30 tahun iaitu 67.30% yang mewakili 35 orang responden. Seterusnya, majoriti kelayakan tertinggi responden untuk kaji selidik ini ialah peringkat ijazah iaitu 65.40% dengan 34 orang responden. Diikuti oleh Jurutera Awam sebagai jawatan yang tertinggi responden dengan peratusan 46.20% iaitu seramai 24 responden. Di samping itu, majoriti mempunyai tahun perkhidmatan dalam industri pembinaan antara 1 hingga 5 tahun dengan peratusan 53.8%, mewakili 28 orang responden.

**Jadual 3: Maklumat Responden**

Bil	Maklumat Responden	Frekuensi	Peratus (%)
01	Umur		
	20-30 tahun	35	67.3
	31-40 tahun	9	17.3
	41-50 tahun	4	7.69
02	51 ke atas	4	7.69
	Tahap- tahap Pendidikan		
	Sijil	1	1.92
	Diploma	4	7.69
	Ijazah	34	65.4
	Master	7	13.5

	Lain-lain	6	11.5
03	Jawatan		
	Pengarah	1	1.92
	Pengurus Projek	3	5.76
	Arkitek	3	5.76
	Jurutera Awam	24	46.2
	Juruukur Bahan	2	3.84
	Lain-lain	19	36.5
04	Tahun perkhidmatan dalam industri pembinaan		
	Antara 1 hingga 5 tahun	28	53.8
	Antara 6 hingga 10 tahun	13	25.0
	Antara 11 hingga 20 tahun	3	5.76
	21 tahun dan ke atas	8	15.4

#### 4.2 Bahagian B: Mengenal pasti cabaran utama pelaksanaan 3D *Printed Wall* bagi rumah sesebuah mampu milik

Analisis deskriptif adalah berlandaskan skor min julat persetujuan seperti ditunjukkan Jadual 4. Hasil analisis menunjukkan rumusan analisis data dalam bahagian B. Purata paling tertinggi menunjukkan pengangkutan berada pada tahap persetujuan “tinggi” dengan nilai min sebanyak 4.2600. Selain itu, nilai terendah merupakan saiz binaan terhad dimana nilai min sebanyak 3.9519 dengan tahap persetujuan “tinggi” dan berada pada tahap kedudukan 9. Manakala, item kawalan kualiti nilai purata kedua tertinggi ialah 4.1268 dengan tahap persetujuan “tinggi”. Diikuti dengan bahan terhad, peraturan, ketidaktepatan reka bentuk, kekurangan tenaga kerja, kos yang tinggi, struktur batu tanpa acuan sebanyak 4.0960, 4.0240, 4.0129, 4.0128, 4.0000, 3.9780 dengan tahap persetujuan “tinggi” (rujuk Jadual 5).

**Jadual 4: Jadual Ukuran Persetujuan (Ibrahim, 2013)**

Min Julat Skor	Tahap	Skor Min
1.00-2.33	Rendah	(Tidak Setuju/ Tidak Membantu/ Tidak Puas Hati/ Tiada/ Kadangkala/ Tidak pasti)
2.34-3.66	Sederhana	(Setuju/ Membantu/ Puas Hati)
3.67-5.00	Tinggi	(Sangat Setuju/ Berpuas Hati Sepenuhnya/ Sangat Membantu)

**Jadual 5: Analisis Deskriptif Cabaran Utama**

No	Item	Purata (min)	Tahap Persetujuan	Kedudukan
	Kos yang Tinggi	4.0000	Tinggi	7
1	Kos pembelian peralatan tinggi	4.1154	Tinggi	1
2	Kos logistik tinggi	3.9038	Tinggi	5
3	Kos bahan percetakan 3D tinggi	4.1154	Tinggi	2
4	Kos pembelian tidak selaras dengan bahan binaan sebenar	3.9231	Tinggi	4
5	Kos pembelian tidak selaras dengan penyelenggaraan sebenar	3.8462	Tinggi	6
6	Pelaburan modal untuk mesin tunggal tinggi	4.0962	Tinggi	3
	Kekurangan Tenaga Kerja	4.0128	Tinggi	6
7	Perlu pakar kemahiran yang lebih khusus	4.2500	Tinggi	1
8	Kekurangan buruh pembinaan untuk kendalikan	4.0384	Tinggi	3
9	Perlu pekerja yang berkeelayakan sahaja	3.7884	Tinggi	6



