

JURNAL

PERMUKIMAN

Model Penilaian Kriteria Bangunan Gedung Hijau Pembangunan Vila di Kabupaten Badung

I Wayan Muka

Penyesuaian Ruang pada Rumah Tinggal Pasca Pandemi Covid-19 di Semarang

*Yudha Pracastino Heston, Mariana Wulandari, Rizky Citra Islami, Dimas Hastama N,
Lusman Sulaiman*

Studi Pemetaan Sistematis Karir Perumahan Studi Kasus: Kota Yogyakarta

Yulinda Rosa

Pemanfaatan Bakteri Ureolitik pada Beton Mutu Tinggi untuk Menutup Keretakan Akibat Kuat Tekan

M. Nuril Khair, Teuku Budi Aulia, dan Yunita Idris

Optimasi Kekuatan Tarik Belah Beton Mutu Tinggi melalui Peningkatan Efektivitas Bakteri pada *Self-Healing Concrete*

Andi Alepu, Teuku Budi Aulia, Yunita Idris

JURNAL PERMUKIMAN	VOL. 19	NO. 2	HAL 63 - 128	BANDUNG NOVEMBER 2024	E-ISSN 2339 - 2975
Terakreditasi KEMENRISTEKDIKTI No : 21/E/KPT/2018 Peringkat 2 (S2)					

Akreditasi Jurnal Ilmiah Nomor: 21/E/KPT/2018, Tanggal 9 Juli 2018

**Jurnal Permukiman ditetapkan sebagai Jurnal Ilmiah TERAKREDITASI PERINGKAT 2
Berdasarkan Kutipan Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia**

Jurnal Permukiman merupakan majalah berkala yang memuat karya tulis ilmiah hasil penelitian, pengembangan, kajian atau gagasan di bidang permukiman meliputi kawasan perkotaan/perdesaan, bangunan gedung yang berada di dalamnya, serta sarana dan prasarana yang mendukung perikehidupan dan penghidupan. Diterbitkan sejak tahun 1985 dengan nama Jurnal Penelitian Permukiman dan tahun 2006 berganti menjadi Jurnal Permukiman dengan frekuensi terbit dua kali dalam setahun setiap bulan Mei dan November.

- Pelindung : Direktur Bina Teknik Permukiman dan Perumahan
Penanggung Jawab : Kasubdit Data dan Pengembangan Sistem Informasi Permukiman
- Pemimpin Redaksi : Drs. Aris Prihandono, MSc. (*Bidang Teknologi Infrastruktur Permukiman, Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan*)
- Dewan Redaksi : Prof. Dr. Andreas Wibowo, ST. MT. (*Bidang Manajemen dan Rekayasa Konstruksi, Universitas Katolik Parahyangan*)
Dr. Wahyu Sujatmiko, ST. MT. (*Bidang Teknik Fisika, Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan*)
Ade Erma Setyowati, ST, M.Ec.Dev. (*Bidang Permukiman, Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan*)
Fenita Indrasari, ST. MT. Ph.D. (*Bidang Perumahan dan Perkotaan, Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan*)
- Mitra Bebestari : Prof. Dr. Ir. Bambang Subiyanto, M. Agr. (*Bidang Bahan Bangunan, Badan Riset dan Inovasi Nasional*)
Prof. Ir. Iswandi Imran, MAsc. Ph. D. (*Bidang Rekayasa Struktur, Institut Teknologi Bandung*)
Dr. Ir. Tri Padi (*Bidang Teknik Lingkungan, Profesional*)
Muhamad Abduh, Ph. D. (*Bidang Rekayasa Konstruksi, Institut Teknologi Bandung*)
Dr. Ir. Suprpto, MSc. FPE. (*Bidang Teknik Fisika, Profesional*)
Prof. Dr. Ir. Anita Firmanti, MT. (*Bidang Bahan Bangunan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat*)
I Gede Nyoman Mindra Jaya, MSi. (*Bidang Statistik, Universitas Padjadjaran*)
Dr. Eng. Aris Aryanto, ST. MT. (*Bidang Bahan dan Rekayasa Struktur, Institut Teknologi Bandung*)
Dr. Yosafat Aji Pranata, ST. MT. (*Bidang Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha*)
Dr. Ir. Purnama Salura, MT. MBA. (*Bidang Arsitektur, Universitas Katolik Parahyangan*)
Prof. Dr. Ir. Arief Sabaruddin, CES. (*Bidang Perumahan dan Permukiman, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat*)
Dr. Sri Astuti, MSA. (*Bidang Arsitektur, Universitas Komputer*)
Dr. Rizki Armanto Mangkuto, ST. MT. (*Bidang Teknik Fisika, Institut Teknologi Bandung*)
Adiwan Fahlan Aritenang, ST. MGIT. Ph. D. (*Bidang Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Bandung*)
Sarbidi, ST. MT. (*Bidang Teknik Lingkungan, Profesional*)
Prof. Dr. Ing. Prayatni Soewondo, MS. (*Bidang Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung*)
- Ketua Editor Pelaksana : Dra. Nursiah
Pelaksana : Dian Ariani, S.Si. Meydina Fauzia A., S. Ptk.
Dra. Roosdharmawati Nur Kholilah Harahap, S. Kom.
Elok Aflakhah, M. Kom

Daftar Isi

Halaman Daftar Isi	ii
Pengantar Redaksi	iii
Model Penilaian Kriteria Bangunan Gedung Hijau Pembangunan Vila di Kabupaten Badung <i>Green Building Criteria Assessment Villa Development Model in Badung Regency</i> <i>I Wayan Muka</i>	63–76
Penyesuaian Ruang pada Rumah Tinggal Pasca Pandemi Covid-19 di Semarang <i>Dwelling Space Adjustment Post-Covid-19 Pandemic in Semarang</i> <i>Yudha Pracastino Heston, Mariana Wulandari, Rizky Citra Islami, Dimas Hastama Nugraha, Lusman Sulaiman</i>	77–84
Studi Pemetaan Sistematis Karir Perumahan Studi Kasus: Kota Yogyakarta <i>Housing Career Systematic Mapping Study (SMS) Case Study: Yogyakarta City</i> <i>Yulinda Rosa</i>	85–97
Pemanfaatan Bakteri Ureolitik pada Beton Mutu Tinggi untuk Menutup Keretakan Akibat Kuat Tekan <i>Utilization of Ureolytic Bacteria in High Quality Concrete to Cover Cracks Due to Compressive Strength</i> <i>M. Nuril Khair, Teuku Budi Aulia, dan Yunita Idris</i>	98–106
Optimasi Kekuatan Tarik Belah Beton Mutu Tinggi melalui Peningkatan Efektivitas Bakteri pada <i>Self-Healing Concrete</i> <i>The Improvement of the Tensile Strength of High-Strength Concrete through the Optimization of Bacteria in Self-Healing Concrete</i> <i>Andi Alepu, Teuku Budi Aulia, Yunita Idris</i>	107–118
Kumpulan Abstrak	119–123
Indeks Subjek	124
Indeks Pengarang	125–128

Pengantar Redaksi

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT karena dengan rahmat-Nya kami dapat menyelesaikan penerbitan Jurnal Permukiman nomor 2 (dua) sebagai edisi penutup pada tahun ini. Dalam terbitan kali ini akan dibahas mengenai persyaratan bangunan gedung melalui penilaian kriteria Bangunan Gedung Hijau pada pembangunan vila serta perubahan ruang dalam rumah tinggal pasca pandemi Covid-19, penerapan konsep karir perumahan, dan penggunaan beton berkualitas tinggi dengan memanfaatkan bakteri dan inovasi self-healing concrete.

“Model Penilaian Kriteria Bangunan Gedung Hijau Pembangunan Vila Di Kabupaten Badung” dibahas oleh I Wayan Muka. Hasil penilaian tersebut akan dijadikan bahan evaluasi dalam pelaksanaan pembangunan kawasan hijau yang mengedepankan kelestarian lingkungan dengan menggunakan material ramah lingkungan, dan bagi pemerintah dapat digunakan untuk mengambil keputusan dalam mengeluarkan perizinan Bangunan Gedung. Aspek kenyamanan, aksesibilitas, keselamatan, dan kesehatan bangunan bersifat dinamis dengan mempertimbangkan perubahan kondisi internal dan eksternal yang paling optimal dari bangunan tersebut akibat pandemi. Yudha Pracastino Heston, Mariana Wulandari, Rizky Citra Islami, Dimas Hastama Nugraha, Lusman Sulaiman menuangkan dalam tulisan yang berjudul “Penyesuaian Ruang Pada Rumah Tinggal Pasca Pandemi Covid-19 Di Semarang”.

Yulinda Rosa melakukan “Studi Pemetaan Sistematis Karir Perumahan, Studi Kasus: Kota Yogyakarta” dengan tujuan untuk mengidentifikasi, mengklasifikasikan, dan melakukan analisis tematik dari literatur untuk menciptakan pemahaman tentang karir perumahan menggunakan metode systematic mapping study.

“Pemanfaatan Bakteri Ureolitik Pada Beton Mutu Tinggi Untuk Menutup Keretakan Akibat Kuat Tekan” disusun oleh M. Nuril Khair, Teuku Budi Mulia, Yunita Idris dan “Optimasi Kekuatan Tarik Belah Beton Mutu Tinggi Melalui Peningkatan Efektivitas Bakteri Pada *Self-Healing Concrete*” disusun oleh Andi Alepu, Teuku Budi Mulia, Yunita Idris. Kedua tulisan tersebut membahas mengenai upaya meningkatkan umur dan keamanan struktur pada beton mutu tinggi. Tekanan yang tinggi dapat menyebabkan kerapuhan dan retakan. Salah satu solusinya dengan menambahkan bakteri yang menghasilkan mineral melalui proses mikroba berupa kalsium karbonat. Kelemahan sifat beton yang rentan terhadap kuat tarik, menyebabkan retakan mikro yang berpotensi menjadi retakan makro tanpa terdeteksi. Inovasi untuk mengatasi masalah ini berupa *self-healing concrete*, dengan menambahkan bakteri kedalam campuran beton. Penggunaan bakteri sebagai agen *self-healing* berpengaruh positif meningkatkan kuat tarik belah. mengurangi penyerapan air, dan menurunkan permeabilitas beton.

Selamat membaca

Bandung, November 2024
Redaksi

MODEL PENILAIAN KRITERIA BANGUNAN GEDUNG HIJAU PEMBANGUNAN VILA DI KABUPATEN BADUNG

Green Building Criteria Assessment Villa Development Model In Badung Regency

I Wayan Muka

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hindu Indonesia
Jalan Sanggalangit, Penatih, Denpasar Timur 80341
Surel: wayanmuka@unhi.ac.id

Diterima: 21 Mei 2024; Disetujui : 29 Oktober 2024

Abstrak

Perkembangan wilayah Bali semakin pesat, khususnya pembangunan akomodasi yang mendukung pariwisata, seperti vila dan hotel. Namun, pembangunan berkelanjutan telah berdampak negatif terhadap lingkungan sekitar proyek, termasuk pengurangan ruang hijau dan akumulasi limbah konstruksi. Banyak dari perkembangan ini telah mengabaikan peraturan pemerintah yang telah diberlakukan. Usaha konstruksi di Kabupaten Badung dituntut untuk menerapkan konsep Green Building, namun masih banyak kendala yang menghambat pelaksanaannya. Hasilnya, penelitian dilakukan untuk mengetahui tingkat kepatuhan terhadap Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 21 Tahun 2021, hambatan penerapan Bangunan Gedung Hijau, dan strategi penanggulangan tersebut. Metode penelitian yang digunakan adalah kuesioner yang dibagikan ke 13 proyek vila di Kabupaten Badung, Provinsi Bali, sehingga menghasilkan total 39 responden. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi Bangunan Hijau di Kabupaten Badung, Provinsi Bali, memiliki tingkat persentase sebesar 64,24% dan tergolong dalam kategori menengah BGH. Penilaian kriteria bangunan hijau dan kurangnya jangkauan dari pemerintah mengenai penghematan energi dan penggunaan bahan ramah lingkungan diidentifikasi sebagai hambatan utama untuk menerapkan Bangunan Hijau.

Kata Kunci: Vila, bangunan gedung hijau, lingkungan, konstruksi hijau, Kabupaten Badung

Abstract

The development of the Bali region is rapidly increasing, particularly the construction of accommodations that support tourism, such as villas and hotels. However, sustainable development has had a negative impact on the environment surrounding projects, including the reduction of green space and accumulation of construction waste. Many of these developments have disregarded government regulations that have been put in place. Construction businesses in Badung Regency are required to implement the concept of Green Building, but there are still numerous obstacles that hinder its implementation. As a result, research was conducted to determine the level of compliance with the Regulation of the Minister of Public Works and Public Housing No. 21 of 2021, the obstacles to implementing Green Buildings, and strategies for overcoming these obstacles. The research method used was a questionnaire distributed to 13 villa projects in Badung Regency, Bali Province, resulting in a total of 39 respondents. The results of the study showed that the implementation of Green Buildings in Badung Regency, Bali Province, has a percentage rate of 64.24% and is classified as being in the middle category of the BGH. The assessment of green building criteria and lack of outreach from the government regarding energy savings and the use of environmentally friendly materials were identified as the main obstacles to implementing Green Buildings.

Keywords: Villa, green building, environment, green construction, Badung Regency

PENDAHULUAN

Tiga perempat umat manusia saat ini tinggal di kota besar dan kecil (Dijkstra 2020), dan diperkirakan tren ini akan terus berlanjut tanpa henti. Sedangkan kota hanya mencakup sebagian kecil dari daratan bumi. Permukaan bumi menyumbang hingga 80% dari total konsumsi energi dan 75% karbon emisi sehingga dampaknya sangat besar terhadap lingkungan hidup.

Untuk memahami proses lingkungan perkotaan, mengetahui ketinggian bangunan adalah kuncinya (Zhu 2019) dan struktur vertikal permukiman telah diidentifikasi sebagai parameter utama untuk mensistematisasikan bentuk perkotaan multi-dimensi (Wentz 2018). Banyak besaran yang berskala linier dengan tinggi bangunan. Misalnya, tinggi bangunan atau informasi terkait seperti luas lantai

telah terbukti menjadi indikator penting untuk memperkirakan konsumsi energi (Resch Resch, E., Bohne, R.A., Kvamsdal, T., Lohne, J., 2016.), alokasi ketersediaan material (Tanikawa 2015), emisi gas rumah kaca (Borck 2016), kesejahteraan manusia dan efek panas perkotaan (Perini 2014), atau sebaran penduduk (Alahmadi 2013). Yang terakhir juga dari meningkatkan relevansi sebagai pengetahuan tentang distribusi dan konsentrasi populasi dapat membantu dalam memahami risiko penyebaran penyakit menular (Wu 2017).

METODE

Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini dimulai dengan tinjauan literatur yang komprehensif untuk mengidentifikasi faktor-faktor penting untuk menilai bangunan hijau (BGH). Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data melalui kuesioner yang diberikan kepada beragam kelompok subjek. Berikut ini adalah tahapan-tahapan yang terlibat dalam pengumpulan data: mengumpulkan jurnal yang relevan dan penelitian sebelumnya, menentukan ukuran populasi dan pemilihan sampel dari populasi yang ada, mendistribusikan kuesioner sesuai dengan ukuran sampel, melakukan wawancara dengan responden, mengumpulkan data dari kuesioner yang didistribusikan, dan mengolah data. Investigasi saat

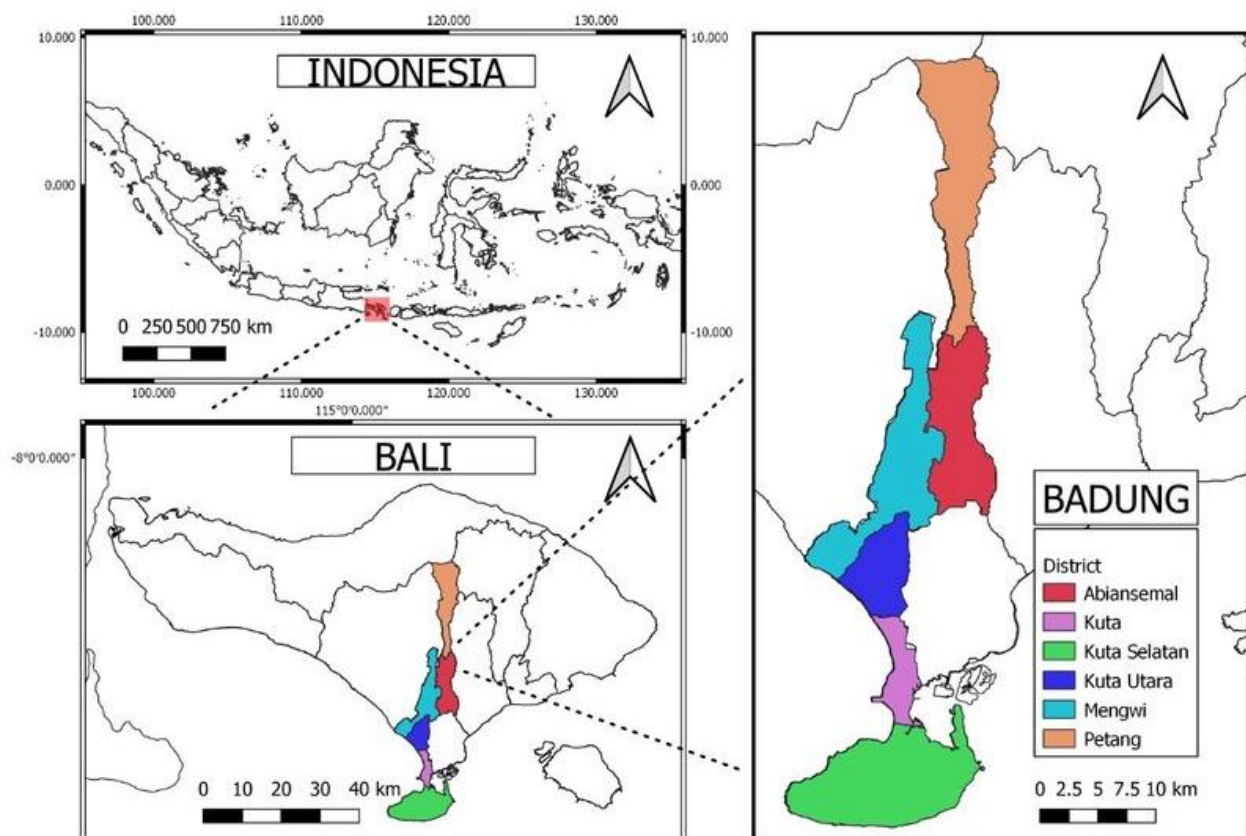
ini memenuhi kriteria yang diuraikan dalam Peraturan PUPR No. 21 Tahun 2021 tentang evaluasi bangunan hijau selama tahap konstruksi.

Penilaian Bangunan Gedung Hijau

Pada BGH, kami mematuhi serangkaian standar teknis yang ketat di seluruh proses penerapan bangunan hijau, dengan nilai minimum 45% dari total biaya proyek yang dievaluasi berdasarkan daftar periksa penilaian kinerja.

1. Sertifikat BGH Utama diberikan kepada bangunan yang telah menjalani penilaian dan mencapai skor lebih dari 80%-100% dari total nilai, sebagaimana ditentukan oleh daftar periksa penilaian kinerja.
2. Sertifikat BGH Madya diberikan kepada struktur yang telah dievaluasi dan telah mendapatkan skor lebih dari 65% -80% dari total nilai, sesuai dengan daftar periksa penilaian kinerja.
3. Sertifikat BGH Pratama diberikan kepada bangunan yang telah dievaluasi dan telah mencapai skor 45%-65% dari total nilai, sesuai dengan daftar periksa penilaian kinerja.

Daftar periksa penilaian kinerja BGH, yang diuraikan dalam Tabel 1, digunakan untuk evaluasi.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

Tabel 1 Sistem Penilaian Kinerja Tahap Pelaksanaan Konstruksi Kawasan Hijau Baru

No	Persyaratan	POIN	BGH Pratama	BGH Madya	BGH Utama
a	Kesesuaian Kinerja Pelaksanaan konstruksi	40	45% s.d. 65% Capaian kinerja sesuai SLF	Lebih dari 65% s.d. 80% Sesuai parameter Permen PUPR Penilaian Kinerja BGH	Lebih dari 80% s.d. 100% Sesuai parameter Permen PUPR Penilaian Kinerja BGH
b	Proses Konstruksi Hijau	96			
c	Rantai Pasok Hijau	29			
Total		165			

Sumber: Permen PUPR No. 21 Tahun 2021

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Proyek

Studi kasus penelitian ini adalah beberapa proyek vila yang berlokasi di Kabupaten Badung, Provinsi Bali. Proyek yang diteliti merupakan proyek yang masih berjalan pada tahun 2023. Penulis melakukan penelitian di seluruh kecamatan di Kabupaten Badung, Dalam penelitian ini di ambil 1 sampai 3 sampel vila di seluruh kecamatan yang ada di Kabupaten Badung sesuai Tabel 2.

Data proyek vila di Kabupaten Badung, Provinsi Bali yang didapat dari Dinas Penanaman Modal & Pelayanan Terpadu Satu Pintu (DPMPSTP) Kabupaten Badung. Data proyek yang didapat berjumlah 13 proyek yang akan diambil masing-masing 3 responden, jadi populasi dalam penelitian ini berjumlah 39 orang. Dalam menentukan sampel, penulis menggunakan sampel jenuh. Karena populasi dari penelitian ini kurang dari 100, yaitu 39 orang responden, maka jumlah sampelnya diambil secara keseluruhan menjadi 39 sampel. Jadi jumlah sampel keseluruhan dalam penelitian ini adalah 39 sampel pada 13 proyek dengan masing-masing 3 orang responden.

Perhitungan Tingkat Penerapan Kriteria Bangunan Gedung Hijau

Analisis data yang dilakukan untuk mengetahui tingkat penerapan Bangunan Gedung Hijau di Kabupaten Badung adalah dengan menggunakan *Microsoft Excel*. Dimana semua data skor yang di dapat kemudian di jumlahkan dan di cari persentase menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}\text{Tingkat Penerapan BGH} &= \frac{\text{Poin}}{\text{Total Poin}} \times 100\% \\ &= \frac{4134}{6435} \times 100\% = 64,24\end{aligned}$$

Tabel 2 Daftar Nama dan Lokasi Vila di Kabupaten Badung.

No	Nama Proyek	Lokasi
1	Vila Amari	Jl. Camplung Tanduk, Kuta, Badung, Bali
2	Vila Luna	Jl. Abimanyu, Kuta, Badung, Bali
3	Get Up Vila	Jl. Tukad Penet VI, Carangsari, Petang, Badung, Bali.
4	Vila Casa Nuci	Jl. Raya Semana, Abiansema, Badung, Bali
5	Vila Nuci's Cabana	Jl. Raya Semana, Abiansema, Badung, Bali
6	Kubu Dimel	Jl. Tromping, Nusadua, Kuta elatan, Badung, Bali
7	Vila Cat 3 Nata Desa	Jl. Kerang Mas, Kuta Selatan, Badung, Bali
8	Vila Lizzi And Laurent	Jl. Raya Pererenan, Mengwi, Badung, Bali
9	Vila SANNE	Jl. Pantai Pererenan, Mengwi, Badung, Bali
10	Vila Simon	Jl. Tumbak bayuh, Mengwi, Badung, Bali
11	Vila Nakhid	Jl. Tegal Cupek, Kuta Utara, Badung, Bali
12	Vila Hugo 1	Jl. Pura melanting, Kuta Utara, Badung, Bali
13	Tamazeo's House	Jl. Pantai Berawa, Kuta Utara, Badung, Bali

Total poin untuk setiap pertanyaan:

Pertanyaan A = 40 poin

Pertanyaan B = 96 poin

Pertanyaan C = 29 poin

Hasil Perhitungan Kriteria Kesesuaian Kinerja Pelaksanaan Konstruksi

Hasil perhitungan kriteria Kesesuaian Kinerja Pelaksanaan Konstruksi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} &\text{Tingkat Penerapan BGH di Vila Amari: :} \\ &\quad \text{rata rata poin} \\ &= \frac{\text{Total Poin penilaian A}}{22} \times 100\% \\ &= \frac{22}{40} \times 100\% = 55\% \end{aligned}$$

Perhitungan vila lainnya sesuai tabel 3.

Tabel 3 Presentase Kesesuaian Kinerja Pelaksanaan Konstruksi

Nama Proyek	No. Responden	Pertanyaan A		Persentase
		Total Poin	Rata- Rata	
Vila Amari	1	22	22	55%
	2	22		
	3	22		
Vila Luna	4	23	23	57,5%
	5	23		
	6	23		
Get Up Vila	7	10	10	25%
	8	10		
	9	10		
Vila Casa Nuci	10	21	21	52,5%
	11	21		
	12	21		
Vila Nuci's Cabana	13	22	26,6	66,6%
	14	29		
	15	29		
Kubu Dimel	16	18	18	45%
	17	18		
	18	18		
Vila Cot 3 Natadesa	19	25	25	62,5%
	20	25		
	21	25		
Vila Lizzie And Laurent	22	31	31	77,5%
	23	31		
	24	31		
Vila Sanne	25	21	21	52,5%
	26	21		
	27	21		
Vila Simon	28	31	31	77,5%
	29	31		
	30	31		
Nakhid Vila	31	12	19,3	48,3%
	32	23		
	33	23		
Vila Hugo 1	34	7	7	17,5%
	35	7		
	36	7		
Tamazeo's House	37	20	20	50%
	38	20		
	39	20		
Total				52,88%

Dari Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa total perhitungan poin untuk penilaian proses konstruksi kesesuaian kinerja pelaksanaan konstruksi hijau pada proyek vila di Kabupaten Badung Provinsi Bali adalah sebesar 52,88%. Dengan rata-rata poin yang di dapat dari hasil penyebaran kuisioner kepada 39 responden di 14 vila di Kabupaten Badung Provinsi Bali adalah sebesar 20 poin dari maksimal 40 poin sesuai sistem Penilaian kinerja Tahap pelaksanaan konstruksi Kawasan Hijau Baru.

Tabel 4 Kriteria Proses Konstruksi Hijau

Nama Proyek	No. Responden	Pertanyaan B		Persentase
		Total Poin	Rata-Rata	
Vila Amari	1	50	50	52%
	2	50		
	3	50		
Vila Luna	4	72	72	75%
	5	72		
	6	72		
Get Up Vila	7	52	52	54,1%
	8	52		
	9	52		
Vila Casa Nuci	10	43	34	44,7%
	11	43		
	12	43		
Vila Nuci's Cabana	13	52	65,3	68,05%
	14	72		
	15	72		
Kubu Dimel	16	57	57	59,3%
	17	57		
	18	57		
Vila Cot 3 Natadesa	19	69	69	71,8%
	20	69		
	21	69		
Vila Lizzie And Laurent	22	88	88	91,6%
	23	88		
	24	88		
Vila Sanne	25	36	36	37,53%
	26	36		
	27	36		
Vila Simon	28	70	70	72,9%
	29	70		
	30	70		
Nakhid Vila	31	33	35,6	37,1%
	32	37		
	33	37		
Vila Hugo 1	34	68	68	70,8%
	35	68		
	36	68		
Tamazeo's House	37	49	49	51%
	38	49		
	39	49		
Total				60,49%

Hasil Perhitungan Kriteria Proses Konstruksi Hijau

Hasil perhitungan kriteria proses konstruksi Hijau sebagai berikut:

Tingkat Penerapan BGH di Vila Amari:

$$= \frac{\text{rata rata poin}}{\text{Total Poin penilaian B}} \times 100\%.$$

$$= \frac{50}{96} \times 100\% = 52\%$$

Perhitungan vila lainnya sesuai tabel 4.

Tabel 4 menunjukkan bahwa evaluasi proses konstruksi hijau untuk proyek villa di Kabupaten Badung, Provinsi Bali, adalah 60,49%.

Berdasarkan hasil survei dari 39 responden di 14 villa, rata-rata poin yang diperoleh adalah 53 dari maksimal 96 poin, sesuai dengan sistem penilaian kinerja untuk tahap konstruksi New Green Area.

Hasil Perhitungan Kriteria Rantai Pasok Hijau

Hasil perhitungan kriteria rantai pasok hijau sebagai berikut:

$$\text{Tingkat Penerapan BGH di Vila Amari}$$

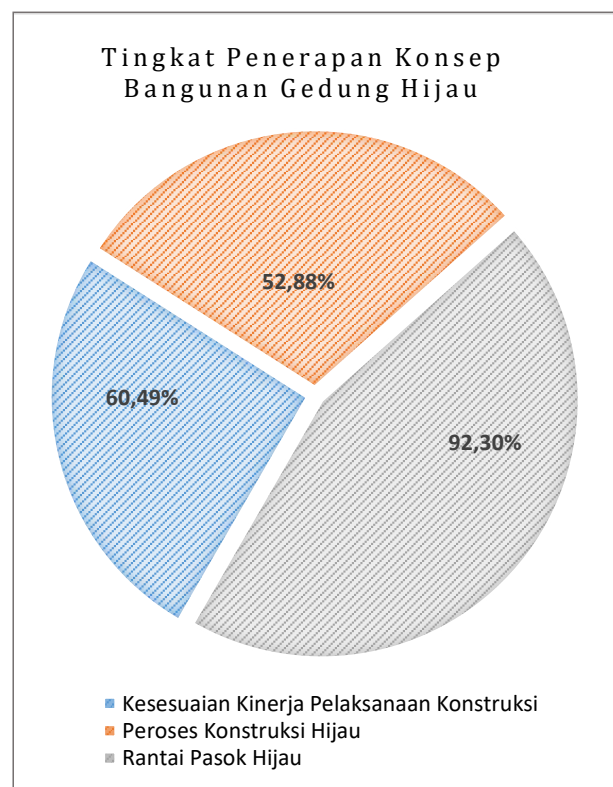
$$= \frac{\text{rata rata poin}}{\text{Total Poin penilaian C}} \times 100\%.$$

$$= \frac{23}{29} \times 100\% = 79,3\%$$

Perhitungan vila lainnya sesuai tabel 5.

Tabel 5 Kriteria Rantai Pasok Hijau

Nama Proyek	No. Responden	Pertanyaan A		Persentase
		Total Poin	Rata-Rata	
Vila Amari	1	23	23	79,3%
	2	23		
	3	23		
Vila Luna	4	29	29	100%
	5	29		
	6	29		
Get Up Vila	7	29	29	100%
	8	29		
	9	29		
Vila Casa Nuci	10	29	29	100%
	11	29		
	12	29		
Vila Nuci's Cabana	13	29	29	100%
	14	29		
	15	29		
Kubu Dimel	16	29	29	100%
	17	29		
	18	29		
Vila Cot 3 Natadesa	19	17	17	58,6%
	20	17		
	21	17		
Vila Lizzie And Laurent	22	29	29	100%
	23	29		
	24	29		
Vila Sanne	25	23	23	79,3%
	26	23		
	27	23		
Vila Simon	28	29	29	100%
	29	29		
	30	29		
Nakhid Vila	31	14	24	82,7%
	32	29		
	33	29		
Vila Hugo 1	34	29	29	100%
	35	29		
	36	29		
Tamazeo's House	37	29	29	100%
	38	29		
	39	29		
Total				92,3%



Gambar 2 Grafik Tingkat Penerapan Konsep Bangunan Gedung Hijau

Dari grafik tersebut dinyatakan bahwa berdasarkan hasil penilaian dari seluruh kriteria Bangunan Gedung Hijau tahap pelaksanaan konstruksi pembangunan vila di Kabupaten Badung, Provinsi Bali memiliki tingkat persentase sebesar 64,24% dan termasuk kategori BGH Madya.

Perhitungan RI (Relatif Indeks)

Setelah validasi dan reliabilitas kuesioner, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi faktor yang menghadirkan hambatan terbesar bagi penerapan

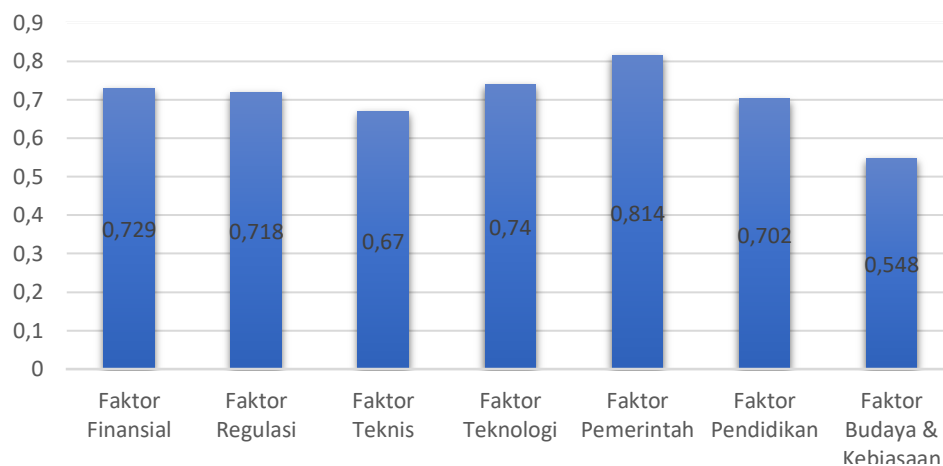
konstruksi hijau dengan menghitung nilai RI. Kinerja RI ditentukan dengan menggabungkan tanggapan responden dan mentabulisikannya di bagian sebelumnya, setelah itu skor total dihitung dengan membagi nilai total dengan jumlah sub-faktor. RI dihitung menggunakan rumus tertentu. Faktor dengan nilai RI paling dekat dengan 1 dianggap sebagai kendala paling berpengaruh terhadap konstruksi hijau, berdasarkan hasil perhitungan RI untuk faktor keuangan, regulasi, teknis, pemerintahan, pendidikan, budaya, dan kebiasaan. Hasil penilaian *Ramsey Intergenerational Dashboard* (RI) untuk faktor keuangan disajikan di bawah ini.

Berdasarkan perhitungan untuk masing-masing faktor Resistance Index (RI), terbukti bahwa faktor pemerintah menghadirkan hambatan terbesar bagi pelaksanaan Green Construction, dengan nilai RI 0,814, yang paling dekat dengan nilai maksimum 1. Faktor Keuangan mengikuti RI sebesar 0,729.

Strategi Dalam Mengatasi Kendala Penerapan Konstruksi Hijau

Dari hasil wawancara di setiap proyek yang menjadi sampel dalam penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perlu adanya sosialisasi dari pemerintah pusat



Tabel 6 Nilai RI Faktor Kendala Penerapan Konstruksi Hijau

No	Faktor-Faktor Kendala Penerapan Konstruksi Hijau	Nilai Total	Skor Total	Nilai Relatif Indeks (RI)
1	Faktor Finansial	232	116	0,729
2	Faktor Regulasi	224	112	0,718
3	Faktor Teknis	209	104,5	0,670
4	Faktor Teknologi	231	115,5	0,740
5	Faktor Pemerintah	254	127	0,814
6	Faktor Pendidikan	219	109,5	0,702
7	Faktor Budaya dan Kebiasaan	171	85,5	0,548

Perhitungan Nilai Total:

$$\sum n = 232$$

Perhitungan Skor Total

$$\text{Skor Total: } n = \frac{\sum n}{\text{JumlahSubfaktor}}$$

$$n = \frac{232}{2} = 116$$

$$\text{RI} = \frac{\text{Total Skor}}{4 \times \text{Jumlah Sub Faktor}}$$

$$\text{RI} = \frac{116}{4 \times 39} = 0,729$$

Nilai Relatif Indeks dari Faktor Finansial adalah 0,729.

konstruksi hijau disajikan dalam Tabel 6.

atau pemerintah daerah mengenai

2. Konstruksi Hijau dan manfaat yang di dapat jika menerapkan Konstruksi hijau itu sendiri.
3. Perlu ada aturan mengenai jenis-jenis material yang ramah lingkungan.
4. Perlu adanya sertifikasi untuk material yang sudah ramah lingkungan sehingga mudah di kenali oleh penyedia jasa konstruksi.
5. Perlu adanya material alternatif untuk menekan biaya Konstruksi Hijau yang cenderung lebih mahal dari konstruksi biasa.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penilaian kriteria Bangunan Gedung Hijau (BGH) pada Pelaksanaan Konstruksi pada pembangunan vila di Kabupaten Badung dengan

kriteria kesesuaian kinerja pelaksanaan konstruksi dengan skor 52,88%, kriteria proses konstruksi hijau dengan skor 60,49% dan kriteria rantai pasok hijau dengan skor 90,30%. Dari ketiga kriteria tersebut Bangunan vila di kabupaten Badung provinsi Bali dikategorikan BGH Madya. Kendala utama dalam penerapan kriteria konstruksi hijau pada tahap pelaksanaan proses konstruksi pembangunan vila di Kabupaten Badung, Provinsi Bali adalah faktor pemerintah yaitu kurangnya sosialisasi kriteria Bangunan Gedung Hijau kepada masyarakat khususnya penyedia jasa di bidang konstruksi. Strategi yang dapat dilakukan pemerintah adalah melakukan pelatihan Tenaga Profesi Ahli Bangunan Gedung Hijau yang nantinya berfungsi sebagai Tim Penilai BGH di daerah masing-masing sehingga penerapan konsep Konstruksi hijau mulai dari perencanaan, pelaksanaan, pemanfaatan dan pembongkaran cepat diimplementasikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Dinas Penanaman Modal & Pelayanan Terpadu Satu Pintu (DPMPTSP) Kabupaten Badung, Provinsi Bali yang telah memberikan bantuan dalam penelitian ini berupa anggaran dan data sekunder.

DAFTAR PUSTAKA

Abdo A.A.G, Geun Y.Y, Sumin K, Choong H.H. (2020) "Energy And Feasibility Analysis Of Applying Bio-Based Phase Change Materials To Buildings In East Asia" *Journal of Green Building*. <https://doi.org/10.3992/1943-4618.15.2.157>

Akbari, H. Cartalis, C. Kolokotsa, D. Muscio, A. Pisello, A. L. Rossi, F. Santamouris, M. Synnefa, A. Wong, N. H. Zinzi, M. (2016) "Local climate change and urban heat island migration techniques—the stat of the art," *Journal of Civil Engineering and Management*, 22 (1) [], pp. 1–16. doi:10.3846/13923730.2015.1111934.

Alahmadi, M., Atkinson, P., Martin, D. (2013). *Estimating the spatial distribution of the population of Riyadh, Saudi Arabia using remotely sensed built land cover and height data*. *Comput. Environ. Urban. Syst.* 41, 167–176. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2013.06.002>.

Borck, R. (2016). *Will skyscrapers save the planet? Building height limits and urban greenhouse gas emissions*. *Reg. Sci. Urban Econ.* 58, 13–25. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2016.01.004>.

Dijkstra, L., Hamilton, E., Lall, S., Wahba, S. (2020). *How do we define cities, towns, and rural areas? Available:*

<https://blogs.worldbank.org/sustainablecities/how-do-we-define-cities-towns-and-rural-areas>.

Ervianto, Wulfram. (2014). Pengaruh Penerapan *Green Construction* terhadap Keselamatan Kerja. *Jurnal Krakasa*.

Evans, M. Chon, H. Shui, B. Lee, S-E. (2009) "Country report on building energy codes in Republic of Korea," *Pacific Northwest National Laboratory*, pp. 1–26. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.561.5809&rep=rep1&type=pdf>

Evita, R., Shirta, I. N., & Sunartha, I. N. (2012). Dampak Perkembangan Pembangunan Sarana Akomodasi Wisata Terhadap Pariwisata Berkelanjutan Di Bali.

Leung, B. C-M. (2018) "Greening existing buildings [GEB] strategies," *Energy Reports*, 4, pp. 159–206. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2018.01.003>

Mi, X. Liu, R. Cui, H. Memon, S. A. Xing, F. Lo, Y. (2016) "Energy and economic analysis of building integrated with PCM in different cities of China," *Applied Energy*, 175 [], pp. 324–336. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.05.032>

Mogan. (2019). Evaluasi Penerapan *Green Construction* Proyek Pembangunan Gedung Rektorat Kampus UIII. *Jurnal Talenta Sipil*, 5(1), 134. <https://doi.org/10.33087/talentaipil.v5i1.106>

Perini, K., Magliocco, A. (2014). Effects of vegetation, urban density, building height, and atmospheric conditions on local temperatures and thermal comfort. *Urban For. Urban Green.* 13, 495–506. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.03.003>

PUPR, PERMEN. (2021). "Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau." Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia

Resch, E., Bohne, R.A., Kvamsdal, T., Lohne, J. (2016). *Impact of urban density and building height on energy use in cities*. *Energy Procedia* 96, 800–814. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.09.142>.

Roshaunda, Lala Diana, Lonny Princhika, Shafira Khalisha, Ryan Septiady. (2019). Penilaian Kriteria Green Building Pada Bangunan Gedung Universitas Pembangunan Jaya Berdasarkan Indikasi *Green Building Council*. *Jurnal Widyakala* Volume 6 ISSN 2337-7313 e-ISSN 2597-8624

Tanikawa, H., Fishman, T., Okuoka, K., Sugimoto, K. (2015). *The weight of society over time and space: a comprehensive account of the construction material stock of Japan, 1945–2010*. *J. Ind. Ecol.* 19, 778–791. <https://doi.org/10.1111/jiec.12284>.