10	Sangat bergantung kepada mesin pencetak menjalankan kerja utama	3.9231	Tinggi	5
11	Kebanyakan pengeluaran automatik oleh pencetak	4.0192	Tinggi	4
12	Sangat bergantung kepada pembekal untuk operasi kerja keseluruhan	4.0576	Tinggi	2
	Kawalan Kualiti	4.1268	Tinggi	2
13	Penggunaan bahan alam sekitar	4.2000	Tinggi	1
14	Cuaca memperlahankan proses pembinaan	4.0576	Tinggi	4
15	Perlu sentiasa dipantau oleh manusia	4.1730	Tinggi	2
16	Perlu sentiasa diawasi oleh manusia	4.0769	Tinggi	3
	Bahan Terhad	4.0960	Tinggi	3
17	Perlu bahan binaan berkualiti tinggi	4.3269	Tinggi	1
18	Bahan mentah yang digunakan tidak sama dengan pembinaan tradisional	4.2307	Tinggi	2
19	Pencetak memerlukan bahan khusus	4.1731	Tinggi	3
20	Tidak boleh menggunakan bahan mentah satu pencetak pada lain pencetak	4.0961	Tinggi	4
21	Pilihan bahan mentah tersedia tidak menyeluruh	4.0000	Tinggi	6
22	Bahan tidak boleh dikitar semula	4.0192	Tinggi	5
23	Kurang selamat untuk makanan	3.8260	Tinggi	7
	Peraturan	4.0240	Tinggi	4
24	Undang-undang belum didokumenkan	3.9615	Tinggi	3
25	Menjaga etika undang-undang hak cipta	3.9423	Tinggi	4
26	Menjaga etika keselamatan	4.1153	Tinggi	1
27	Undang-undang perlu ditakrifkan dengan jelas	4.0769	Tinggi	2
	Ketidaktepatan Reka Bentuk	4.0129	Tinggi	5
28	Pencetak 3D mencetak segala-galanya pada model sekaligus	3.8269	Tinggi	6
29	Kesilapan dalam reka bentuk	3.9038	Tinggi	5
30	Sukar membetulkan ralat setelah dicetak	4.1154	Tinggi	1
31	Toleransi pencetak yang rendah	4.0580	Tinggi	4
32	Peningkatan kos pengeluaran	4.0961	Tinggi	2
33	Peningkatan masa	4.0769	Tinggi	3
	Saiz Binaan Terhad	3.9519	Tinggi	9
34	Ruang cetakan yang kecil	3.9615	Tinggi	2
35	Saiz bahagian boleh dicetak adalah terhad	3.9423	Tinggi	4
36	Bahagian yang lebih besar dicetak secara berasingan	4.0000	Tinggi	1
37	Mencetak lebih banyak bahagian sebelum kerja manual digunakan	3.9038	Tinggi	3
	Pengangkutan	4.2600	Tinggi	1
38	Perlu ruang simpanan yang besar	4.1538	Tinggi	2
39	Sukar memindahkan 3D <i>Printed</i> dari satu tempat ke tempat lain	4.1346	Tinggi	3
40	Pengendalian alat dengan selamat sukar di tapak	4.9807	Tinggi	1
41	Perlu alat pencetak komponen in situ yang besar	4.0769	Tinggi	6
42	Peralatan mengangkat komponen berat	4.1154	Tinggi	4
43	Peralatan mengerakkan komponen berat	4.0961	Tinggi	5
	Struktur Batu Tanpa Acuan	3.9780	Tinggi	8
44	Keperluan meneroka geometri	4.1346	Tinggi	1
45	Menganalisis keboleksanaan bahan binaan	3.8461	Tinggi	7
46	Menganalisis kestabilan setiap lapisan	4.0577	Tinggi	2
47	Pengubahsuaian proses pembinaan	3.9230	Tinggi	5
48	Struktur secara beransur-ansur mengurangkan panjang lapisan	4.0000	Tinggi	3