Wentz, E.A., York, A.M., Alberti, M., Conrow, L., Fischer, H., Inostroza, L., Jantz, C., Pickett, S.T.A., Seto, K.C., Taubenbock, H. (2018). *Six fundamental aspects for conceptualizing multidimensional urban form: a spatial mapping perspective*. *Landsc. Urban*

- Plan. 179, 55–62 <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.07.007>.
- Walheer, B. (2018) "Economic growth and greenhouse gases in Europe: A non-radial multi-sector nonparametric production-frontier analysis," *Energy Economics Journal*, 74 (), pp. 51–62. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.05.028>
- Wu, T., Perrings, C., Kinzig, A., Collins, J.P., Minter, B.A., Daszak, P. (2017). *Economic growth, urbanization, globalization, and the risks of emerging infectious diseases in China: a review*. *Ambio* 46, 18–29. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0809-2>.
- Wu, Z. Qin, M. Chen, Z. (2017) "Phase change humidity control material and its application in buildings," 10th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning, ISHVAC2017, 19–22 October 2017, Jinan, China, *Procedia Engineering*, 205 (), pp. 1011–1018. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.162>.
- Ye, R. Lin, W. Fang, X. Zhang, Z. (2017) "A numerical study of building integrated with $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ /expanded graphite composite phase change material," *Applied Thermal Engineering Journal*, 126, pp. 480–488. <http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.07.191>.
- Zuo, J., S. Pullen, R. Rameezdeen, H. Bennetts, Y. Wang, G. Mao, Z. Zhou, H. (2017). "Green Building Evaluation from a Life-cycle Perspective."
- Zhu, Z., Zhou, Y., Seto, K.C., Stokes, E.C., Deng, C., Pickett, S.T.A., Taubenbock, H. (2019). *Understanding An Urbanizing Planet: Strategic Directions For Remote Sensing*. *Remote Sens. Environ.* 228, 164–182. <https://doi.org/10.1016/j.Rse.2019.04.020>

LAMPIRAN

KUESIONER 1
MODEL PENILAIAN KRITERIA BANGUNAN GEDUNG HIJAU
PEMBANGUNAN VILA DI KABUPATEN BADUNG

Nama Responden :

Jenis Kelamin : ☐ Laki - laki ☐ Perempuan

Usia : (Tahun)

Jabatan :

Nama Perusahaan :

Nama Proyek :

Tahun Proyek :

Lokasi Proyek :

Petunjuk Pengisian:

1. Berikan skor/nilai sesuai kriteria dalam tabel pada pernyataan berikut yang menurut Bapak/Ibu/Saudara/I sesuai dengan kondisi di lapangan.
2. Diharapkan mengisi kuesioner dengan penuh kejujuran sesuai kondisi di lapangan.
3. Jawaban yang diberikan akan dirahasiakan dan hanya digunakan untuk kepentingan penelitian.

Tabel 7 Kuesioner Parameter Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau

No	PARAMETER PENILAIAN KINERJA	NILAI	KETERANGAN
A	Kesesuaian kinerja pelaksanaan konstruksi	40	
1.	Kegiatan penjaminan mutu dan pengendalian mutu pekerjaan konstruksi kawasan hijau	24	
	Kesesuaian kinerja pelaksanaan konstruksi terhadap hasil penilaian kriteria perencanaan teknis kawasan hijau yang tervalidasi dengan kondisi eksisting berdasarkan waktu pekerjaan yang disepakati berdasarkan jadwal pekerjaan pelaksanaan konstruksi.		
a.	Kesesuaian kriteria peningkatan kesejahteraan penduduk setempat dengan pelaksanaan konstruksinya	4	
b.	Kesesuaian kriteria peningkatan fungsi pelayanan prasarana dan sarana di dalam kawasan dengan pelaksanaan konstruksinya	4	
c.	Kesesuaian kriteria pengendalian iklim mikro dan pelestarian ekosistem di dalam kawasan dengan pelaksanaan konstruksinya	4	
d.	Kesesuaian kriteria pengurangan dampak termal pada kawasan lain di musim kemarau dengan pelaksanaan konstruksinya	4	
e.	Kesesuaian kriteria pengurangan beban prasarana dan sarana dengan pelaksanaan konstruksinya	4	
f.	Kesesuaian kriteria penggunaan material ramah lingkungan dengan pelaksanaan konstruksinya	4	
2.	Serah Terima Pekerjaan	16	
a.	Dokumen proses konstruksi hijau	7	
	1) Menyerahkan <i>copy</i> gambar <i>shop drawing</i> untuk lingkup pekerjaan yang mensyaratkan <i>testing</i> dan <i>commissioning</i>	2	
	2) Menyerahkan <i>copy list material approval</i> , spesifikasi material, <i>owner performance</i> kriteria untuk lingkup pekerjaan yang mensyaratkan <i>testing</i> dan <i>commissioning</i>	2	
	3) Laporan dokumentasi <i>testing</i> dan <i>commissioning</i> untuk pekerjaan sesuai kriteria perencanaan	3	
b.	Dokumen serah terima pekerjaan	6	

1)	Laporan dokumentasi program pelatihan untuk pengoperasian sistem peralatan	2
2)	Dokumen sertifikat garansi untuk peralatan utama dari manufaktur	2
3)	Dokumen <i>Operational</i> dan <i>Maintenance</i> Manual untuk sistem peralatan sesuai kriteria dari masing-masing pabrikan	2
c.	Menyerahkan gambar terbangun <i>masterplan</i> kawasan	3
B. PROSES KONSTRUKSI HIJAU		96
1.	Metode Pelaksanaan Konstruksi Hijau	9
a.	Memiliki jadwal pelaksanaan konstruksi	3
b.	Melakukan evaluasi kinerja secara berkala	3
c.	Melakukan perbaikan atas dasar hasil evaluasi	3
2.	Penerapan Manajemen Pengelolaan Limbah Konstruksi untuk Kawasan	44
a.	Melakukan optimasi dalam pemakaian material sehingga menciptakan pengurangan timbulan sampah konstruksi	10
b.	Memiliki area pemilahan dan pengumpulan sampah konstruksi	10
c.	Memiliki tempat penyimpanan material yang aman sehingga dapat meningkatkan usia material	8
d.	Terdapat laporan limbah konstruksi yang didaurulang	16
3.	Penerapan Konservasi Air pada Pelaksanaan Konstruksi untuk Kawasan	28
a.	Pengelolaan Air Hujan	12
1)	Memiliki sumur resapan	6
2)	Memiliki kolam penampungan air hujan	6
b.	Pemanfaatan Air Hujan	16
1)	Air hujan dimanfaatkan sebagai sumber air bersih untuk konstruksi	8
2)	Memiliki sistem penahan air permukaan sehingga memiliki waktu yang cukup untuk dapat diresapkan ke tanah	8
4.	Penerapan Konservasi Energi pada Pelaksanaan Konstruksi untuk Kawasan	15
a.	Memiliki rencana penggunaan energi tahap konstruksi	3

b.	Memiliki SOP manajemen energi sesuai dengan ketentuan	6
c.	Melaksanakan SOP dibuktikan dengan hasil penggunaan energi sesuai dengan rencana	6
C.	RANTAI PASOK HIJAU	29
1.	Penggunaan Material Konstruksi untuk Kawasan	
a.	Dalam proses konstruksi menggunakan material yang bahan bakunya berasal daridalam negeri paling sedikit 80% dari totalbiaya material diberi nilai 8 poin. Jika jumlahnya 50 – 79% diberi nilai 4 poin.	6
b.	Dalam proses konstruksi menggunakan material yang ramah lingkungan	6
c.	Rencana pengiriman dan pemanfaatanmaterial dilakukan dengan tepat	3
d.	material yang digunakan memiliki sedikit kemasan pembungkus	6
2	Pemilihan pemasok material dan/atau alatpada konstruksi fasilitas lingkungan yang produknya buatan dalam negeri	8
TOTAL		165

KUESIONER 2

MODEL PENILAIAN KRITERIA BANGUNAN GEDUNG HIJAU PEMBANGUNAN VILA DI KABUPATEN BADUNG

Petunjuk Pengisian:

1. Berikan tanda “√” pada pernyataan berikut yang menurut Bapak/Ibu/Saudara/I sesuai dengan kondisi di lapangan
2. Setelah mengisi kuesioner, mohon beri saran tentang upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi faktor yang menurut Bapak/Ibu/Saudara/I paling berpengaruh sebagai kendala
3. Jawaban yang diberikan akan dirahasiakan dan hanya digunakan untuk kepentingan penelitian
4. Pengukuran data persepsi menggunakan Skala Likert, mulai dari pernyataan **Sangat Tidak Setuju (STS) =1; Tidak Setuju (TS) = 2; Setuju (S) = 3; Sangat Setuju (SS) = 4**

Tabel 8 Kuesioner Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Penilaian Kinerja Bangunan Gedung

No	Pernyataan	Jawaban			
		STS	TS	S	SS
		1	2	3	4
A. Faktor Finansial					
1	Biaya proyek untuk memenuhi kreteria Bangunan Gedung Hijau (BGH) yang cenderung lebih tinggi				
2	Berkurangnya keuntungan secara ekonomis jika proyek dengan kreteria Bangunan Gedung Hijau (BGH)				
B. Faktor Regulasi					
3	Kurangnya peraturan terkait dengan Bangunan Gedung Hijau (BGH)				
4	Kurangnya pedoman mengenai pelaksanaan Bangunan Gedung Hijau (BGH)				
C. Faktor Teknis					
5	Susah untuk mendapatkan sertifikat yang bisa memastikan bahwa material yang dipakai adalah material yang ramah lingkungan				
6	Kurangnya standar desain Bangunan Gedung Hijau (BGH)				
D. Faktor Teknologi					
7	Kurangnya material dan metode alternatif dalam pelaksanaan Bangunan Gedung Hijau (BGH)				
8	Kurangnya alat ukur untuk menilai Bangunan Gedung Hijau (BGH)				
E. Faktor Pemerintah					
9	Kurangnya dukungan dari pemerintah dalam menerapkan Kreteria Bangunan Gedung Hijau (BGH)				
10	Kurangnya sosialisasi dari pemerintah mengenai penghematan energi dan penggunaan bahan yang ramah lingkungan				
F. Faktor Pendidikan					
11	Kurangnya pengalaman dari praktisi dalam penerapan Kreteria Bangunan Gedung Hijau (BGH)				
12	Kurangnya Pendidikan dan sosialisasi penerapan Bangunan Gedung Hijau (BGH) di dalam institusi terkait				
G. Faktor Budaya dan sosial					
13	Kurangnya kesadaran akan manfaat Bangunan Gedung Hijau (BGH)				
14	Penerapan kreteria Bangunan Gedung Hijau (BGH) tidak begitu perlu dilakukan				

Saran tentang upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi faktor finansial, faktor regulasi, faktor teknis, faktor teknologi, faktor pemerintah, faktor pendidikan dan faktor budaya dan sosial yang menurut Bapak/Ibu/Saudara/I paling berpengaruh sebagai kendala :

Demikian kuesioner ini dibuat. Atas kesediaan Bapak/Ibu/Saudara/I berpartisipasi dalam pengisian kuesioner ini, Saya ucapkan terimakasih.

....., 2024

Responden,

PENYESUAIAN RUANG PADA RUMAH TINGGAL PASCA PANDEMI COVID-19 DI SEMARANG

Dwelling Space Adjustment Post-Covid-19 Pandemic in Semarang

Yudha Pracastino Heston¹, Mariana Wulandari², Rizky Citra Islami³,
Dimas Hastama Nugraha⁴, Lusman Sulaiman^{5 *}

¹²³⁵ Politeknik Pekerjaan Umum, Semarang

⁴Balai Penyediaan Perumahan Jawa III, Semarang

Surel: ¹pracastino@gmail.com, ²m.wulandari10@pu.go.id, ³rizky.citra@pu.go.id,

⁴dimas.hn@pu.go.id, ⁵lusman.sulaiman@pu.go.id

Diterima: 2 Mei 2024;

Disetujui: 22 Oktober 2024

Abstrak

Pandemi Covid-19 ditemukan pertama kali merebak di Indonesia, pada bulan Maret 2020. Rumah menjadi benteng terhadap serangan pandemi Covid-19, untuk menghindari penularan akibat interaksi langsung dengan orang lain. Penelitian dilakukan untuk menjawab pertanyaan penelitian: Dengan mempertimbangkan perubahan kondisi internal dan eksternal dari bangunan, penyesuaian seperti apa yang paling optimal untuk rumah tinggal? Metode penelitian yang digunakan adalah eksploratif yaitu penelitian yang bertujuan untuk memetakan obyek secara relatif mendalam. Penelitian dilakukan di Kota Semarang. Hasil analisis menunjukkan bahwa perubahan ruang dalam rumah akibat pandemi Covid-19 dipengaruhi oleh variabel seperti jumlah penghuni, luas bangunan, riwayat Covid-19 keluarga, jumlah fasilitas sanitasi, dan aktivitas bekerja dari rumah. Faktor signifikan terbesar adalah kondisi bekerja atau sekolah dari rumah. Kelompok rentan, seperti lansia, bayi, dan difabel, merasakan ketidaknyamanan akibat perubahan ini. Kebutuhan utama kelompok rentan adalah kamar mandi terpisah dengan sirkulasi udara yang baik dan ruang luas untuk anak-anak bermain. Formasi ruangan yang direkomendasikan mencakup kamar mandi dekat ruang tidur atau kamar mandi dalam, dengan setiap 2 kamar tidur memiliki 1 kamar mandi. Perlunya penyesuaian pada regulasi terkait Bangunan Gedung Hijau seperti Peraturan Pemerintah No. 16 Tahun 2021 dan Permen PUPR No. 21 Tahun 2021 juga ditekankan, untuk memperhatikan aspek kenyamanan, aksesibilitas, keselamatan, dan kesehatan dalam rumah.

Kata Kunci: Pandemi, Covid-19, Semarang, rumah, ruang

Abstract

The Covid-19 pandemic has an initial outbreak in Indonesia, in March 2020. Homes have emerged as strongholds against the spread of Covid-19, aiming to minimize transmission through interpersonal interactions. This study seeks to address a fundamental question: What are the most effective adjustments to residential homes considering the changing internal and external conditions prompted by the pandemic? Employing an exploratory research method, the study was conducted in Semarang City. Analysis reveals that alterations in home spaces due to the pandemic are influenced by various factors including the number of occupants, building size, family history of Covid-19, sanitation facilities, and remote work arrangements. The most significant factor found was the adoption of remote work or schooling. Vulnerable groups such as the elderly, infants, and individuals with disabilities experienced discomfort due to these changes. The primary needs identified for these vulnerable groups include separate bathrooms with adequate ventilation and spacious areas for children's activities. Recommended room configurations include placing bathrooms near bedrooms or incorporating en-suite bathrooms, with each 2 bedrooms sharing 1 bathroom. Furthermore, adjustments in Green Building regulations such as Government Regulation No. 16 of 2021 and Ministerial Regulation PUPR No. 21 of 2021 are essential to address comfort, accessibility, safety, and health considerations within homes.

Keywords: Pandemic, Covid-19, Semarang, home, space

PENDAHULUAN

Pandemi Covid-19 berjalan kurang lebih dua tahun, semenjak ditemukan pertama kali merebak di Indonesia. Berdasarkan catatan Kompas.com, pada

tanggal 2 Maret 2020, Presiden Republik Indonesia Joko Widodo mengumumkan ditemukannya warga Indonesia yang terkonfirmasi positif Covid-19. Pada waktu itu terdapat dua orang pasien Covid-19 di

Tanah Air, yakni seorang perempuan dan ibunya warga Depok, Jawa Barat. Kemudian kita sama-sama menjadi saksi pertambahan dan penurunan jumlah kasus Covid-19 di Indonesia. Pada saat pandemi, kita juga memerlukan waktu untuk berdiam diri di rumah, dengan tujuan menghindari penyebaran virus, yaitu melakukan isolasi mandiri, atau mengurangi pergerakan dan pertemuan di luar rumah untuk belajar maupun bekerja dari rumah.

Rumah menjadi benteng terhadap serangan pandemi Covid-19, untuk menghindari penularan akibat interaksi langsung dengan orang lain. Kenyamanan, kesehatan, kemudahan dan keselamatan dalam menghuni rumah sudah menjadi perhatian dari pengampu kebijakan, sebagaimana dengan adanya norma dan standar terkait bangunan gedung. Norma tersebut antara lain adalah Peraturan Pemerintah No. 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang No. 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung. Selain itu terdapat juga Permen PUPR No. 21 tahun 2021 tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau, yang merupakan salah satu turunan dari Peraturan Pemerintah No. 16 Tahun 2021 tersebut.

Implementasi PP No. 16 Tahun 2021, pada bangunan rumah tinggal, perlu lebih memperhatikan lagi dinamika kebutuhan dari penghuni rumah. Keandalan bangunan gedung yang diukur dari empat variabel yaitu kenyamanan, kesehatan, kemudahan dan keselamatan, bersifat dinamis, yaitu dari faktor eksternal seperti halnya terjadinya pandemi dan internal yaitu dari karakter penghuni rumah. Penelitian lebih dalam perlu dilakukan untuk mengetahui ketersediaan rumah yang tanggap terhadap terjadinya bencana kecelakaan dan pandemi ataupun sebab lainnya, dan juga akibat dari perubahan karakter dari penghuni, misalnya bertambahnya usia penghuni. Jika kita melihat lebih jauh, dalam penghunian rumah, telah disebutkan bahwa perlu memperhatikan aspek keberlanjutan. Penelitian dilakukan untuk menjawab pertanyaan penelitian: Dengan mempertimbangkan perubahan kondisi internal dan eksternal dari bangunan, penyesuaian seperti apa yang paling optimal untuk rumah tinggal?

METODE

Metode yang digunakan adalah pendekatan eksploratif. Penelitian eksploratif adalah penelitian yang bertujuan untuk menggali secara luas tentang sebab-sebab atau hal-hal yang mempengaruhi terjadinya sesuatu dan dipakai manakala kita belum mengetahui. Metode penelitian eksploratif adalah penelitian yang bertujuan untuk memetakan obyek secara relatif mendalam.

Jenis penelitian yang dipakai dalam riset ini adalah penelitian kualitatif-kuantitatif (*mix methods*) dengan tataran eksploratif. Penelitian kualitatif untuk melihat memahami fenomena yang dialami subyek penelitian misalnya pelaku, persepsi, motivasi dan lainnya. Sedangkan aspek kuantitatif dipakai ketika melihat dimensi kebutuhan ruang.

Unit Amatan dan Analisis

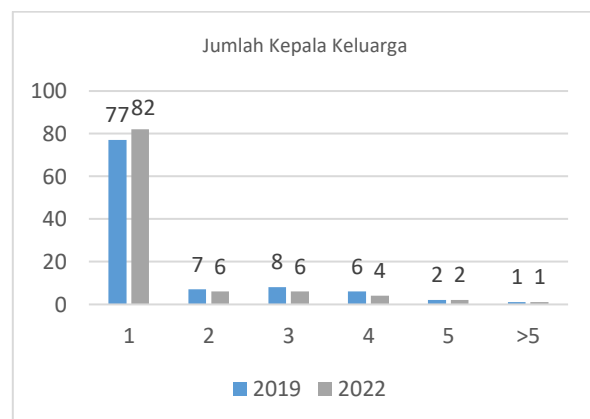
Unit amatan penelitian ini yaitu permukiman yang berjumlah 116 rumah di Kota Semarang (Kecamatan: Banyumanik, Gayamsari, Gunungpati, Semarang Barat, Pedurungan, Semarang Timur, Ngaliyan, Tembalang, Genuk). Unit analisis penelitian adalah proses bermukim di rumah tinggal untuk keluarga/ perseorangan.

Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini didasarkan pada proses bermukimnya keluarga/ perseorangan di rumah yang ada. Ukuran kesiapan diukur secara kualitatif dan kuantitatif melalui pengumpulan data primer dan sekunder sebagai berikut:

Pengumpulan Data Primer

Data primer dikumpulkan melalui tinjauan langsung ke lapangan untuk mengukur dimensi rumah, dimensi ruang dan kebutuhan ruang. Sedangkan, data primer terkait bagaimana keluarga/perseorangan tersebut tinggal diperoleh melalui wawancara dengan perorangan. Kriteria responden yang dipilih yaitu, tinggal di kota Semarang, memiliki rumah tinggal, dapat memahami pertanyaan dari pewawancara, dan mengetahui kondisi rumah tangga menghadapi pandemi Covid-19. Wawancara dilakukan dengan tujuan memperoleh konfirmasi komprehensif terhadap variabel dan indikator. Wawancara diselenggarakan dengan menggunakan seperangkat daftar pertanyaan yang telah disusun sebelumnya. Wawancara direkam atas seizin



Gambar 1 Jumlah Kepala Keluarga

Sumber: Analisis Peneliti, 2022

narasumber dengan menggunakan alat perekam. Data dikumpulkan menggunakan alat kuesioner yang sudah disiapkan dan diuji terlebih dahulu. Data diambil di tahun 2022, sedangkan data 2019 ditanyakan pada responden yang sama, dengan cara mengingat kembali kondisi di tahun tersebut.

Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder berupa data dalam angka diperoleh dari data statistik terpilih, dapat bersumber dari Pemerintah Kabupaten/Kota ataupun instansi Pemerintah Pusat. Data sekunder juga dikumpulkan untuk melengkapi bagian deskripsi lokasi penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagai dasar terhadap hasil penelitian, diberikan logika pemikiran, yaitu jika terdapat banyak anggota keluarga yang tinggal bersama dalam satu rumah tangga, risiko penularan antara anggota keluarga tersebut kemungkinan lebih tinggi. Jika salah satu anggota keluarga terinfeksi COVID-19, kemungkinan mereka akan berinteraksi lebih dekat dan lebih sering dengan anggota keluarga lainnya, sehingga meningkatkan risiko penularan di dalam rumah tangga tersebut.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan melalui responden *online*, pada tahun 2019, terdapat sebesar 44,73% responden dengan 1 kepala keluarga, lalu 9,15% responden dengan 2 kk, sebesar 3,5% dengan 3 kk, dan sisanya sebesar 4,7% responden dengan ≥ 4 kk.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan melalui responden *online*, pada tahun 2022 mengalami perubahan jumlah kepala keluarga. Penambahan presentase dengan jumlah 1 kepala keluarga sebesar 45,75%.

Sebanyak 13,22% responden dengan 2 kepala keluarga, sebesar 0% dengan 3 kepala keluarga, dan sebesar 1,1% responden dengan 4 kepala keluarga, serta 1,2% sisanya mendapati jumlah kepala keluarga >5 orang dalam satu hunian.

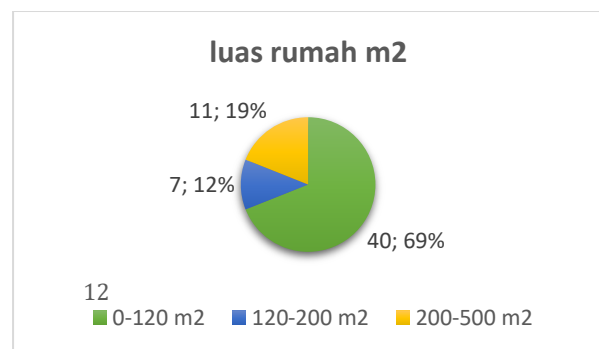
Perbandingan jumlah kepala keluarga selama adanya pandemi (tahun 2019) dengan setelah pandemi menurun (tahun 2022), terdapat peningkatan sebanyak 1% pada jumlah 1 kepala keluarga dalam satu hunian, tetapi juga terdapat peningkatan secara signifikan sebanyak 4% pada jumlah 2 kepala keluarga, penurunan 3% atau pada tahun 2022, dalam satu hunian, sudah tidak lagi terdapat 3 jumlah kepala keluarga dalam satu hunian. Penurunan jumlah kepala keluarga dalam satu hunian juga

terjadi pada jumlah kepala keluarga yang semula 5 orang atau lebih.

Secara umum terjadi penambahan jumlah jiwa dalam satu rumah, jika melihat data hasil penelitian *online*, pada tahun 2019 dibandingkan kondisi pada tahun 2022.

Kondisi rentan penularan COVID-19 adalah faktor-faktor yang meningkatkan risiko seseorang terpapar dan menularkan virus SARS-CoV-2. Kondisi rentan dapat berupa karakteristik rumah tangga atau individu dalam keluarga. Kondisi rentan tersebut misalnya sudah berusia lanjut, bayi atau balita, atau memiliki kondisi khusus lainnya. Secara umum terjadi penurunan anggota yang rentan, jika melihat data hasil penelitian *online*, pada tahun 2022 dibandingkan kondisi pada tahun 2019.

Berdasarkan hasil penelitian pada responden *online*, sebanyak 58% memiliki luas tanah sebesar 200-500 m², sebanyak 23% memiliki luas tanah sebesar 120-200 m², sedangkan yang memiliki luas tanah 12-120 m² sebesar 19% dari 100 responden.



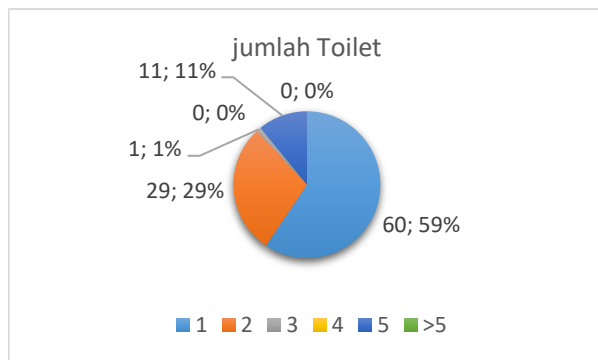
Gambar 2 Luas Rumah

Sumber: Analisis Peneliti, 2022

Berdasarkan hasil penelitian pada responden *online*, sebanyak 72% memiliki 1 jumlah lantai, sebanyak 18% memiliki 2 jumlah lantai hunian, sedangkan yang memiliki 3 jumlah lantai sebesar 3%. Serta yang memiliki 5 jumlah lantai sebanyak 7% dari 100 responden.

Berdasarkan hasil penelitian pada responden *online*, sebanyak 54% memiliki jumlah toilet sebanyak 1 buah, presentase 41% didapati oleh hunian yang memiliki jumlah toilet sebanyak 2 buah, sebesar 3% responden memiliki 3 jumlah toilet dalam rumah, serta sebanyak 2% responden sudah memiliki 4 buah toilet.

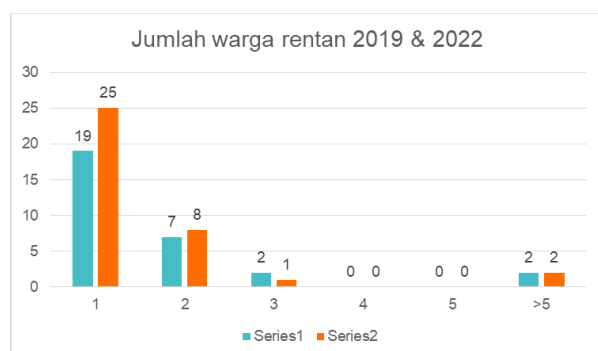
Pada keluarga 20 % responden memiliki anggota yang rentan. Kondisi rentan tersebut misalnya sudah



Gambar 3 Jumlah Toilet

Sumber: Analisis Peneliti, 2022

berusia lanjut, bayi atau balita, atau memiliki kondisi khusus lainnya. Secara umum terjadi penurunan anggota yang rentan, jika melihat data hasil penelitian onsite, pada tahun 2022 dibandingkan kondisi pada tahun 2019.



Gambar 4 Jumlah Warga Rentan

Sumber: Analisis Peneliti, 2022

Berdasarkan hasil penelitian pada responden online, sebanyak 46% menyatakan bahwa warga keluarga pernah mengalami sakit Covid-19, dan sebesar 54% tidak mengalami sakit Covid-19.

Pada keluarga yang terkena Covid-19 menyatakan sebanyak 53% hanya 1 orang saja yang terkena covid-19. Sebanyak 21% terdapat 2 jumlah anggota keluarga yang terkena Covid-19. Sebesar 18% terdapat 3 jumlah anggota keluarga yang terkena Covid-19. Serta sebesar 4% didapati oleh 4 atau 5 orang yang terkena covid-19 dalam satu hunian.

Sehubungan dengan adanya warga dalam rumah yang mengalami penyakit Covid-19, maka sebanyak 53% responden melakukan isolasi mandiri di rumah, sisanya merupakan warga yang tidak terkena penyakit dan atau memilih untuk melakukan isolasi di luar rumah.

Perubahan dalam rumah selama rentang tahun 2019-2022 dialami oleh sebanyak 15% warga yang terdampak oleh adanya pandemi Covid-19, sisanya tidak mengalami perubahan dalam rumah.



Gambar 5 Perubahan Dalam Rumah

Sumber: Analisis Peneliti, 2022

Pada rentang tahun 2019-2022 atau selama pandemi berlangsung, didapati terbanyak 2 orang yang melakukan kegiatan WFH (*Work From Home*).

Tingkat kenyamanan pada tahun 2019 dimana merupakan tahun dimulainya pandemi Covid-19, terlihat lebih rendah dibandingkan dengan tahun 2022, yang merupakan tahun melandainya pandemi Covid-19.

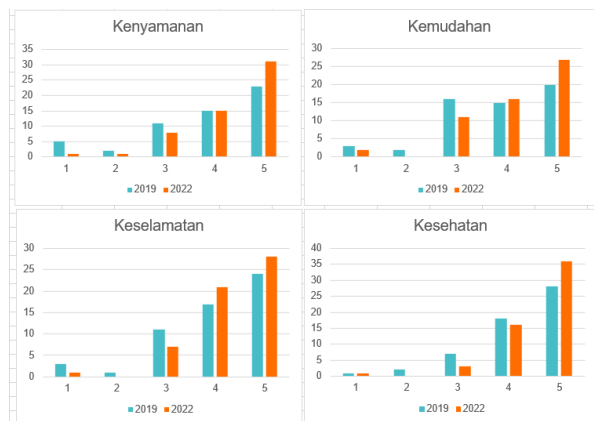
Tingkat kemudahan dari segi adaptasi masyarakat terhadap lingkungan maupun kebiasaan baru menghadapi Covid-19 di tahun 2019 lebih rendah dibandingkan dengan tahun 2022, dimana merupakan tahun melandainya pandemi covid-19.

Tingkat keselamatan juga menjadi penting dalam perubahan kebiasaan menghadapi pandemi covid-19. Ditahun 2019 beberapa menyatakan tingkat keselamatan yang buruk yaitu pada angka no 1, tetapi juga bisa dibilang baik dengan tingkat angka 3-5 bagi beberapa masyarakat yang sudah mulai beradaptasi. Berbeda halnya dengan angka keselamatan yang rata-rata lebih tinggi di tahun 2022.

Tingkat kesehatan dalam perubahan kebiasaan maupun keterbatasan dalam menghadapi pandemi Covid-19. Ditahun 2019 beberapa menyatakan tingkat kesehatan yang cukup baik yaitu berkisar antara 3-5. Tetapi di tahun 2022 masyarakat umumnya menyatakan tingkat kesehatan dengan rata-rata lebih tinggi dari tahun 2019.

Sebanyak 53,88% menyatakan bahwa beberapa anggota dalam rumahnya melakukan kegiatan *Work From Home* (WFH) dan juga *School From Home* (SFH).

Sisanya, sebanyak 7,12% tidak melakukan kegiatan WFH ataupun SFH.



Gambar 6 Aspek Hunian

Sumber: Analisis Peneliti, 2022

Kegiatan WFH ataupun SFH seringkali mengalami gangguan atau hambatan selama hal tersebut berlangsung. Presentase tertinggi merupakan pada gangguan sinyal dan pulsa.

Jumlah kepala keluarga pada tahun 2022 dibandingkan dengan tahun 2019, memiliki perbedaan minor. Mayoritas keluarga dihuni oleh 1 kepala keluarga. Kurang lebih 25% dihuni lebih dari satu kepala keluarga. Jumlah penghuni dalam satu rumah, mayoritas adalah 4 jiwa. Hal yang berbeda jika kita melihat kondisi pada tahun 2019, yaitu mayoritas rumah dihuni lebih dari 4 jiwa.

Mayoritas responden menempati bangunan dengan luas di bawah 120 m². Sehingga responden memiliki keterbatasan di dalam melakukan aktifitas hunian sehari-hari. Terlebih ketika menghadapi pandemi Covid-19, yang mengharuskan lebih banyak aktivitas dilakukan di dalam rumah. Sehingga dapat dipersepsikan munculnya ketidaknyamanan menghuni, akibat interaksi yang intensif dengan anggota keluarga lain, dalam jangka waktu yang lama. Selain itu, adanya dua atau lebih kepala keluarga, dapat memunculkan kepentingan dan kebutuhan keluarga yang berbeda.

Kondisi tidak nyaman menghuni, terlebih dirasakan oleh anggota keluarga yang rentan. Misalnya orang lanjut usia, bayi maupun balita, berkebutuhan khusus. Ketidaknyamanan ini misalnya terkait dengan pemanfaatan ruangan dalam rangka pemenuhan kebutuhan hidup. Contohnya dalam hal anak-anak menjadi kehilangan kesempatan bermain bebas di tempat yang lebih luas bersama-sama teman sebayanya. Bayi dapat terpengaruh kondisi psikologis dan fisik dari orangtua yang mengalami tekanan akibat adanya pandemi, dan mengharuskan bekerja

dan beraktivitas dari rumah. Untuk manusia lanjut usia, kekhawatiran terkena Covid-19 meningkat, akibat tertular anggota keluarga lainnya, yang mungkin masih perlu memaksakan untuk beraktivitas di luar rumah. Kebosanan juga dialami anggota keluarga, terutama mereka yang rentan dan membutuhkan pertolongan orang lain dalam beraktivitas. Kemudahan akses di dalam rumah, bagi orang tua dan difabel, ketika harus melakukan pembatasan kegiatan di luar rumah. Kondisi akses ruang di rumah perlu dibuat rapi dan bebas dari gangguan yang menyebabkan kecelakaan domestik.

Kondisi rumah, terkait dengan atap rumah, dapat juga menambah ketidaknyamanan menghuni. Atap asbes dan aluminium dapat menghasilkan panas ruangan dibandingkan atap genteng. Hal inilah yang mengurangi kenyamanan, selain itu terdapat kemungkinan rusak atau bocor akibat terkena benda yang jatuh, atau terinjak saat perawatan pembersihan.

Adanya anggota keluarga yang terkena Covid-19, menambah kekhawatiran, ketidaknyamanan, dan pengeluaran dana tambahan. Ditemukan kasus adanya anggota keluarga yang meninggal dunia akibat Covid-19. Sebanyak 42% penderita melakukan isolasi mandiri di rumah, sehingga mengurangi kenyamanan tinggal, terutama untuk rumah dengan luasan yang kecil dan jumlah jiwa yang besar. Penerapan protokol kesehatan dalam rumah, misalnya terkait ketersediaan tempat dan sabun cuci tangan, perlu lebih diperhatikan. Kebutuhan untuk mandi dan keramas lebih teratur juga perlu diperhatikan. Hal lain sehubungan dengan pengelolaan sampah, pemilihan konsumsi makanan sehat diperlukan sebagai perilaku menjaga kesehatan dalam rumah.

Ketidaknyaman ruangan dalam hunian, menjadi salah satu alasan adanya perubahan ruang. Walau demikian, lebih banyak responden yang memilih mempertahankan ruang dan melakukan adaptasi keadaan dengan ruangan yang sama. Dalam hal ini dapat dimengerti adanya keperluan atau kebutuhan lain, yang dirasa lebih penting dibandingkan untuk melakukan perubahan ruangan. Muncul kebutuhan lebih untuk sirkulasi udara yang baik dan sinar matahari pagi untuk berjemur.

Kondisi rentan penularan juga ditandai dengan adanya satu kloset saja di dalam satu rumah. Hal ini, dibuktikan dengan adanya 54% responden yang memiliki hanya satu kloset. Sedangkan yang memiliki kloset berjumlah dua adalah 41%. Bagi yang memiliki dua kloset kondisi rentan akan sedikit berkurang, karena memungkinkan untuk digunakan terpisah dengan penderita Covid-19, yang melakukan isolasi di dalam rumah. Selain itu kondisi rentan, sehubungan adanya keterbatasan jumlah kamar dalam satu rumah. Misal terdapat satu anggota yang

perlu melakukan isolasi mandiri, akan mengurangi jumlah kamar yang aman untuk melakukan kegiatan sehari-hari.

Dari dua faktor terkait keberadaan jumlah kloset dan kamar tidur, pada penelitian ini, ditemukan keberadaan jumlah kloset memiliki kerentanan lebih dibandingkan jumlah kamar tidur. Selain itu, jumlah anggota yang memiliki kebutuhan melakukan aktivitas bekerja dan belajar di dalam rumah, menimbulkan kebutuhan ruang privat untuk satu orang satu ruangan, melaksanakan pertemuan dalam jaringan (daring). Penggunaan peralatan elektronik terutama untuk melakukan pertemuan, perlu lebih diperhatikan untuk aspek keselamatan, yaitu kabel dan soket listrik sesuai dengan beban yang dapat ditanggung.

Ditemukan juga adanya gangguan dalam melakukan pekerjaan atau belajar dari rumah. Selain itu adanya usaha yang dilakukan dari dalam rumah, dapat mengurangi kenyamanan, karena kondisi pandemi yang menambah intensitas aktivitas yang dilakukan dari dalam rumah. Gangguan terutama terkait dengan sinyal internet, sehingga solusi penyediaan internet melalui kabel merupakan solusi yang dapat dipilih.

Perubahan pada kondisi, yaitu adanya peningkatan kenyamanan rumah tahun 2022 dibandingkan tahun 2019. Pada aspek kemudahan juga mengalami sedikit peningkatan yang dirasakan oleh sebagian responden. Sedangkan pada aspek keselamatan terdapat peningkatan kondisi, dan terkait dengan aspek kesehatan juga terdapat peningkatan. Sehingga pada empat aspek terdapat peningkatan Peningkatan kualitas hunian yang dirasakan, jika dihubungkan dengan faktor keberhasilan untuk mengatasi pandemi, dapat tercermin dari peningkatan keempat aspek tersebut.

Formasi Ruang

Berdasarkan penelitian, ditemukan bahwa tipe pertama pada penelitian *online* maupun *onsite* merupakan tipe formasi ruangan paling disukai responden, yang mayoritas tinggal 1 rumah 1 kepala keluarga. Dengan data sebagai berikut (Tabel 1).

Analisis Bivariat

Hasil Distribusi Normal

Uji normalitas adalah suatu cara yang dilakukan untuk melihat apakah data dalam penelitian telah terdistribusi secara normal. Hasil uji ini nantinya akan memengaruhi langkah analisis selanjutnya. Cara uji normalitas SPSS biasanya memiliki 2 pilihan, yaitu Kolmogorov-Smirnov dan Shapiro-Wilk. Dalam uji normalitas, terdapat indikator yang disebut nilai signifikansi. Apabila data memiliki nilai signifikansi

0,05 maka dapat dikatakan bahwa data tersebut normal. Baik itu untuk Kolmogorov-Smirnov mau pun untuk Shapiro Wilk. Perbedaan penggunaan keduanya adalah pada banyaknya sampel yang digunakan. Jika sampelnya kurang dari 50, maka Shapiro Wilk lebih cocok untuk digunakan dalam uji normalitas. Sementara untuk sampel besar yang lebih dari 50, gunakan Kolmogorov-Smirnov agar hasilnya lebih akurat.

Berdasarkan data hasil penelitian, diketahui jumlah sampel 161 responden. Uji sebaran normal yang paling cocok adalah menggunakan Kolmogorov-Smirnov agar hasilnya lebih akurat. Dari data tersebut kemudian diuji persebaran normal data dan diketahui bahwa dari 17 variabel yang akan diteliti memiliki signifikansi diatas 0,05 yang artinya data tersebar normal dan dapat dilanjutkan ke analisis selanjutnya. Nilai signifikansi terbesar adalah pada variabel kondisi bekerja atau sekolah dari rumah dan perubahan ruang karena WFH/ SFH.

Hasil Regresi Linear

Beberapa hasil variabel yang dapat berkaitan dengan pengaruh adanya perubahan ruang pasca Covid meliputi, jumlah jiwa dalam rumah, luas bangunan, riwayat Covid, jumlah kloset, jumlah kamar tidur, dan bekerja dari rumah. Sehingga dari 6 (enam) variabel tersebut dibuat hubungan yang saling mempengaruhi.