49	Perlu masa penetapan sebelum lapisan	3.8846	Tinggi	6
50	Penggunaan bahan yang lebih mampan	4.0000	Tinggi	3

Berdasarkan hasil analisis keseluruhan pada Jadual 5 menunjukkan rumusan analisis data responden dalam bahagian B iaitu pengangkutan adalah tahap persetujuan “tinggi”. Hal ini demikian kerana berlakunya kos mengangkut dan memasang rumah 3D *Printed Wall* yang kemudiannya menjadi kontra-intuitif kepada prinsip teknologi ini. Keperluan mengangkut banyak tan konkrit pepejal atau bahan lain yang diperlukan dalam pembinaan walaupun dilakukan dalam bahagian-bahagian penambahan sehingga kos pengangkutan yang menjadi agak tinggi. Hal ini diburukkan lagi jika alat ganti itu perlu dihantar ke luar negara atau rentas negara (Ankner, 2014). Pembinaan rumah 3D *Printed Wall* ini mengambil masa untuk disiapkan dalam beberapa hari berbanding menunggu selama berbulan-bulan. Akan tetapi, mengangkut dan memasang seluruh rumah ke lokasi pembinaan menyebabkan banyak masa utama tambahan kepada projek. Disamping itu, risiko kerosakan di jalan raya juga boleh berlaku. Penghantaran dan pengangkutan rumah atau bangunan 3D *Printed* semasa pemindahan mungkin boleh berlaku kemalangan atau apabila sesuatu bahagian akan rosak dengan cara yang tidak dapat dilihat. Ini membawa risiko rumah itu dibina hanya untuk struktur gagal di kemudian hari. Selain itu, tidak dapat dielakkan akan ada had untuk cara berbilang tan konkrit yang boleh diangkut untuk tujuan pemasangan di tapak (Vihaan, 2022).

4.3 Bahagian C: Mengenal pasti strategi utama pelaksanaan 3D *Printed Wall* bagi rumah sesebuah mampu milik.

Jadual 6 menunjukkan rumusan analisis data dalam bahagian B. Purata paling tertinggi menunjukkan item keselamatan pekerja berada pada tahap persetujuan “tinggi” dengan nilai min sebanyak 4.2346. Selain itu, nilai terendah merupakan binaan disesuaikan dimana nilai min sebanyak 4.0577 dengan tahap persetujuan “tinggi” dan berada pada tahap kedudukan 9. Manakala, item kecekapan proses nilai min ialah 4.1987 dengan tahap persetujuan “tinggi” pada kedudukan kedua tertinggi.

**Jadual 6: Analisis Deskriptif Strategi Utama**

No	Item	Purata (min)	Tahap Persetujuan	Kedudukan
	Ciri-ciri Campuran 3D <i>Printed Wall</i>	4.1110	Tinggi	7
1	Mengurangkan penggunaan alam sekitar	4.0962	Tinggi	9
2	Meningkatkan kebolehbinaan	4.0769	Tinggi	10
3	Melakukan gantian untuk meningkatkan prestasi	4.1923	Tinggi	1
4	Penggunaan bahan alternative berasaskan polimer	4.1538	Tinggi	3
5	Penggunaan bahan alternatif berasaskan tanah liat	4.1346	Tinggi	4
6	Penggunaan lengan robot mudah alih boleh dikawal melalui reka bentuk CAD	4.0577	Tinggi	11
7	Penggunaan lengan robot mudah alih boleh dikawal melalui reka bentuk BIM	4.1346	Tinggi	4
8	Mentakrifkan prosedur proses kerja pembinaan	4.1730	Tinggi	2
9	Mentakrifkan hubungan yang tetap	4.1154	Tinggi	7
10	Memfokuskan kapasiti sifat	4.0577	Tinggi	11
11	Memfokuskan prestasi operasi	4.0000	Tinggi	13
12	Penilaian progresif sifat beberapa komponen	4.1346	Tinggi	6
13	Penyepaduan struktur	4.1153	Tinggi	8
	Kebebasan Reka Bentuk	4.1167	Tinggi	6
14	Inovasi dalam ruang pembinaan komersial	4.2000	Tinggi	1
15	Kreativiti dalam ruang pembinaan komersial	4.1540	Tinggi	4
16	Membina sebarang reka bentuk yang diinginkan	4.1730	Tinggi	3
17	Menghasilkan visual yang menarik	4.1346	Tinggi	5
18	Sebarang saiz boleh dicetak	4.1923	Tinggi	2