Model hubungan perubahan hunian pasca Covid adalah

$$Y = 0,307 + 0,276 Y_1 + 0,113 Y_2 + 0,003 Y_3 + 0,105 Y_4 + 0,494 Y_5 + 0,210 Y_6$$

Atau dapat disebutkan sebagai Perubahan Ruang = $0,307 + 0,276$ (jumlah jiwa) + $0,113$ (luas bangunan) + $0,003$ (riwayat menderita Covid-19) + $0,105$ (jumlah kloset yang dimiliki) + $0,494$ (jumlah kamar tidur) + $0,210$ (aktivitas bekerja dari rumah)

Tabel 1 Jumlah Pemilih Masing-masing Tipe Rumah

Tipe	Uraian	Preferensi (%)	Jumlah pemilih (<i>online</i>)	Jumlah pemilih (<i>onsite</i>)
1	2 kamar tidur, 1 kamar mandi dalam	55	32	55
2	2 kamar tidur, 1 kamar mandi luar	4	1	6
3	2 kamar tidur, 1 km dalam, 1 km luar	32	22	28
4	2 kamar tidur, 2 kamar mandi luar	8	3	10

Sumber: Hasil Penelitian, 2022

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kompilasi data dan analisa maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut. Perubahan ruang baik pada bagian interior maupun eksterior, sehubungan dengan terjadinya kasus pandemi Covid-19, dipengaruhi oleh paling tidak enam variabel yaitu 0,276 (jumlah jiwa yang menghuni rumah) + 0,113 (luas bangunan rumah tinggal) + 0,003 (riwayat menderita Covid-19 pada anggota keluarga) + 0,105 (jumlah kloset yang dimiliki) + 0,494 (jumlah kamar tidur yang dimiliki) + 0,210 (aktivitas bekerja dari rumah) dan + 0,307 faktor lain.

Sedangkan berdasarkan analisis bivariat ditemukan bahwa nilai signifikansi terbesar adalah pada variabel kondisi bekerja atau sekolah dari rumah dan perubahan ruang karena WFH/ SFH. Kondisi yang lebih tidak nyaman, yang dirasakan kelompok rentan (orang lanjut usia, bayi maupun balita, berkebutuhan khusus). Untuk anak-anak sehubungan dengan keleluasaan bermain bersama teman sebaya, untuk bayi sehubungan kondisi psikologis orang tuanya, untuk orang tua sehubungan dengan meningkatnya kekhawatiran terkena Covid-19, untuk kaum difabel terkait dengan semakin intensifnya penggunaan ruang di dalam rumah. Kebutuhan ruang berdasarkan hasil penelitian, yang paling diperlukan keberadaannya untuk kelompok rentan pada saat pandemi Covid-19 yaitu kamar mandi atau kloset yang terpisah, dengan akses sirkulasi udara, yang cukup. Selain itu ruangan yang lega untuk bermain anak-anak menjadi perlu, bagi rumah tangga yang memiliki anak-anak. Keberadaan akses sirkulasi yang mudah antar ruang, dapat menjadi solusi mengusir kebosanan bagi orang tua dan kaum difabel, yaitu menambah gerak aktivitas yang dapat dilakukan di dalam rumah.

Sehubungan dengan aktivitas bekerja dan belajar dari rumah, maka perlu mempertimbangkan untuk mengantisipasi gangguan yang muncul. Terkait dengan masalah sinyal, tentunya menambah atau melengkapi rumah dengan jaringan internet kabel dapat menjadi solusi keterbatasan sinyal. Gangguan suara dari luar dapat diupayakan dengan membuat pagar peredam berupa tanaman atau material peredam lain. Sehubungan dengan pandemi Covid-19, terlihat nyata kebutuhan kloset lebih dari satu, terutama jika ada anggota keluarga yang melakukan isolasi mandiri di rumah.

Prinsip apa saja yang perlu disesuaikan pada Peraturan Pemerintah No. 16 Tahun 2021 dan Permen PUPR No. 21 Tahun 2021, setelah pandemi Covid-19, yaitu sehubungan dengan aspek kenyamanan, adalah kebutuhan sirkulasi udara dan sinar matahari pagi untuk berjemur. Kemudahan akses, terutama ditujukan bagi orang tua dan difabel,

ketika harus melakukan pembatasan kegiatan di luar rumah. Hal ini sehubungan dengan potensi kecelakaan di dalam rumah. Terkait dengan keselamatan, dapat berupa antisipasi penggunaan alat-alat elektronik yang mudah korsleting atau terbakar, hal ini terkait dengan meningkatnya peralatan elektronik yang digunakan saat bekerja dan belajar dari rumah. Aspek kesehatan sehubungan dengan penerapan protokol kesehatan dalam rumah, misalnya terkait ketersediaan tempat dan sabun cuci tangan. Kemudian terkait dengan perilaku menjaga kesehatan dalam rumah lainnya.

Rumusan kebutuhan ruang rumah minimal yang sesuai dengan konsep keandalan bangunan gedung dan memenuhi kebutuhan karakter penghuninya, harus memperhatikan beberapa variabel yang ditemukan dalam penelitian ini. Variabel tersebut terkait dengan berapa jumlah jiwa yang menghuni dalam satu unit hunian, luas bangunan yang digunakan untuk tinggal bersama, apakah terdapat riwayat terkena Covid-19, ketersediaan jumlah kamar mandi terutama kloset lebih dari satu, jumlah kamar tidur untuk masing-masing anggota keluarga, dan kebutuhan ruang yang diperlukan untuk menampung kegiatan yang dilakukan di rumah.

Rekomendasi yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu terkait dengan mengidentifikasi ulang variabel dan indikator yang ditemukan dalam penelitian ini, dilanjutkan dengan melakukan perhitungan kebutuhan dan dimensi ruang ideal, untuk mengakomodasi kondisi pasca pandemi (*new normal*). Selanjutnya, sehubungan dengan penilaian bangunan rumah ideal pasca pandemi, dapat dilakukan studi, bagaimana dapat menyesuaikan atau menempatkan kriteria rumah ideal tersebut, pada syarat Bangunan Gedung Hijau, sehingga hasilnya dapat di implementasikan dengan nyata. Rekomendasi terkait formasi ruangan, diperlukan kamar mandi yang dekat dengan ruang tidur, atau dapat berupa kamar mandi dalam, dengan kebutuhan 2 kamar tidur memiliki 1 kamar mandi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Sebagai wujud penghargaan terhadap pihak-pihak yang terlibat dalam penyusunan sebuah karya tulis ilmiah atau dalam penelitian dan pengembangan. Kami berterimakasih kepada jajaran pimpinan, rekan akademik, dosen dan mahasiswa Politeknik Pekerjaan Umum.

DAFTAR PUSTAKA

Aditya, Taufiq Rizki. (2021). Evaluasi Kesesuaian Desain Bangunan Berdasarkan Aksesibilitas Bagi

- Lansia Sebagai Pengguna Studi Kasus Desain Rumah Tinggal Di Bintaro Jakarta Selatan. Seminar Evaluasi Arsitektur. Universitas Islam Indonesia.
- Aulia, I.T., Fadhillah, D.Z. and Kusnaedi, I. (2022). Tinjauan Usaha Optimalisasi Ruang Kerja Mahasiswa Desain Interior di Masa Pandemi (Studi Kasus: Mahasiswa Program Studi Desain Interior Itenas Angkatan 2020). *REKAJIVA Jurnal Desain Interior*, 1(1), pp.55-66.
- Boedhi-Darmojo & H. Hadi Martono. (2004). *Geriatric (Ilmu Kesehatan Usia Lanjut)*, Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, Jakarta
- Candrasa, M.R. (2020). Penerapan Optimalisasi Ruang dalam pada Desain MOD Space Apartment di Kota Bandung. *Repository Tugas Akhir Prodi Arsitektur Itenas*, 4(11).
- Darmadi, D. and Mutiari, D. (2015). Perubahan Fungsi Ruang Rumah Kuno di Kampung Kauman Surakarta. *Sinektika: Jurnal Arsitektur*, 13(2), pp.76-82.
- Hartono, W. (2019). Transformasi ruang pada rumah tinggal penggiat komunitas reog di Pendukuhan Gunungsari Desa Bejiharjo, Kabupaten Gunungkidul. *ARTEKS: Jurnal Teknik Arsitektur*, 4(1), 13-24.
- Kiswari, M.D.N. (2019). Identifikasi Perubahan Fungsi Ruang pada Rumah Tinggal Joglo Studi kasus: Rumah Joglo di Desa Keji, Kecamatan Muntilan, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah. *Praxis*, 2(1), pp.49-65.
- Muchamad, B.N., Mentayani, I. and Ratnafuri, M. (2008). Konsep Optimalisasi Ruang Permukiman Kumuh berdasar Profil Jumlah Penghuni. *Journal of Architecture and Built Environment*.
- Pudjiastuti, Sri Surini & Budi Utomo. (2002). *Fisioterapi pada lansia*, EGC, Jakarta
- Sujatini, S. and Dewi, E.P. (2021). Arsitektur Masa Pandemi: Ruang Keempat Sebagai Pemaknaan Ruang-Ruang Pada Rumah Tinggal. *IKRA-ITH HUMANIORA: Jurnal Sosial dan Humaniora*, 5(3), pp.109-118.
- Wuryanti, W., & Suhedi, F. (2016). Penginterpretasian Hasil Inspeksi Keandalan Bangunan Gedung. *Jurnal Permukiman*, 11(2), 74-87.
- Zein. (2015). Pendekatan Desain Interior untuk Hunian Lansia Sebagai Upaya Mengatasi Degeneratif. Studi Kasus Rumah Tinggal Jl. Bukit Dago Utara, Bandung. *Jurnal Itenas Rekarupa © FSRD Itenas | No.1 | Vol. 3 ISSN:2088-5121*.
- Website:
Kompas.com "Kilas Balik Kronologi Munculnya Kasus Pertama Covid-19 di Indonesia", Klik untuk baca: <https://megapolitan.kompas.com/read/2021/03/02/05300081/kilas-balik-kronologi-munculnya-kasus-pertama-covid-19-di-indonesia?page=all>. Penulis : Rindi Nuris Velarosdela Editor : Rindi Nuris Velarosdela
<https://www.suara.com/news/2021/10/09/115305/peran-bangunan-gedung-hijau-dalam-pembangunan-infrastruktur-di-indonesia>

STUDI PEMETAAN SISTEMATIS KARIR PERUMAHAN STUDI KASUS: KOTA YOGYAKARTA

Housing Career Systematic Mapping Study (SMS) Case Study: Yogyakarta City

Yulinda Rosa

Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan,
Direktorat Jenderal Cipta Karya
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
Jalan Panyawungan, Cileunyi Wetan, Bandung
Surel: yulindarosa@gmail.com

Diterima: 7 Mei 2024;

Disetujui: 10 Oktober 2024

Abstrak

Proporsi pengeluaran tertinggi rumah tangga adalah dana untuk perumahan, sehingga efisiensi dalam penyediaan perumahan perlu dilakukan melalui penyediaan tempat tinggal yang tepat, pada waktu yang tepat dan dengan orang yang tepat, sehingga tidak terjadi kekosongan rumah, salah satunya melalui penerapan konsep Housing Career. Backlog perumahan saat ini semakin meningkat, meskipun beberapa program subsidi perumahan telah dilaksanakan, salah satu permasalahannya adalah ketidaksesuaian antara permintaan perumahan dinamis dengan pasokan perumahan statis saat ini. Tujuan dari artikel ini adalah untuk mengidentifikasi, mengklasifikasikan, dan melakukan analisis tematik dari literatur saat ini untuk menciptakan pemahaman tentang karir perumahan. Metode systematic mapping study (SMS) digunakan untuk mengkaji penelitian yang telah dipublikasikan dari waktu ke waktu. Dengan menggunakan metode ini fokus, lokus, jenis penelitian, mengandalkan pemetaan database elektronik Scopus. Selanjutnya diberikan gambaran housing career di Indonesia berdasarkan data sampling skala kota.

Kata Kunci: Penyediaan perumahan, Systematic Mapping Studi, housing career, studi kasus, Kota Yogyakarta

Abstract

The highest proportion of family spending. Efficiency in the provision of housing needs to be done through the provision of the right place to live, at the right time, and with the right people, so that there are no vacancies in the house, one of which is through the application of the Housing Career concept. The housing backlog is currently increasing, and although several housing subsidy programs have been implemented, one of the problems is the mismatch between dynamic housing demand and the current static housing supply. The purpose of this article is to identify, classify, and perform thematic analysis of the current literature to create an understanding of residential careers. The systematic mapping study (SMS) method is used to review research that has been published from time to time. By using this method the fokus, locus, type of research, relying on the Scopus electronic database mapping. Furthermore, an overview of housing careers in Indonesia is given based on city-scale sampling data.

Keywords: Housing provision, Systematic Mapping Studi, housing career, case study, Yogyakarta City

PENDAHULUAN

Pengeluaran perumahan merupakan pengeluaran dengan persentase tertinggi dari pengeluaran keluarga, hampir mencapai tiga (3) sampai enam (6) kali pendapatan tahunan keluarga (NAHP, 2023). Terjadinya krisis ekonomi pasca pandemi Covid 19 memperparah kondisi masyarakat dalam mendapatkan perumahan. Peningkatan efisiensi dalam penyediaan perumahan perlu dilakukan melalui penyediaan tempat tinggal yang tepat, pada

waktu yang tepat dan dengan sasaran yang tepat. Disisi lain permasalahan penyediaan perumahan terbesar adalah pertambahan angka kekurangan (*backlog*) rumah yang cukup signifikan sebesar 12,75 juta (Dirjen Perumahan, 2023), angka *backlog* rumah mencapai 11,4 juta (NAHP, 2023). Masalah utama yang muncul dalam pelaksanaan program perumahan salah satunya terjadi karena masih adanya kekosongan rumah subsidi, disebabkan karena salah sasaran pemberian subsidi.

Kekosongan rumah pada program subsidi perumahan dapat dilihat berdasarkan temuan hasil di lapangan: Penghasilan minimal MBR yang mampu mengakses skema pembiayaan melalui program subsidi kredit perumahan rakyat (KPR) fasilitas likuiditas pembiayaan perumahan (FLPP) di Kota Medan adalah Rp3.850.000,00. Sementara struktur penghasilan masyarakat Indonesia sebanyak 60% berpenghasilan di bawah Rp3.600.000,00 per bulan (Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, 2016); Standar penghasilan maksimum Masyarakat Berpenghasilan Rendah (MBR) yang ditetapkan dalam regulasi relatif lebih besar 35% dari pendapatan upah/gaji rata-rata orang di Indonesia, bahkan pada sebagian wilayah nilai selisihnya dapat lebih tinggi (Bramantyo, 2012);

Rumah bersubsidi di Kelurahan Meteseh Kota Semarang, hampir 30% unit tidak dimiliki oleh kelompok sasaran, 9% unit berstatus hak milik yang tidak dihuni, dan 6% merupakan rumah ke dua sebagai barang investasi (Septia dkk., 2020). Tidak berjalannya program rumah singgah, dengan lama waktu singgah maksimal lima (5) tahun di rumah susun sewa (Rusunawa) di Cingised Kota Bandung. Namun program tersebut tidak jalan, karena setelah waktu 5 tahun, penghuni belum bisa mengumpulkan uang muka untuk mencicil rumah milik (Dinas Permukiman dan Perumahan Kota Bandung, 2021).

Konsep penyediaan perumahan saat ini bersifat statis, artinya merencanakan perumahan saat ini dan yang akan datang, berdasarkan kondisi masyarakat pada satu saat tertentu. Sedangkan secara prinsip, perumahan disiapkan untuk memfasilitasi kebutuhan masyarakat. Karakteristik lingkungan sosial dan ekonomi masyarakat dalam hal ini keluarga yang membutuhkan rumah, akan berubah sejalan dengan pertambahan umur, sehingga kebutuhan rumah berdasarkan lingkungan sosial dan kemampuan mendapatkan rumah berdasarkan kemampuan secara ekonomi berubah (Sulasm, 2020).

Housing career adalah suatu konsep yang memandang kebutuhan rumah bagi masyarakat, merupakan suatu yang bersifat dinamis. Konsep karir perumahan dapat dikatakan konsep baru di Indonesia, dan belum diterapkan secara utuh sesuai konsep yang seharusnya. Tujuan dari penulisan makalah adalah mendapatkan konsep karir perumahan berdasarkan kajian pustaka di beberapa negara-negara di dunia yang telah menerapkan konsep ini dengan menggunakan metode *systematic mapping study* (SMS). Modifikasi variabel-variabel *housing career* yang sesuai dengan kondisi sosial, ekonomi dan budaya di Indonesia dilakukan untuk melihat *housing career* di Indonesia melalui sampel Kota Yogyakarta.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini secara garis besar ada dua (2):

1. SMS digunakan untuk menemukan konsep *housing career* di beberapa negara; dan
2. Penelitian deskriptif untuk mendapatkan gambaran umum *housing career* di Indonesia, studi kasus Kota Yogyakarta

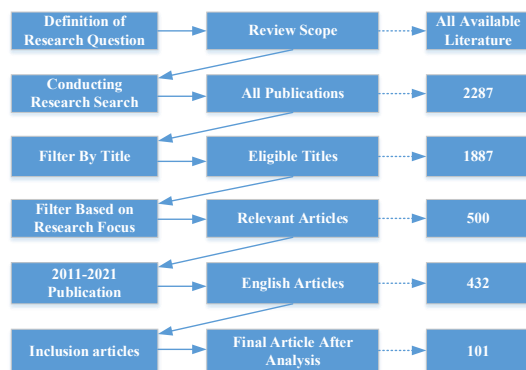
Systematic mapping study (SMS) merupakan studi sekunder, menjelaskan suatu penelitian dengan memetakan, menyelidiki berdasarkan pertanyaan penelitian sehingga hasil dari penelitian ini didapatkan gambaran umum pada suatu topik dengan batasan area penelitian yang ditentukan (Karzan & Dayang, 2015). Metode ini merupakan metode pendekatan studi literatur (Jinghua et al., 2021). Didalam penelusuran peneliti menggunakan database elektronik terindeks Scopus. Lima pertanyaan penelitian (RQ) yang ditanyakan untuk melakukan pemetaan dari 101 artikel dalam penelitian ini:

- 1) RQ1: Bagaimana fokus penelitian *housing career* pada penelitian sebelumnya?
- 2) RQ2: Bagaimana lokus penelitian *housing career* pada penelitian sebelumnya?
- 3) RQ3: Bagaimana jenis paper *housing career* pada penelitian sebelumnya?
- 4) RQ4: Bagaimana metodologi dan pendekatan apa yang digunakan?
- 5) RQ5: Bagaimana tren publikasi setiap negara dan setiap tahun pada kurun waktu yang ditentukan?

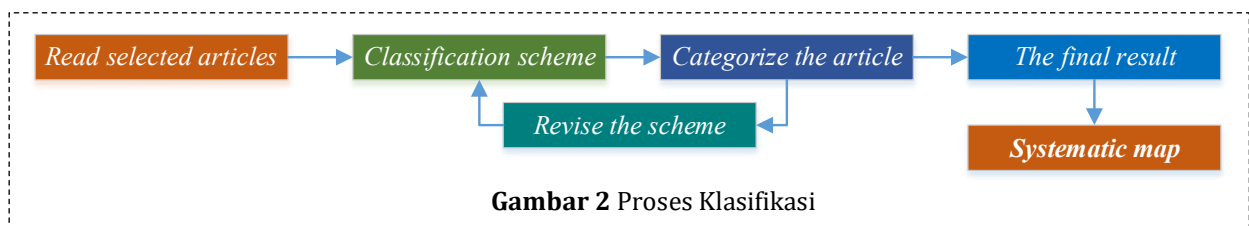
Dengan langkah-langkah SMS sebagai berikut:

- 1) Menentukan kata-kata kunci yang akan dimasukan dalam penelusuran. Pada penelitian ini *string* menggunakan operator *Boolean OR* dimana kata kunci pencarian yang digunakan yaitu "*relocation decision*" OR "*house adjustment*" OR "*house life cycle*" OR "*housing career*" OR "*house tenure*" OR "*home tenant*" OR "*house tenant*" OR "*home owner*" OR "*house owners*". Dengan melakukan pencarian dengan kata kunci tersebut pada *database* Scopus ditemukan 2284 penelitian terdahulu yang membahas topik-topik penting pada *housing career*.
- 2) Menentukan kriteria inklusi: a) fokus penelitian karir perumahan dan penelitian penting yang telah diteliti internal instansi; b) Artikel yang minimal salah satu fokusnya tercantum dalam kata kunci pencarian; c) Bahasa Inggris; dan d) Tulisan yang diterbitkan tahun 2011-2021. Dengan tahapan penelusuran penelitian digambarkan pada Gambar 1.
- 3) Melakukan pengklasifikasian terhadap 101 artikel. Terdapat tiga aspek untuk mengklasifikasikan studi yaitu mengkategorikan artikel berdasarkan metode penelitian, *paper type*

berdasarkan klasifikasi dan fokus (Muslim et al., 2021), dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1 Proses SMS (Pencarian) (Kitchenham, 2007) (Petersen, Feldt, & Mujtaba, 2008)



Gambar 2 Proses Klasifikasi

Penelitian Deskriptif

Penelitian deskriptif dilakukan untuk mengetahui karir perumahan secara umum dengan studi kasus Kota Yogyakarta. Data yang digunakan merupakan data primer yang dikumpulkan pada tahun 2018 – 2019, dengan sampel responden ditentukan menggunakan metode *multy stage sampling cluster*. Unit penelitian kepala keluarga (KK), yang dipilih sebagai unit terkecil yaitu rukun tetangga (RT).