19	Sebarang bentuk boleh dicetak	4.0000	Tinggi	10
20	Melakukan reka bentuk bebas	4.0770	Tinggi	7
21	Melakukan reka bentuk organik	4.0192	Tinggi	9
22	Peningkatan kecekapan	4.1346	Tinggi	6
23	Memaksimumkan nilai tenaga buruh yang sedia ada	4.0770	Tinggi	7
	Tenaga Kerja Berpengetahuan	4.1511	Tinggi	4
24	Menarik generasi baru pekerja ke dalam industri	4.2500	Tinggi	1
25	Memberi peluang bekerja dengan teknologi terkini	4.1730	Tinggi	4
26	Mengurangkan tekanan pada kesihatan fizikal pekerja tapak	4.1730	Tinggi	4
27	Memaksimumkan sentuhan manusia	4.0000	Tinggi	7
28	Pekerjaan yang lebih mudah	4.0770	Tinggi	6
29	Meningkatkan pengeluaran rumah mampu milik	4.1730	Tinggi	3
30	Memerlukan pakar tenaga kerja	4.2120	Tinggi	2
	Keselamatan Pekerja	4.2346	Tinggi	1
31	Meningkatkan keselamatan	4.3654	Tinggi	1
32	Melindungi pekerja	4.1730	Tinggi	5
33	Meminimumkan pergantungan kepada sumber manusia	4.1923	Tinggi	3
34	Meningkatkan kesihatan pekerja	4.2500	Tinggi	2
35	Mengurangkan kerja berisiko	4.1923	Tinggi	3
	Peningkatan Produktiviti	4.1412	Tinggi	5
36	Meningkatkan kelajuan pengeluaran	4.1350	Tinggi	3
37	Mengekalkan kualiti	4.0577	Tinggi	6
38	Meningkatkan kelajuan penyiapan	4.1154	Tinggi	5
39	Penggunaan bahan yang cekap	4.1540	Tinggi	2
40	Pengurangan sisa keseluruhan di tapak pembinaan	4.2500	Tinggi	1
41	Menjimatkan kos tambahan	4.1350	Tinggi	3
	Kecekapan Proses	4.1987	Tinggi	2
42	Kelajuan cetakan yang tinggi	4.2884	Tinggi	1
43	Kekuatan ikatan tidak berkurangan dengan ketara	4.1730	Tinggi	4
44	Membina kelajuan cetakan maksimum	4.2692	Tinggi	2
45	Mengira ketepatan dalam kedudukan 3D <i>Printed Wall</i>	4.1154	Tinggi	6
46	Pengoptimuman dalam analisis pergerakan sesuatu objek	4.1540	Tinggi	5
47	Pengoptimuman dinamik	4.1923	Tinggi	3
	Pengoptimuman Penggunaan Bahan	4.1731	Tinggi	3
48	Membenarkan penyepaduan fungsi tambahan dalam struktur	4.1731	Tinggi	2
49	Pengurangan tenaga dalam fasa penggunaan bangunan	4.2115	Tinggi	1
50	Penjanaan sisa dalam fasa akhir hayat maksimum	4.1346	Tinggi	4
51	Menilai kemampuan teknologi	4.1731	Tinggi	2
	Pengurangan Kos	4.0626	Tinggi	8
52	Campuran konkrit baharu yang inovatif	4.2307	Tinggi	1
53	Mengurangkan kos pembinaan	3.9810	Tinggi	3
54	Penyediaan lebih banyak perumahan mampu milik	4.1154	Tinggi	2
55	Memudahkan proses pengoperasian di tapak	3.9231	Tinggi	4
	Binaan Disesuaikan	4.0577	Tinggi	9
56	Penyesuaian insentif buruh	4.1154	Tinggi	1
57	Jaminan ketahanan pembinaan	4.0577	Tinggi	3
58	Integriti struktur dipertingkatkan	4.0961	Tinggi	2
59	Membenarkan perubahan bahagian tertentu	3.9615	Tinggi	4

Secara keseluruhannya, strategi utama pelaksanaan 3D *Printed Wall* adalah keselamatan pekerja berdasarkan Jadual 6. Peningkatan keselamatan pekerja di tapak bina sangat penting untuk dititikberatkan. Keselamatan pekerja telah lama menjadi salah satu kebimbangan terbesar projek pembinaan berskala besar. Pekerja buruh di tapak terdedah kepada pelbagai situasi berbahaya dan selalunya tahap risiko berkaitan kerja yang mengancam nyawa (Hammon, 2022). Teknologi 3D *Printed* yang dilakukan di luar tapak mengurangkan banyak risiko ini dan membolehkan kemudahan perubatan yang diperlukan sedia ada. Disamping itu, mengurangkan risiko kesihatan dan keselamatan pekerja. Hal ini demikian kerana pada projek pencetakan 3D pembinaan biasa di tapak, hanya satu atau dua pengendali yang terlibat untuk memikirkan pencetak pembinaan 3D semasa ia melakukan perkaranya sendiri dan membina struktur rumah. 3D *Printed* melakukan kebanyakan kerja dengan usaha manusia yang minimum iaitu dengan menggantikan pekerjaan berbahaya di tapak dengan proses pencetakan (Noel, 2015). Walau bagaimanapun, kebanyakan rumah 3D *Printed* direka supaya semua kerja elektrik serta penebat perlu dilakukan bersama-sama proses pencetakan 3D. Ini boleh dilakukan untuk mengurangkan masa pembinaan, tetapi juga untuk menyelaraskan proses pencetakan 3D pembinaan apabila menggunakan bahan pengeringan cepat. Hal ini meletakkan pekerja secara langsung dalam persekitaran kerja yang selamat terutamanya kerana dengan peralatan berkomputer yang dikawal semasa pembinaan di tapak dilakukan (Druley, 2019).

## 5. Kesimpulan

Secara kesimpulannya, kajian mendapati bahawa pengangkutan adalah cabaran paling tinggi dalam pelaksanaan 3D *Printed Wall* bagi rumah sesebuah mampu milik oleh pemaju. Pengangkutan menjadi cabaran utama pelaksanaan 3D *Printed Wall* bagi rumah sesebuah mampu milik kerana pengendalian alat dengan selamat sukar di tapak pembinaan. Hal ini memberi permasalahan bagi membina rumah sesebuah mampu milik menggunakan teknologi ini. Walau bagaimanapun, penyelidik mendapati bahawa terdapat beberapa cabaran utama dalam 3D *Printed Wall* bagi rumah sesebuah mampu milik iaitu merangkumi pelbagai aspek seperti kawalan kualiti, bahan terhad, peraturan dan ketidaktepatan reka bentuk. Oleh itu, strategi utama yang perlu dimainkan dalam pelaksanaan 3D *Printed Wall* bagi rumah sesebuah mampu milik telah dicapai ialah keselamatan pekerja dengan meningkatkan keselamatan, kecekapan proses dengan meningkatkan kelajuan cetakan yang tinggi dan pengoptimuman penggunaan bahan dalam mengurangkan tenaga dalam fasa penggunaan bangunan. Kajian ini diharap dapat membantu pihak pemaju menitikberatkan cabaran utama dan strategi utama yang dinyatakan dalam meningkatkan pelaksanaan 3D *Printed Wall* bagi pembinaan rumah sesebuah mampu milik.

## Penghargaan

Penulis ingin merakamkan setinggi penghargaan kepada Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, UTHM dan pihak responden yang terlibat dalam kajian ini di atas segala sokongan dan kerjasama yang telah diberikan.