Pemilihan unit sampel dilakukan dengan menggunakan metode sampling kluster. Hal tersebut dilakukan karena karakteristik dari setiap *stratum* tersebar berdasarkan wilayah administratif. Untuk itu penentuan jumlah unit sampel dilakukan dengan menggunakan rumus sampling acak sederhana dikalikan dengan 2 (Stanley dkk, 1992). Rumus jumlah sampel berdasarkan sampling acak sederhana:

$$n = \frac{Npq}{(N + 1) D + pq} \quad (1)$$

$$D = B^2/4 \text{ dimana } B = Z_{\alpha} (pq/N)^{1/2} \quad (2)$$

Dengan:

n = jumlah total sampel yang (dihitung); N = jumlah populasi; p = proporsi KK memiliki rumah = 0,75; q = Proporsi KK tidak memiliki rumah = 1 – p = 0,25; D = presisi (dihitung), B = *Bound of error* (dihitung) melalui rumus di atas, didapatkan n = jumlah sampel = 299 x 2 = 598 KK

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemetaan

Hasil pemetaan dari 101 artikel Scopus terbitan tahun 2011 – 2021 berdasarkan lokus, tipe, metode, pendekatan dan tren publikasi dari penelitian yang di uraikan dalam artikel tersebut dapat dilihat pada tabel 1. Lokus menggambarkan unit yang dijadikan sebagai objek penelitian dalam pembahasan *housing career*. Objek penelitian secara garis besar dapat dibagi dalam 3 jenis yaitu:

1. Pihak konsumen rumah, terdiri dari: pemilik rumah merupakan persentase objek penelitian tertinggi (62%), kemudian masyarakat perkotaan (13%), masyarakat pendatang (7%), generasi muda yang sudah mandiri tidak tinggal dengan orang tua (1%), tua tapi belum berkeluarga (4%) dan berkeluarga (4%), kepala keluarga penghuni (3%);

2. Pihak penentu kebijakan, adalah pihak institusi pemerintah sebagai pendukung berjalannya kebijakan perumahan, sehingga kebutuhan rumah (konsep *housing career*) dapat berjalan, *supply* sesuai dengan *demand*, dengan persentase 2% artikel yang membahas objek kajian ini;
3. Pihak penyedia data (1%), konsep penyediaan perumahan berbasis *housing career* ini dapat dilihat dengan baik dan tepat bila didukung dengan ketersediaan data *multy year*, perlu adanya campur tangan pemerintah untuk menunjuk institusi penyedia data, agar menyediakan data dengan validitas yang dapat dipertanggungjawabkan.

Berdasarkan hasil pemetaan secara sistematis *evaluation research* (dengan persentase sebesar 50%) merupakan tipe artikel yang paling sering digunakan dalam pembahasan konsep *housing career*, sejalan dengan banyaknya penelitian yang meggunakan data dari kurun waktu lalu sebelum saat penelitian dilakukan. Informasi perkembangan atau perubahan akan terlihat melalui informasi dan data yang telah lalu, untuk mendapatkan prediksi di masa yang akan datang sehingga permasalahan-permasalahan yang akan muncul di masa yang akan datang sudah terprediksi, sehingga dapat mengendalikan faktor-faktor yang diperkirakan akan mengganggu atau bermasalah di masa yang akan datang.

Tabel 1 SMS berdasarkan 101 Scopus dari Tahun 2011 – 2021Berdasarkan Lokus, *Paper Type*, *Research Methode*, *Research Approach* and *Publications Trends*

Hasil Pemetaan Penelitian <i>Housing Career</i>									
Lokus	%	<i>Paper Type</i>	%	<i>Research Methode</i>	%	<i>Research Approach</i>	%	Tren publikasi	%
1	2	3		4	5	6		7	8
Care home manager	1	Validation Research	28	Case Study	2	Mix-method	5	RRC	0.04
Family	4	Evaluation Research	50	Discussion Paper	6	Qualitative	30	Jepang	0.01
Employee	5	Solution Proposal	22	Literature Study	5	Quantitative	65	India	0.01
Householder	3			Survey	87			Malaysia	0.03
Homeowner	58							Turki	0.02
Imigrant	7							USA	0.16
Polycymakers & Representatives	2							Canada	0.06
Previous Research	1							Barzil	0.01
Registered home owner	4							Norwegia	0.03
Statistical agency	1							Firlandia	0.02
Urban residents	13							Belanda	0.14
Young Adult	4							Inggris	0.10
								Italia	0.02
								Spanyol	0.01
								Polandia	0.01
								Ghana	0.01
								Nigeria	0.01
								Afrika	0.04
								Newzeland	0.06
								Australia	0.08

Sumber: Hasil Pengolahan Data Tahun 2022

Budaya bermukim pada suatu tahapan siklus hidup, pada posisi suatu tangga perumahan tertentu kelompok dapat diketahui melalui evaluasi data yang telah terjadi saat lampau, baik saat ini kondisi tersebut masing berlangsung (jenis *paper validation research*), atau sudah tidak berlangsung, namun informasi tersebut masih dibutuhkan untuk prediksi ke depan. *Validation research* (dengan persentase sebesar 28%) merupakan tipe artikel yang paling sering dibahas ke dua setelah *evaluation research* dalam *housing career*. Pada penelitian *validation research*, penelitian masih berjalan hingga saat ini sehingga data yang digunakan ialah dari tahun sebelum penelitian dilakukan hingga saat penelitian dilakukan. Walaupun penelitian selesai dilakukan data terbaru terkait dengan kasus tersebut akan terus ada pembaharuan hingga kasus itu selesai. Tipe artikel paling sering dibahas ke tiga dalam *housing career* adalah *solution proposal* (dengan persentase sebesar 22%), dimana pada penelitian ini menyajikan model atau formula yang digunakan untuk prediksi.

Dari uraian di atas dapat dilihat bahwa dalam penelitian *housing career*, metode penelitian survey merupakan metode yang paling sering digunakan

(persentase sebesar 87%), dengan pendekatan penelitian kuantitatif (persentase sebesar 65%) menggunakan data yang dikumpulkan secara berkala oleh suatu lembaga yang telah ditunjuk secara resmi oleh negara. Pendekatan penelitian kualitatif (persentase sebesar 30%), merupakan pendekatan paling sering digunakan kedua dalam pembahasan konsep *housing career*, yang merupakan konsep yang bersifat dinamis, berbeda untuk setiap kondisi sosial ekonomi serta budaya tertentu. Adanya perubahan budaya atau perubahan ekonomi atau sosial dan menjadikan budaya masyarakat berbeda, maka konsep *housing career* pun akan berubah. Oleh karena itu penelitian kualitatif untuk mengenali deskripsi *housing career* suatu kelompok dengan karakteristik khusus diperlukan, dan akan terus seperti itu, secara teoritis budaya bersifat dinamis.

Berdasarkan 101 artikel Scopus yang telah terkumpul, USA merupakan negara paling banyak artikel dengan pembahasan konsep *housing career* (persentase sebesar 16%). Kemudian diikuti dengan Belanda (14%), Inggris (10%), Australia (8%), kemudian Canada, New Zealand dan Swedia dengan persentase yang sama sebesar 6%, sedangkan di Asia,

RRC (4%). Penyediaan perumahan di negara-negara tersebut sudah didukung dengan *database* yang baik, sehingga dinamika kondisi ekonomi dan sosial masyarakat yang membutuhkan rumah dengan status milik/ sewa/ kontrak tercatat dengan baik, sehingga pola kebutuhan dan kemampuan masyarakat dapat dilihat dengan jelas. Dengan demikian gambaran konsep *housing career* dapat dijadikan acuan, akan tetapi dalam penerapan perlu banyak penyesuaian, karena adanya perbedaan dari segi budaya, kondisi ekonomi dan sosial masyarakatnya. Malaysia dengan persentase sebesar 3%, pembahasan konsep penyediaan perumahan lebih mengarah pada perumahan untuk masyarakat yang terdiskriminasi seperti orang tua, orang yang hidup sendiri dengan kemampuan ekonomi terbatas. Demikian juga Ghana dan Nigeria dengan persentase sama sebesar 1%, topik pembahasan artikel lebih mengarah pada masyarakat dengan kemampuan terbatas, dengan melibatkan koperasi.

Konsep Housing Career

Konsep Housing career menurut beberapa ahli adalah: *Housing career* merupakan mobilitas (pergerakan) individu untuk mendapatkan rumah, menggambarkan individu atau pasangan muda mulai meninggalkan rumah orang tua dan pindah menyewa rumah di tempat lain (Murdie, Chambon, Hulchanski, & Teixeira, 1999) (Lennartz & Helbrecht, 2018). *Housing career* merupakan mobilitas individu atau keluarga dalam memiliki rumah sejalan dengan pergerakan waktu, terjadinya pertambahan umur, berakibat pada terjadinya proses siklus hidup keluarga serta perubahan kondisi sosial dan ekonomi, dimulai dari individu hidup mandiri meninggalkan rumah orang tua, karena menikah ataupun alasan lainnya (Huang et al., 2020). Perubahan tersebut berakibat pada perjalanan perubahan kemampuan individu untuk memenuhi kebutuhan akan rumah (Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, 2017).

Berdasarkan beberapa literatur, terbentuknya perjalanan *housing career* individu sebagian besar disebabkan karena adanya migrasi dari desa ke kota untuk generasi produktif dengan keterampilan yang cukup atau tinggi di Kota Nanjing, (Cui, 2020) Cina (Hu & Ye, 2020), ataupun masyarakat dengan pendapatan terbatas di Kota Nanjing, Cina (Cui, 2020), Dar Es Salaam, Tanzania, sebagai negara berkembang (Patel et al., 2020; Smith, 2015), Kota Yangzhou, (Huang et al., 2020) Cina, (Hu & Ye, 2020) generasi masih Béb, ataupun dari negara lain (transnasional) dari Italia dan Rusia di London, Inggris (Albertini et al., 2018; Maslova & King, 2020), dan dari Ghana di Kanada (Firang, 2019, 2020), ataupun dari kota ke desa, pemicu dari perpindahan ini biasanya disebabkan karena masa

pensiun, ingin kembali ke tempat asal untuk menenangkan diri di Kota Yangzhou, Cina (Huang et al., 2020), atau karena peningkatan ekonomi sehingga mampu untuk memiliki rumah ke dua sebagai aset rumah wisata yang dihuni sewaktu-waktu atau di sewakan ke turis (Back & Marjavaara, 2017; Joseph, 2012; Tuulentie & Kietäväinen, 2020), atau karena adanya pandemi Covid 19 untuk mengisolasi dari lingkungan padat (Magnusson Turner & Hedman, 2014; Zoğal et al., 2020), atau bisa juga karena budaya (Ghana) memiliki rumah di daerah asal/negara asal mempunyai nilai sosial yang tinggi di masyarakat (Arundel & Lennartz, 2017; Firang, 2020; Kleinhans, 2012). Selain itu, pemilikan rumah kedua bisa berlokasi di perkotaan atau pedesaan, difungsikan sebagai aset bisnis (Czarnecki et al., 2021; Datzira-Masip, 2021; Larsson & Müller, 2019; Long & Hoogendoorn, 2013). Pemilikan rumah merupakan tujuan tertinggi suatu keluarga dalam kehidupan berkeluarganya (Kendig, 1984) dengan memiliki rumah kehidupan keluarga menjadi lebih stabil, karena tidak perlu memikirkan harus berpindah rumah untuk setiap rentang waktu tertentu (Herbers et al., 2014; Ronald & Lennartz, 2018).

Berdasarkan pembahasan di atas, secara garis besar topik bahasan *housing career* mengacu pada konsep teori (Kendig, 1984). Dalam penelusuran sumber literatur *housing career*, pembahasan topik penelusuran menggunakan konsep teori (Kendig, 1984), menyatakan bahwa pembahasan *housing career* meliputi:

Keputusan untuk mobilitas (berpindah) dan penyesuaian perumahan

Terjadinya mobilitas (perpindahan) penduduk berkaitan dengan psikologi lingkungan dengan adanya tempat formatif, terhubung dengan kehidupan dan kondisi struktural (Gibler & Tyvimaa, 2015). Interaksi antara tempat formatif, Linked Lives, dan kondisi struktural, membantu individu untuk lebih memahami keputusan dalam melakukan mobilitas perumahan. Sesuai dengan hasil penelitian di Porang tuagal, mengkaitkan antara mobilitas dan psikologi lingkungan (Aarland et al., 2021; Bailey et al., 2021). Tiga alasan utama individu memutuskan untuk melakukan mobilitas perumahan adalah:

- 1) Pengalaman tempat formatif mengarah pada pengembangan identitas pemukiman yang kurang lebih kongruen dengan tipe pemukiman lainnya (Bailey et al., 2016);
- 2) Adanya keterkaitan antara tempat asal dengan tempat yang dituju untuk pergerakan selanjutnya;
- 3) Adanya relevansi proses sosial-ekonomi dan politik yang lebih luas (Blickle & Brown, 2019; Szabo et al., 2019).

Lokasi perumahan yang mendekati akses transportasi umum merupakan faktor penting dalam keputusan pemilihan lokasi perumahan baru yang akan mereka tempati, walaupun lokasi tersebut terletak di daerah yang lebih padat dengan jarak yang lebih pendek ke fasilitas pusat dan halte bus (Faber et al., 2021), untuk masyarakat Netherland, lebih spesifik lagi akses utama seperti: pertokoan, ruang hijau, dan akses pejalan kaki untuk masyarakat Newyork (Whybrow et al., 2021). Mobilitas masyarakat berpenghasilan terbatas di Ghana, tidak memungkinkan untuk terjadinya mobilitas di tangga perumahan yang menaik atau meningkat (Bobek et al., 2020).

Siklus atau perjalanan hidup dan penghunian rumah

Siklus hidup dikaitkan dengan penghunian rumah lebih dikenal dengan siklus hidup perumahan; Pengaturan perumahan di Malaysia bersifat hierarkis dalam struktur dan dapat dikategorikan menjadi empat jenis: 1) kepemilikan rumah; 2) sewa publik, 3) sewa pribadi, dan 4) pengaturan perumahan informal (Ng et al., 2020). Siklus hidup perumahan, dikaitkan dengan tangga hidup perumahan dapat bersifat meningkat (naik) artinya meningkat dari tingkat kepemilikan rumah yang rendah ke tingkat kepemilikan yang lebih tinggi, seperti dari tingkat kepemilikan sewa ke kepemilikan pribadi, atau tetap dipenyewaan (stagan), atau menurun dari kepemilikan rumah pribadi, asset rumah dijual, kemudian tinggal di rumah sewa (Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, 2018) (Hassink & Zweerink, 2021).

Faktor penentu seleksi tipe kepemilikan (*tenure*)

Kepemilikan rumah banyak di bahas di negara-negara maju seperti: USA, Australia, Swedia, Canada, Inggris, Cina dan lain-lain, untuk negara berkembang (Nigeria, Tanzania, Malaysia dan lain-lain) pembahasan kepemilikan rumah lebih di fokuskan untuk masyarakat yang berpenghasilan rendah (Bright & Hopkins, 2011; Khoo & Woo, 2020; Skobba et al., 2013). Fokus pembahasan terkait kepemilikan rumah secara garis besar dapat dibagi dalam 7 (tujuh) topik bahasan:

- 1) Kepemilikan rumah untuk masyarakat terpinggirkan (ras). Aset kekayaan orang tua sangat berpengaruh terhadap kepemilikan rumah (Colic-Peisker et al., 2015; Michney & Winling, 2020; Teye et al., 2017). Perpanjangan pinjaman uang untuk pemilihan rumah melalui lembaga swasta (Bond & Eriksen, 2021; Olujimi et al., 2021; Usman & Lizam, 2016; Woods, 2012);
- 2) Pemilihan rumah bagi generasi muda Cina, hubungan keluarga dan faktor sosio demografi seperti: usia, status perkawinan serta tingkat pendidikan berpengaruh terhadap pemilihan rumah;

- 3) Keterlibatan lembaga swasta dalam pemilihan rumah bagi masyarakat berpenghasilan rendah dan kepemilikan tabungan keluarga dan kepemilikan rumah dikaitkan dengan beban depresi yang lebih rendah di antara orang dewasa berpenghasilan rendah di USA (Cheng & Guo, 2020; Govender et al., 2011), serta penyediaan perumahan melalui Lembaga koperasi di negara berkembang Nigeria (Olujimi et al., 2021);
- 4) Penyediaan perumahan bagi tua banyak dibahas di negara-negara Barat dan Australia. Pelepasan ekuitas pemilihan rumah di Eropa (Aarland et al., 2021), keterbatasan kemampuan dalam pemeliharaan dan perbaikan rumah milik untuk generasi tua di Scotland (McCall et al., 2020), dan kepemilikan rumah merupakan salah satu pelindung di kehidupan masa tua, disamping rasa kesepian (Szabo et al., 2019);
- 5) Resiko iklim dikaitkan dengan prediksi kerusakan fisik rumah akibat resiko terjadinya bencana di lokasi tersebut di Negara-negara Eropa (Jarnkvist, 2020);
- 6) Pembahasan renovasi rumah di negara Swedia dikaitkan dengan pengurangan konsumsi energi (Bravo et al., 2019), dan pilihan renovasi rumah secara bertahap lebih disukai dibandingkan dengan renovasi rumah secara total (Pardalis et al., 2019); dan
- 7) Pemilihan rumah berkaitan erat dengan fertilitas keluarga (Borgersen & Sommervoll, 2012; Clark & Ferrer, 2019; Kendig et al., 2012).

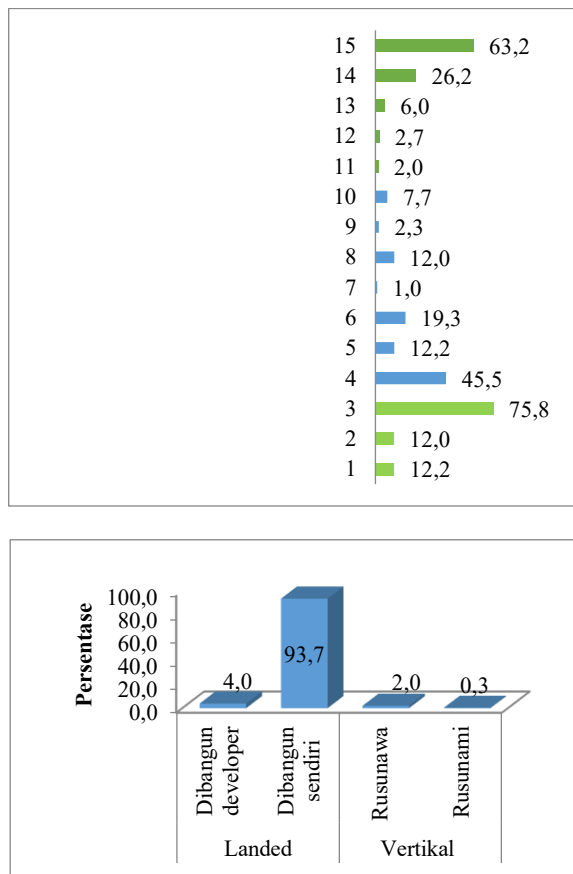
Gambaran Umum *Housing Career* di Yogyakarta

Profil responden

Gambaran umum *housing career* di Yogyakarta berdasarkan 600 sampel kepala keluarga dengan karakteristik responden dapat dilihat pada Gambar 3. Kemampuan pemilihan rumah sangat tergantung pada faktor ekonomi, untuk melihat karakteristik responden berdasarkan kemampuan ekonominya, responden di kelompokkan ke dalam 3 kelompok pendapatan keluarga yaitu:

- 1) Responden dengan pendapatan keluarga rendah < 1,5 juta, jumlah responden sebesar 26,83%;
- 2) Responden dengan pendapatan keluarga menengah antara 1,5 juta – 3 juta, jumlah responden sebesar 39,17%; dan
- 3) Responden dengan pendapatan keluarga tinggi > dari 3 juta, jumlah responden sebesar 34%.