## Rujukan

- Amri, S. A. (2021, August 20). *Rumah siap 48 jam*. Dicapai daripada Metro: <https://www.hmetro.com.my/amp/pks/2021/08/744603/rumah-siap-48-jam>
- Ankner, B. (2014, June 25). 3D Printers: Changing Transportation As We Know It. *Principal, Transportation Solutions*. Dicapai daripada <https://www.enotrans.org/article/3d-printers-changing-transportation-know/>
- Ariyan, L., Reynecke, N., Mahachi, J. (2021). *3D-Printed Houses Pilot Project*. Republic of South Africa: National Department of Science and Innovation.
- Beyda, E. (28 April, 2021). *Can 3D Printing Solve the Housing and Worker Shortage?* Dicapai daripada Built The BlueBeam: <https://blog.bluebeam.com/3d-printing-housing-worker-shortage/>

- Bos, F. P., Wolfs, R. J. M., Ahmed, Z. Y., & Salet, T. A. M. (2016). Additive manufacturing of concrete in construction: potentials and challenges of 3D concrete printing. *Virtual and Physical Prototyping*, 11(3), 209-225. doi:<https://doi.org/10.1080/17452759.2016.1209867>
- Cards, T. (16 August, 2019). *Technology Cards*. Dicapai daripada Construction 3D Printing: <https://www.technologycards.net/the-technologies/construction-3d-printing>
- Druley, K. (2019, April 28). 3D printing and worker safety. *Safety Health Nsc Publication*. Dicapai daripada <https://www.safetyandhealthmagazine.com/articles/18295-d-printing-and-worker-safety>
- Dulebenets, M. A. (2021). Numerical Study of Fire and Energy Performance of Innovative Light-Weight 3D Printed Concrete Wall Configurations in Modular Building System. *Sustainability*, 13(4), 1-20. doi:<https://doi.org/10.3390/su13042314>
- Gliem & Gliem. (2021, September 16). *Midwest Research to Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education*. Dicapai daripada scholarwork: [https://scholarworks.iupui.edu/bitstream/handle/1805/344/gliem+&gliem.pdf?s\\_equence=1](https://scholarworks.iupui.edu/bitstream/handle/1805/344/gliem+&gliem.pdf?s_equence=1)
- Hager, I. (2016). 3D Printing of Buildings and Building Components as the Future of Sustainable Construction? *Procedia Engineering*, 151(2), 292-299. doi:<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.357>
- Hammon, D. (2022, September 30). *Inhabitat*. Dicapai daripada Are 3D-printed homes a sustainable option for the future?: <https://inhabitat.com/are-3d-printed-homes-a-sustainable-option-for-the-future/>
- Hossan, MD., Zhumabekova, A., Paul, S., Kim, J. (2020). A Review of 3D Printing in Construction and its Impact on the Labor Market. *sustainability*, 12. doi:<https://doi.org/10.3390/su12208492>
- Ibrahim, M. (2013). bab empat: analisis dan dapatan kajian 4.0. *UM Student's Repository*, 95-154. Dicapai daripada [http://studentsrepo.um.edu.my/5421/2/BAB\\_EMPAT.pdf](http://studentsrepo.um.edu.my/5421/2/BAB_EMPAT.pdf)
- Jabatan Perancangan Bandar dan Desa. (2017). *Garis Panduan Perancangan*. Dicapai daripada Portal Rasmi PLAN MALAYSIA: <https://www.planmalaysia.gov.my/index.php/agensi/penerbitan-planmalaysia/penerbitan-garis-panduan-perancangan>
- Jabatan Perumahan Negara. (2022). *Bilangan Unit Rumah Yang Diluluskan Mengikut Negeri Dan Kategori Jenis Rumah Tahun 2022*. Dicapai daripada Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan: [https://www.data.gov.my/data/ms\\_MY/dataset/bilangan-unit-rumah-yang-diluluskan-mengikut-negeri-dan-kategori-jenis-rumah](https://www.data.gov.my/data/ms_MY/dataset/bilangan-unit-rumah-yang-diluluskan-mengikut-negeri-dan-kategori-jenis-rumah)
- Johnson, B., & Christensen, L. . (2000). *Educational research: Quantitative and qualitative approaches*. Dicapai daripada American Psychological Association : <https://psycnet.apa.org/record/1999-04454-000>
- Karslioglu, A., Alkayis, M, H., Onur, M, I. (2022). *3D Printing Technology in Construction Sector: A Short Review*. Conference: 2nd International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences.
- Krejcie, R.V., & Morgan, D.W., (1970). Determining Sample Size for Research Activities. *Educational and Psychological Measurement*.
- Kroes, B. T. (13 April, 2022). *3D Printing in Construction: The Intersection Between Law and Innovation*. Dicapai daripada [hurtado zimmerman](https://www.hurtadozimmerman.com/3d-printing-construction-intersection-between-law-and-innovation/): <https://www.hurtadozimmerman.com/3d-printing-construction-intersection-between-law-and-innovation/>
- New Straits Times. (30 October, 2021). *SCIB, CIDB to carry out R&D on building structures with new 3d machine*. Dicapai daripada NST Business: <https://www.nst.com.my/business/2021/10/741313/scib-cidb-carry-out-rd-building-structures-new-3d-machine>
- Noel, B. (2015, April 16). *forconstructionpros*. Dicapai daripada How 3D Printing is Affecting the Construction Industry: <https://www.forconstructionpros.com/blogs/construction-toolbox/blog/12059477/how-3d-printing-is-affecting-the-construction-industry>
- Pearson, A. (24 January, 2018). *10 Disadvantages of 3D Printing Technology*. Dicapai daripada 3dinsider: <https://3dinsider.com/3d-printing-disadvantages/>
- Pessoa, S., & Guimaraes, A, S. (2020). The 3D printing challenge in buildings. *E3S Web of Conferences*, 172, 1-7. doi:<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017219005>
- Peterson, S., Bedeman, M., Godunova, D. (2014). *3D printing in the transportation industry* . Dicapai daripada IBM Institute for Business Value: <https://www.ibm.com/thought-leadership/institute-business-value/report/3d-printing>
- Rivera, R., Rocamora, A., Alvarado, R., Sanguinetti, C., Gonzalez, L. (2022). Recent Developments and Challenges of 3D-Printed Construction: A Review of Research Fronts. *Buildings*, 12(2). doi: <https://doi.org/10.3390/buildings12020229>
- Schuldt, S, Jagoda, J, A., Hoisington, A., Delorit, J, D. (2021). A systematic review and analysis of the viability of 3D-printed construction in remote environments. *Automation in Construction* , 125, 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103642>
- Scott, C. (16 June, 2016). *Chinese Construction Company 3D Prints an Entire Two-Story House On-Site in 45 Days*. Dicapai daripada The Voice of 3D Printing: <https://3dprint.com/138664/huashang-tengda-3d-print-house/>

- Shakir, Q. M. (2019). 3D-printing of Houses. *Research Gate*, 1-6. doi:<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29453.08168>
- Vihaan, Y. (14 May, 2022). *How long do 3D printed houses last?* Dicapai daripada 3DRIFIC: <https://3drific.com/how-long-do-3d-printed-houses-last/>
- Webster. (14 June, 2022). *House*. Dicapai daripada Merriam-Webster.com dictionary.: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/house>
- Williamson, Z. (27 May, 2019). *Pros And Cons Of 3D Printed Construction*. Dicapai daripada Architect outsourcing: <https://architectoutsourcing.com/blogs/pros-and-cons-of-3d-printed-construction/>
- Wu, P., Jun, W., Xiangyu, W. (2016). A critical review of the use of 3-D printing in the construction industry. *Elsevier*, 68, 21-31. doi:<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.04.005>
- Yossef, M., & Chen, A. (2015). *Applicability and Limitations of 3D Printing for Civil Structures*. The Proceedings and Limitations of the 2015 Conference on Autonomous and Robotic Construction of Infrastructure.