Kondisi perumahan yang paling banyak terjadi di Kota Yogyakarta adalah orang tua memiliki beberapa anak, rumah milik orang tua tersebut dibagikan pada beberapa orang anaknya, dan orang tua tinggal dengan salah seorang anaknya. Orang tua berbagi rumah tinggal dengan anak-anaknya, sehingga mereka tinggal di rumah milik tapi dengan ukuran



Gambar 3 Profil Responden Kota Yogyakarta

kecil, hal tersebut mengakibatkan munculnya perumahan kumuh. Sebagian besar responden tinggal di rumah milik dengan persentase sebesar 75,8%, tidak semua anak yang tinggal dengan orang tua menempati rumah milik, beberapa persennya tinggal di rumah sewa, khususnya untuk masyarakat berpenghasilan rendah, tapi responden yang mendapatkan rumah melalui warisan, merupakan

rumah dengan status milik. Gambaran tersebut dapat dilihat dengan membandingkan persentase status hunian milik dengan cara mendapatkan rumah saat ini, dengan menjumlahkan persentase rumah warisan, memiliki rumah dengan cara tunai, cicilan dan dari sewa ke beli, selisih dari angka tersebut merupakan keluarga yang tinggal dengan orang tua yang masih menempati rumah sewa. Lebih dari 80% masyarakat di Yogyakarta memiliki rumah dengan cara swadaya, membangun sendiri, oleh karena itu perlu adanya kontrol atau pengendalian dari pemerintah agar masyarakat membangun rumahnya sesuai dengan aturan yang telah ada, tidak akan menjadi penyumbang terjadinya kekumuhan lingkungan perumahan. Sebagian besar responden, tidak melakukan perpindahan rumah (63,2%). Persentase tertinggi tinggal di rumah orang tua (45,5%), dan mendapatkan rumah dari warisan (19,3%).

Dinamika mobilitas (berpindah) dan penyesuaian perumahan

Terdapat 3 (tiga) jenis perpindahan, yaitu: Perpindahan progresif (melakukan perpindahan ke arah yang lebih baik untuk menempati rumah), Perpindahan regresif (melakukan perpindahan ke arah yang semakin cenderung tidak menempati rumah secara mandiri) dan tidak berpindah (tetap) Perpindahan secara progresif sangat dipengaruhi oleh kemampuan ekonomi responden. Hasil analisis perpindahan dilihat dari umur dan pendapatan ketika berpindah dapat dilihat pada Tabel 2.

6,9% responden melakukan perpindahan dari ikut orang tua ke membeli rumah, ditunjang dengan penghasilan saat berpindahan sebesar Rp5.410.000,00 dilakukan pada umur yang sudah tidak muda lagi, yaitu 42 tahun. Selain itu, budaya di kota Yogyakarta menunjukkan terdapat 16% - 18% tetap ikut orang

Tabel 2. Perpindahan Responden dari Hunian Sebelumnya

Perpindahan	%	Umur (tahun)	Penghasilan (Rp)	%
Ikut orang tua ke beli	6.9%	42	5.410.000,-	8.1%
Ikut Orang tua ke sewa	3.4%	37	2.450.000,-	6.5%
Ikut orang tua ke warisan	2.1%	45	3.600.000,-	2.6%
Tetap Ikut orang tua	16.6%	35	2.590.000,-	19.2%
Sewa ke beli	16.6%	30	9.160.000,-	7.5%
Beli ke beli	2.8%	35	6.390.000,-	14.7%
tetap sewa	21.4%	37	2.830.000,-	2.9%
Sewa ke warisan	9.0%	34	6.130.000,-	30.0%
Sewa ke ikut orang tua	20.0%	34	3.990.000,-	4.2%
Beli ke sewa	1.4%	51.5	1.810.000,-	4.2%
Total	100.0%	35	1.500.000,-	100.0%

Sumber: Hasil Pengolahan Data Tahun 2022

tua dan 2% untuk responden yang ikut orang tua kemudian mendapatkan warisan dari orang tua (masih tinggal di rumah yang sama). Perpindahan progresif, sebesar 16,6% responden mampu melakukan perpindahan dari awalnya menyewa rumah, ditunjang dengan penghasilan saat membeli rumah sebesar Rp9.160.000,00. Pembelian rumah dari awalnya menyewa rumah dapat dilakukan secara tunai maupun secara kredit/angsuran.

Hampir 10% responden melakukan pembelian rumah secara kredit. Responden yang tetap menyewa rumah (22%) melakukan sewa ketika penghasilan masih kurang dari Rp1.500.000,00 (atau dibawah MBR), tidak jarang sebesar 1,3% responden melakukan perpindahan secara regresif dari awalnya telah membeli rumah ke menyewa rumah. Ini karena terdapat penurunan pendapatan dari Rp1.810.000,00 per bulan ke Rp1.000.000,00 per bulan. Responden yang melakukan perpindahan jenis ini dilakukan saat bercerai ataupun saat memiliki anak yang lebih banyak sehingga tanggungan juga semakin banyak. Berdasarkan konstruksi rumah, 93,7% tinggal di rumah *landed*.

Siklus hidup

Rata-rata umur responden keluar dari rumah orang tua pada umur 23 tahun (53,8%). Umumnya, responden keluar dari rumah orang tua karena alasan menikah (70,3%), selanjutnya karena bekerja (20,3%) dan hanya sebagian kecil dengan alasan karena sekolah ataupun lainnya. Responden memerlukan waktu 5 tahun untuk memutuskan menikah (26 tahun) setelah mereka mulai bekerja, Pada tahapan ini pasangan keluarga memerlukan tempat tinggal yang lebih serius lagi. Rentang waktu 2 tahun, umumnya responden setelah menikah dan punya anak pertama pada umur (28 tahun), selang waktu 3 tahun mendapatkan anak kedua (umur 31 tahun), dan anak ketiga pada umur 35 tahun. Setelah responden memiliki anak dan memiliki hidup lebih mandiri, ditunjukkan dengan memiliki rumah sendiri, umumnya responden pada umur 56 tahun

memutuskan untuk pensiun dari pekerjaannya. Responden yang bercerai umumnya terjadi pada umur 40 tahun (4,17%), sebesar 1% melakukan pernikahan kedua. Perceraian erat kaitannya dengan penghunian rumah, dimana salah satu pihak yang bercerai akan memutuskan untuk menyewa rumah atau kembali ke rumah orang tuanya.

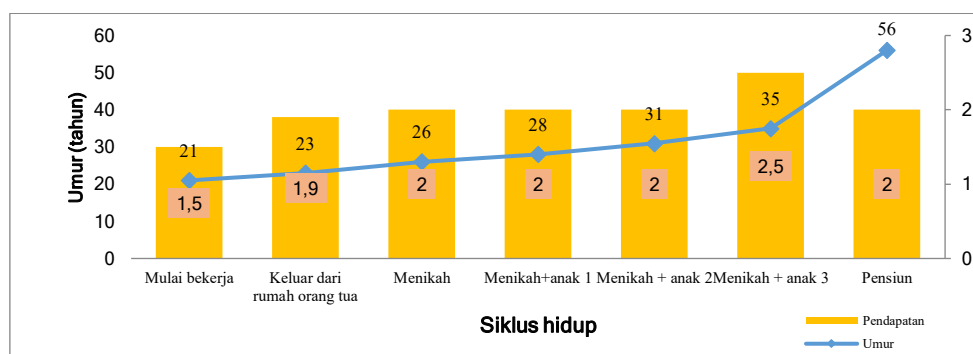
Jika dilihat dari pendapatan, responden yang baru bekerja umumnya berpendapatan sebesar Rp1.500.000,00 dengan pendapatan dan kondisi masih sendiri (lajang), lebih banyak responden memutuskan untuk ikut dengan orang tua atau menyewa hunian (kontrak/kostan) dekat dengan tempat kerja. Pendapatan responden meningkat ketika keluar rumah orang tua menjadi Rp1.900.000,00, untuk responden yang telah menikah dan memiliki anak hingga 2 anak memiliki pendapatan sebesar Rp2.000.000,00.

Sedangkan penghasilan responden ketika telah memiliki 3 anak, cenderung meningkat menjadi Rp2.500.000,00, dan penghasilan kembali menurun saat responden pensiun menjadi Rp2.000.000,- Responden mempunyai median pendapatan secara keseluruhan sebesar Rp2.000.000,00. Pembelian rumah pertama umumnya terjadi rata-rata pada umur 33 tahun.

2. Kaitan Siklus dan Perpindahan (*Mover*)

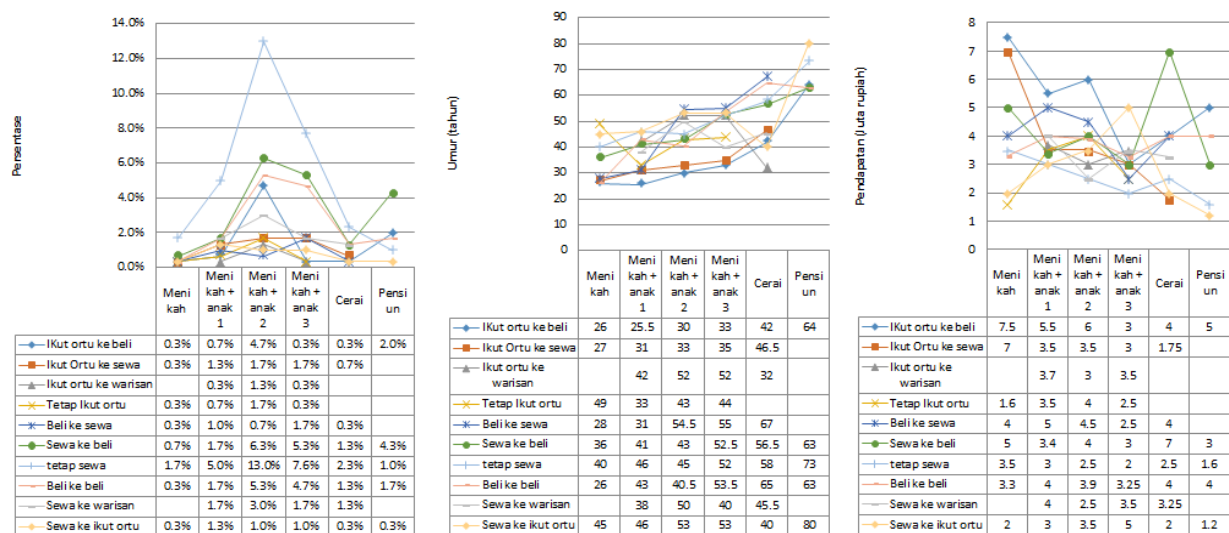
Perpindahan atau *mover* erat kaitannya dengan siklus hidup. Siklus hidup dimulai ketika keluar dari rumah orang tua hingga responden berada pada tahap pensiun. Kebutuhan akan hunian tentu akan sangat bergantung pada siklus dan jumlah anggota keluarga. Semakin banyak jumlah anggota keluarga maka semakin besar pula hunian yang layak tersedia. Siklus dan perpindahan ke yang lebih baik juga berkaitan dengan pendapatan yang dimiliki.

Gambar 5. memperlihatkan bahwa *mover* sebagian besar dilakukan saat menikah dan memiliki anak 3.



Gambar 4 Umur dan Pendapatan Berdasarkan Tahapan Siklus Responden Saat Ini di Kota Yogyakarta

Sumber: Hasil pengolahan data 2022



Gambar 5 Kaitan Siklus dan Perpindahan di Kota Yogyakarta

Sumber: Hasil pengolahan data 2020

Responden baru menikah sebesar 0,67% tetap tinggal di rumah orang tua, sebagian lainnya melakukan pembelian dari sebelumnya sewa dan ada pula yang masih tetap menyewa saat menikah dan belum memiliki anak. Responden memiliki anak pertama, sebesar 2% mereka masih tetap menyewa dan sebanyak 1,33% masih ikut ke orang tua. Responden memiliki anak kedua, mulai banyak responden yang melakukan pembelian rumah, sebanyak 2% yang membeli secara tunai, dan 2% lainnya dari sewa ke beli. Kemampuan responden membeli rumah juga meningkat kembali saat menikah dan memiliki 3 anak, 2,67% dari ikut orang tua menjadi membeli rumah dan dari sewa ke beli yang meningkat signifikan persentasenya menjadi 6%.

Saat bercerai, responden akan memilih untuk menyewa rumah (4,67%) ada pula yang membeli ke sewa rumah (0,67%) ataupun sebaliknya. Saat mereka pensiun, sebanyak 3,33% melakukan sewa ke beli rumah. Umur responden ketika melakukan perpindahan, saat menikah melakukan pembelian rumah dari sebelumnya menyewa pada umur 28 tahun dan ada pula yang berumur 36 tahun masih menyewa, dan ikut orang tua hingga umur 29 tahun.

Responden yang telah menikah, melakukan perpindahan dari awalnya ikut orang tua ke menyewa rumah umumnya pada umur 30 tahun dan ada pula yang berumur 36 tahun masih menyewa, dan ikut orang tua hingga umur 29 tahun. Responden yang telah menikah, melakukan perpindahan dari awalnya ikut orang tua ke menyewa rumah umumnya pada umur 30 tahun.

Seringkali responden di Kota Yogyakarta tetap ikut dengan orang tuanya hingga umur 50 tahun, juga

sudah memiliki anak 1 tetap menyewa rumah hingga berumur 42 tahun. Setelah menikah dan mempunyai anak kedua, responden melakukan pembelian rumah pada umur 38 tahun dari awalnya ikut dengan orang tua. Responden yang melakukan pembelian rumah pada umur 30 tahun dari sebelumnya sewa rumah. Responden yang memiliki anak ketiga dalam rentang umur 30 - 40 tahun melakukan pembelian rumah dari sebelumnya ikut dengan orang tua atau dari sebelumnya menyewa rumah. Umur 48 tahun, bagi responden yang bercerai memutuskan untuk menyewa rumah dari sebelumnya memiliki rumah.

Pendapatan responden saat melakukan perpindahan, dapat dilihat bahwa yang baru menikah namun belum memiliki anak belum memiliki kemampuan untuk membeli karena penghasilannya di bawah Rp2.500.000,00. Mereka memutuskan untuk ikut di rumah orang tuanya sedangkan yang berpenghasilan Rp2.200.000,00 memutuskan tetap menyewa rumah. responden yang baru memiliki 1 anak lebih banyak memilih untuk menyewa atau ikut dengan orang tua dibandingkan dengan membeli rumah, karena pendapatan mereka umumnya kurang dari Rp3.000.000,00. Responden yang telah memiliki anak 2, dengan penghasilan yang lebih tinggi misalnya > Rp8.000.000,00 memutuskan untuk membeli rumah dari sebelumnya menyewa rumah. Responden yang telah memiliki anak ketiga, memutuskan untuk membeli rumah ketika penghasilannya lebih dari Rp6.000.000,00.

KESIMPULAN

Hasil pemetaan SMS dari 101 artikel Scopus memberikan informasi bahwa unit penelitian dari *housing career* adalah individu sebagai kepala

keluarga, sehingga sebagai populasi adalah jumlah kepala keluarga. Penelitian *housing career* sangat terkait dengan perjalanan waktu seseorang dalam bermukim, dibagi dalam tiga (3) kurun waktu: 1) masa lalu; 2) saat ini; dan 3) waktu akan datang. Memanfaatkan data (kualitatif dan kuantitatif) waktu yang lalu berkaitan dengan perjalanan dinamika ekonomi (pendapatan, jenis pekerjaan, asset dan lain-lain), sosial (jumlah keluarga, umur, status keluarga, dan lain-lain) dan tempat tinggal (*evaluation research*), dapat direncanakan kondisi saat ini (*validation research*), serta berdasarkan data masa lalu dan saat ini dapat dirumuskan model untuk prediksi waktu yang akan datang (*solution proposal*).

Housing career sangat dipengaruhi oleh budaya. Pembahasan yang paling banyak dibahas dalam *housing career* adalah kebutuhan rumah pada kelompok generasi muda, generasi tua dan kemampuan pemenuhan kebutuhan rumah untuk kaum pendatang. Generasi muda, dimana pada kelompok ini kehidupan secara sosial dan ekonominya sangat dinamis, berubah dalam jangka waktu yang singkat. Dinamika kondisi ekonomi (awal bekerja dan mandiri, sering berpindah, pendapatan terbatas) dan sosial (awal mandiri, berubah status menikah) cukup besar akan mempengaruhi pemenuhan tempat tinggal. Sedangkan generasi tua, terjadi perubahan kondisi dimana mulai tidak bekerja, kesehatan menurun, kemampuan fisik menurun, akan menyebabkan menurunnya tingkat kemandirian, memerlukan tempat tinggal yang dapat menunjang kondisi tersebut.

Generasi muda Kota Yogyakarta ketika awal menikah pada umumnya tinggal sementara dengan orang tua, setelah mampu membeli rumah baru pindah ketempat rumah yang telah dibeli. Umumnya untuk masyarakat berpenghasilan rendah atau menengah, setelah tinggal dirumah milik, tidak melakukan perpindahan rumah kembali, tapi mengatasi pemenuhan kebutuhan ruang karena perkembangan keluarga dengan cara menambah ruang secara horizontal maupun vertikal. Pembelian rumah pada umumnya baru dapat dilakukan setelah 3-5 tahun menikah. Untuk masyarakat dengan usia lanjut, adanya kecenderungan tinggal dirumah di temani oleh salah seorang anaknya. Persentase cukup tinggi keluarga mempunyai rumah dari warisan orang tua.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan kegiatan penelitian tersebut. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada rekan-rekan yang telah membantu tersusunnya tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aarland, K., Santiago, A. M., Galster, G. C., & Nordvik, V. (2021). *Childhood Housing Tenure and Young Adult Educational Outcomes: Evidence from Sibling Comparisons in Norway*. In Journal of Housing Economics. Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/j.jhe.2021.101772>
- Albertini, M., Tosi, M., & Kohli, M. (2018). *Parents' housing careers and support for adult children across Europe*. In Housing Studies. Routledge. <https://doi.org/10.1080/02673037.2017.1363875>
- Arundel, R., & Lennartz, C. (2017). *Returning to the parental home: Boomerang moves of younger adults and the welfare regime context*. In Journal of European Social Policy. SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.1177/0958928716684315>
- Back, A., & Marjavaara, R. (2017). *Mapping an invisible population: the uneven geography of*
- Bailey, E., Devine-Wright, P., & Batel, S. (2021). *Emplacing linked lives: A qualitative approach to understanding the co-evolution of residential mobility and place attachment formation over time*. In Journal of Community and Applied Social Psychology. John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/casp.2533>
- Blickle, K., & Brown, M. (2019). *Borrowing Constraints, Home Ownership and Housing Choice: Evidence from Intra-Family Wealth Transfers*. In Journal of Money, Credit and Banking. Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/jmcb.12566>
- Bobek, A., Pembroke, S., & Wickham, J. (2020). *Living in precarious housing: non-standard employment and housing careers of young professionals in Ireland*. In Housing Studies. Routledge. <https://doi.org/10.1080/02673037.2020.1769037>
- Bond, S. A., & Eriksen, M. D. (2021). *The role of parents on the home ownership experience of their children: Evidence from the health and retirement study*. In Real Estate Economics. Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/1540-6229.12332>
- Borgersen, T.-A., & Sommervoll, D. E. (2012). *Housing Careers, Price-Rent Ratios and Rental Equivalence*. In Housing, Theory and Society. <https://doi.org/10.1080/14036096.2011.622784>
- Bramantyo. 2012. *Efektifitas Regulasi Perumahan di Indonesia dalam Mendukung Penyediaan Rumah bagi Masyarakat Berpenghasilan Rendah (MBR)*. Widyariset, Vol. 15 No.1, April. (2012). 243 – 248. Pusbindiklat
- Bravo, G., Pardalis, G., Mahapatra, K., & Mainali, B. (2019). *Physical vs. aesthetic renovations: Learning from Swedish house owners*. In Buildings. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/buildings9010012>

- Bright, S., & Hopkins, N. (2011). *Home, Meaning and Identity: Learning from the English Model of Shared Ownership*. In Housing, Theory and Society. <https://doi.org/10.1080/14036096.2010.527119>
- second-home tourism. In Tourism Geographies. Routledge. <https://doi.org/10.1080/14616688.2017.1331260>
- Cheng, S., & Guo, H. (2020). *The interplay between private and public governments: the relationship between homeowner associations and municipal finance*. In Local Government Studies. Routledge. <https://doi.org/10.1080/03003930.2020.1794845>
- Clark, J., & Ferrer, A. (2019). *The effect of house prices on fertility: Evidence from Canada*. In Economics. Kiel Institute for the World Economy. <https://doi.org/10.5018/economics-ejournal.ja.2019-38>
- Colic-Peisker, V., Ong, R., & Wood, G. (2015). *Asset poverty, precarious housing and ontological security in older age: an Australian case study*. In International Journal of Housing Policy. Routledge. <https://doi.org/10.1080/14616718.2014.984827>
- Cui, C. (2020). *Housing career disparities in urban China: A comparison between skilled migrants and locals in Nanjing*. In Urban Studies. SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.1177/0042098018800443>
- Czarnecki, A., Sireni, M., & Dacko, M. (2021). *Second-home owners as consumers of local food*. In International Journal of Consumer Studies. Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/ijcs.12610>
- Datzira-Masip, J. (2021). *Host-guest interaction: A retrospective analysis of the conflict between sons of second homeowners and local youth – The case of Vall de Lord (Catalonia)*. In Tourist Studies. SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.1177/14687976211010116>
- Dinas Permukiman dan Perumahan. (2021). Program Ngaruh Yuk. dpkp.bandung.go.id/informasi/perumahan, diunduh 3 Juli 2023
- Faber, R., Merckies, R., Damen, W., Oirbans, L., Massa, D., Kroesen, M., & Molin, E. (2021). *The role of travel-related reasons for location choice in residential self-selection*. In Travel Behaviour and Society. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2021.07.003>
- Firang, D. (2020). *Exploring the influence of transnationalism on the immigrant integration process: The case of Ghanaians' transnational housing activities in Toronto, Canada*. In International Social Work. SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.1177/0020872820959384>
- Firang, D. (2019). *Exploring housing careers among Ghanaians in Toronto, Canada*. In Housing Studies. Routledge. <https://doi.org/10.1080/02673037.2018.1489527951.2011.598551>
- Gibler, K. M., & Tyvimaa, T. (2015). *Middle-Aged and Elderly Finnish Households Considering Moving, Their Preferences, and Potential Downsizing Amidst Changing Life Course and Housing Career*. In Journal of Housing for the Elderly. Routledge. <https://doi.org/10.1080/02763893.2015.1055029>
- Govender, T., Barnes, J. M., & Pieper, C. H. (2011). *Housing conditions, sanitation status and associated health risks in selected subsidized low-cost housing settlements in Cape Town, South Africa*. In Habitat International. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2010.11.01>
- Hassink, W., & Zweerink, J. (2021). *Housing careers and the Great Recession*. In Journal of Housing Economics. Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/j.jhe.2020.101745>
- Herbers, D. J., Mulder, C. H., & Mødenes, J. A. (2014). *Moving Out of Home Ownership in Later Life: The Influence of the Family and Housing Careers*. In Housing Studies. Routledge. <https://doi.org/10.1080/02673037.2014.923090>
- Hu, M., & Ye, W. (2020). *Home Ownership and Subjective Wellbeing: A Perspective from Ownership Heterogeneity*. In Journal of Happiness Studies. Springer. <https://doi.org/10.1007/s10902-019-00120-y>
- Huang, X., Dijst, M., & van Weesep, J. (2020). *Tenure choice in China's medium-sized cities after hukou reform: a case study of rural-urban migrants' housing careers in Yangzhou*. In Journal of Housing and the Built Environment. Springer. <https://doi.org/10.1007/s10901-019-09686-8>
- Jarnkvist, K. (2020). *Intersectional perspectives of house owner narratives on climate risks*. In Journal of Risk Research. Routledge. <https://doi.org/10.1080/13669877.2019.1646314>
- Jinghua Yua, Stefan Wagner, Bowen Wang, Feng Luo. (2021). *A systematic mapping study on security countermeasures of in-vehicle communication systems*. Preprint submitted to Vehicular Communications May 4, 2021
- Joseph, R. (2012). *Funding Caribbean Retirement Migration: Housing Wealth Leakage and the Role of Overseas Land Inheritances*. In Journal of Ethnic and Migration Studies. <https://doi.org/10.1080/1369183X.2012.659125>
- Karzan Wakil, Dayang N. A. Jawawi. (2015). Model Driven Web Engineering: A Systematic Mapping. *e-Informatica Software Engineering*. Journal, Volume 9, Issue 1, 2015, pages: 87–122, DOI 10.5277/E-INF150106.
- Kendig, H. L. (1984). *Housing careers, life cycle and residential mobility: implications for the housing market*, *Urban Studies*;
- Kendig, H., Clemson, L., & Mackenzie, L. (2012). *Older people. Well-being, housing and neighbourhoods*.

- In International Encyclo-pedia of Housing and Home. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-04763-1.00018-7>
- Khoo, S. L., & Woo, K. H. (2020). *Making sense of place-making in Penang island's affordable housing schemes: voices from key stakeholders*. In International Journal of Urban Sustainable Development. Bellwether Publishing, Ltd. <https://doi.org/10.1080/19463138.2020.1728690>
- Kitchenham and S. Charters. (2007). "Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering," EBSE, Tech. Rep. EBSE-2007-01.
- Kleinhans, R. J. (2012). *Housing policy and regeneration*. In International Encyclopedia of Housing and Home. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-047163-1.00243-5>
- Larsson, L., & Müller, D. K. (2019). *Coping with second home tourism: responses and strategies of private and public service providers in western Sweden*. In Current Issues in Tourism. Routledge. <https://doi.org/10.1080/13683500.2017.1411339>
- Lennartz, C., & Helbrecht, I. (2018). *The housing careers of younger adults and intergenerational support in Germany's 'society of renters*. In Housing Studies. Routledge. <https://doi.org/10.1080/02673037.2017.1338674>
- Long, D. P., & Hoogendoorn, G. (2013). *Second home owners' perceptions of a polluted environment: The case of Hartbeespoort*. In South African Geographical Journal. <https://doi.org/10.1080/03736245.2013.806112>
- Magnusson Turner, L., & Hedman, L. (2014). *Linking Integration and Housing Career: A Longitudinal Analysis of Immigrant Groups in Sweden*. In Housing Studies. <https://doi.org/10.1080/02673037.2014.851177>
- Maslova, S., & King, R. (2020). *Residential trajectories of high-skilled transnational migrants in a global city: Exploring the housing choices of Russian and Italian professionals in London*. In Cities. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102421>
- McCall, V., Satsangi, M., & Greasley-Adams, C. (2020). *The Legacy of the Right to Buy and the Differentiation of Older Home Owners*. In Social Policy and Society. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/S1474746419000320>
- Michney, T. M., & Winling, L. (2020). *New Perspectives on New Deal Housing Policy: Explicating and Mapping HOLC Loans to African Americans*. In Journal of Urban History. SAGE Publications Inc. <https://doi.org/10.1177/0096144218819429>
- Murdie, R.A., A.S. Chambon, J.D. Hulchanski, and C. Teixeira. (1999). *Differential Incorporation and Housing Trajectories of Recent Immigrant Households: Toward a Conceptual Framework*. Jakarta: Housing New Canadians Working Group;
- Muslim M.A., E. Prasajo, L.M. Jannah. (2021). *Collaborative Governance for Poverty Alleviation: A Systematic Mapping Study*. RUDN Journal of Public Administration Tom 8 No 1 20–36 : <http://journals.rudn.ru/public-administration>. DOI: 10.22363/2312-8313-2021-8-1-20-36.
- Ng, Y. M., Tilse, C., & Wilson, J. (2020). *Lifecourse and housing careers of childless and poor older Malaysians*. In Ageing and Society. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/S0144686X18001617>
- Olujimi, J., Rotowa, O., Fasina, T., Ojo, B., & Bello, M. (2021). *The willingness of cooperative societies to sponsor house ownership in Akure, Nigeria*. In Heliyon. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06950>
- Pardalis, G., Mahapatra, K., Bravo, G., & Mainali, B. (2019). *Swedish house owners' intentions towards renovations: Is there a market for one-stop-shop?* In Buildings. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/buildings9070164>
- Patel, A., Joseph, G., Killemssetty, N., & Eng, S. (2020). *Effects of residential mobility and migration on standards of living in Dar es Salaam, Tanzania: A life-course approach*. In PLoS ONE. Public Library of Science. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239735>
- Petersen, R. Feldt, S. Mujtaba, M. Mattsson. (2008) *Systematic mapping studies in software engineering*, in: 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE) 12, 2008, pp. 1–10.
- Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman-Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum. (2016). *Model Penyediaan dan Pembiayaan Perumahan bagi Masyarakat Berpenghasilan Rendah (MBR)*. Laporan Akhir TA 2016
- Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman-Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum. (2017). *Pengembangan Model Penyediaan dan Pembiayaan Perumahan bagi Masyarakat Berpenghasilan Rendah (MBR)*. Laporan Akhir TA 2017
- Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman-Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum (2018). *Pengembangan Model Penyediaan dan Pembiayaan Perumahan bagi Masyarakat Berpenghasilan Rendah (MBR)*. Laporan Akhir TA 2018
- Septia Fanny, Firdaus, dan Rona Muliana. (2020). *Efektivitas Implementasi Program Perumahan Bersubsidi Bagi MBR Kota Pekanbaru*. Jurnal Saintis Volume 20 No. 02, (101 – 109)
- Skobba, K., Bruin, M. J., & Yust, B. L. (2013). *Beyond Renting and Owning: The Housing Accommodations of Low-Income Families*. In

- Journal of Poverty. <https://doi.org/10.1080/10875549.2013.775992>
- Smith, A. (2015). Immediate and short-term housing experiences and situations of Polish newcomers to Dublin, Ireland. In *Journal of Housing and the Built Environment*. Kluwer Academic Publishers. <https://doi.org/10.1007/s10901-014-9399-0>
- Sulasmi Sri dan Rosa Yulinda dan. (2020). Penyediaan Perumahan Sistem Statis VS Dinamis. Jurnal Masalah Bangunan. Vol. 2. No. 2 Juni 2020;
- Szabo, A., Allen, J., Alpass, F., & Stephens, C. (2019). *Loneliness, socio-economic status and quality of life in old age: The moderating role of housing tenure*. In *Ageing and Society*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/S0144686X17001362>
- Teye, A. L., Haan, J., Elsinga, M. G., Bondinuba, F. K., & Gbadegesin, J. T. (2017). *Risks in homeownership: a perspective on The Netherlands*. In *International Journal of Housing Markets and Analysis*. Emerald Group Holdings Ltd. <https://doi.org/10.1108/IJHMA-07-2015-0036>
- Tuulentie, S., & Kietäväinen, A. (2020). *New Rural Community? Narratives from Second Home Owners about Everyday Life in a Tourist Region in Finnish Lapland*. In *Sociologia Ruralis*. Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/soru.12288>
- Usman, H., & Lizam, M. (2016). *Determinants of intention of using mortgage in financing home ownership in Bauchi, Nigeria*. In *International Journal of Housing Markets and Analysis*. Emerald Group Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1108/IJHMA-07-2015-0033>
- Zoğal, V., Domènech, A., & Emekli, G. (2020). *Stay at (which) home: second homes during and after the COVID-19 pandemic*. In *Journal of Tourism Futures*. JAI Press. <https://doi.org/10.1108/JTF-06-2020-0090>

PEMANFAATAN BAKTERI UREOLITIK PADA BETON MUTU TINGGI UNTUK MENUTUP KERETAKAN AKIBAT KUAT TEKAN

Utilization of Ureolytic Bacteria in High Quality Concrete to Cover Cracks Due to Compressive Strength

M. Nuril Khair¹, Teuku Budi Aulia^{2*}, Yunita Idris³

¹²³Program Studi Teknik sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jalan Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 2311
Surel: ¹mnuril@mhs.usk.ac.id, ^{2*}aulia@usk.ac.id, ³yunita.idris@usk.ac.id

Diterima : 8 Agustus 2024; Disetujui : 12 Oktober 2024

Abstrak

Beton mutu tinggi merupakan pilihan utama untuk menangani beban tekan pada struktur bangunan kompleks seperti gedung tinggi, jembatan, bendungan, dan pelabuhan. Tekanan yang tinggi pada beton mutu tinggi dapat menyebabkan kerapuhan dan retakan. Salah satu solusi untuk memperbaiki retakan adalah dengan menambahkan bakteri yang dapat menghasilkan mineral melalui proses mikroba. Penelitian ini menggunakan bakteri ureolitik yaitu genus *Staphylococcus* (BSC), *Bacillus* (BB), dan *Solibacillus* (BBB). Setiap genus bakteri diuji dengan variasi 0,5%, 0,6%, dan 0,7%, dengan masing-masing 5 benda uji untuk setiap variasi dan 3 benda uji kontrol, total 48 benda uji. Setelah perawatan selama 7 hari, benda uji diberi beban untuk mendapatkan keretakan sebesar 26 MPa. Setelah keretakan terbentuk, dilakukan pengamatan pertumbuhan kalsit selama 7 hari berturut-turut selama 28 hari. Kuat tekan rata-rata beton terbesar yaitu pada benda uji BB variasi (0,6%). Pertumbuhan kalsit terbaik terjadi pada variasi 0,6% untuk genus *Solibacillus* (BBB1), genus *Bacillus* (BB1) dengan variasi 0,6% dan 0,5% untuk genus *Staphylococcus* (BSC1). Analisis FTIR menunjukkan bahwa benda uji dengan bakteri *Bacillus* variasi 0,6% (BB1) dan *Solibacillus* variasi 0,6% (BBB1) memiliki serapan cahaya inframerah tinggi, sementara benda uji dengan *Staphylococcus* variasi 0,5% (BSC1) memiliki serapan cahaya lebih rendah. Ini menunjukkan kinerja lebih baik dari sampel tersebut.

Kata Kunci: *Solibacillus*, *Bacillus*, *staphylococcus*, kuat tekan, gugus fungsi.

Abstract

High quality concrete is the primary choice for handling compressive loads in complex building structures such as tall buildings, bridges, dams, and ports. High pressure on high-quality concrete can lead to brittleness and cracking. One solution to improve cracking is by adding bacteria that can produce minerals through microbial processes. This research utilizes ureolytic bacteria, namely the genus *Staphylococcus* (BSC), *Bacillus* (BB), and *Solibacillus* (BBB). Each genus of bacteria was tested with variations of 0.5%, 0.6%, and 0.7%, with 5 test specimens for each variation and 3 control specimens, totaling 48 test specimens. After treatment for 7 days, the test specimens were subjected to a load to induce cracking of 26 MPa. After the cracks formed, observations of calcite growth were made for 7 consecutive days over 28 days. The highest average compressive strength of concrete was found in the BB variation (0.6%). The best calcite growth occurred at the 0.6% variation for *Solibacillus* genus (BBB1), the 0.6% and 0.5% variations for *Bacillus* genus (BB1), and the 0.5% variation for *Staphylococcus* genus (BSC1). FTIR analysis indicates that the test specimens with *Bacillus* bacteria at the 0.6% variation (BB1) and *Solibacillus* at the 0.6% variation (BBB1) exhibited high infrared light absorption, while the test specimens with *Staphylococcus* at the 0.5% variation (BSC1) showed lower light absorption. This demonstrates the better performance of those samples.

Keywords: *Solibacillus*, *Bacillus*, *staphylococcus*, compressive strength, functional groups.

PENDAHULUAN

Beton berkualitas tinggi didefinisikan sebagai beton yang mampu menahan beban melebihi 41 MPa, namun kerap menunjukkan kecenderungan menjadi lebih rapuh daripada beton konvensional,

menyebabkan retakan pada struktur yang dapat mengancam keamanan dan stabilitas bangunan. Untuk mengatasi masalah ini, telah dikembangkan berbagai teknik perbaikan bertujuan dalam memperbaiki retakan, meskipun prosesnya seringkali berisiko, mahal dan memakan waktu. Salah

satu metode yang dianggap moderat adalah penggunaan *self-healing* beton, di mana bakteri yang mengandung sumber nutrisi kalsium dimasukkan ke dalam campuran beton saat pencampuran. Ketika terjadi retakan, bakteri tersebut akan memproduksi kalsium karbonat untuk menutupi retakan, menjadikannya terisolasi. Dengan menerapkan *self-healing* beton, kekuatan beton dapat melebihi kekuatan beton konvensional, meningkatkan secara keseluruhan kekuatan dan ketahanan struktural beton. Seiring dengan perkembangan ini, telah ada inovasi dalam beton yang memungkinkannya untuk secara otomatis memperbaiki kerusakan retak. Teknologi inovatif ini mencakup berbagai aplikasi dan memanfaatkan berbagai aditif, termasuk penggunaan bakteri ekstrak limbah sayuran. (Fauzaan, 2022).

Bakteri ureolitik merupakan mikroorganisme yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan urease, suatu enzim yang menyebabkan pengendapan kalsium karbonat (kalsit). Mikroba ini memiliki potensi untuk digunakan dalam kegiatan bioremediasi, seperti membersihkan air tanah yang terkontaminasi atau menangani masalah didalam lingkungan lainnya, serta berguna didalam pembuatan beton sebagai salah satu komponen pada sebuah konstruksi. Proses pengendapan kalsium karbonat oleh bakteri ureolitik terjadi melalui enzim urease yang mengubah urea menjadi ammonia dan CO₂, meningkatkan pH dan konsentrasi karbonat. Genus bakteri seperti *bacillus*, *Staphylococcus*, dan *Solibacillus* termasuk dalam kategori bakteri ureolitik yang mampu menghasilkan enzim urease untuk pengendapan kalsium karbonat. Bakteri-bakteri ini dapat dicampurkan ke dalam beton untuk menciptakan proses pengendapan kalsium karbonat (Fitri dkk, 2023).

Dampak dari pengendapan kalsium karbonat terhadap beton meliputi pengurangan porositas, meningkatkan daya rekat dengan agregat, dan memperbaiki retakan yang mungkin terbentuk akibat beban yang diterima oleh struktur beton (Seru dkk, 2021). Dalam pemakaian bakteri pada beton salah satu cara yang dapat digunakan yaitu metode enkapsulasi (Nathalie dkk, 2019).

Tanah diatome merupakan jenis batuan sedimen silika yang dominan mengandung silika, dengan persentase bervariasi antara 55% hingga 70%, tergantung pada kondisi lingkungan. Tanah ini terbentuk secara geologis melalui akumulasi dan pengendapan kerangka diatom, yang merupakan fosil dari tumbuhan dan hewan bersel tunggal. Diatom memiliki karakteristik mendasar, yaitu strukturnya yang unik, berat jenis yang rendah (sekitar 0,45), permukaan yang luas dan berpori-pori, serta warna yang bervariasi antara putih hingga coklat tergantung

tingkat kontaminasi. Selain itu, mereka memiliki kemampuan konduktivitas listrik atau panas yang rendah dan tidak bersifat abrasif (Maulani, 2016). Salah satu aspek penting yang perlu dipertimbangkan untuk memastikan tercapainya masa pakai ekonomis struktur tersebut adalah ketahanannya. Dengan perencanaan, pelaksanaan, dan pemeliharaan yang tepat, tingkat ketahanan yang optimal dapat tercapai. Kondisi beton yang disesuaikan lingkungan tempatnya berada dalam mempertimbangkan persyaratan struktural dan kondisi sekitarnya. Secara umum, perawatan beton dibagi menjadi dua metode. Metode pertama adalah perawatan basah yang melibatkan penyiraman air ke beton untuk menjaga kelembapan selama periode tertentu, dimulai setelah permukaan beton tidak lagi mengalami perubahan bentuk. Metode kedua adalah perawatan membran yang bertujuan untuk mengisolasi air di dalam beton tanpa memerlukan tambahan air eksternal untuk proses hidrasi, dikenal sebagai teknik pengendalian air (Rayyana dkk, 2019).

Kekuatan tekan mengacu pada kemampuan beton untuk menahan gaya tekan per satuan luas area dan berfungsi sebagai indikator kualitas struktur. Semakin tinggi kebutuhan akan kekuatan struktur, semakin tinggi pula mutu beton yang diperlukan. Evaluasi kekuatan tekan beton biasanya dilakukan melalui pengujian standar menggunakan benda uji silinder dengan dimensi standar tinggi 200 mm dan diameter 100 mm. Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji yang memberikan kecepatan beban tekan pada beton mutu tinggi sebesar 1 ton/detik (Soesela, 2023). Prosedur pengujian ini umumnya mengacu pada standar SNI 1974-2011 (Fernando dkk, 2022).

Rumus yang dapat digunakan untuk menghitung kuat tekan yaitu :

$$f'_c = \sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

f'_c = Kuat tekan beton (Kg/cm²)

P = Beban maksimum (Kg)

A = Luas alas permukaan benda uji (cm²)

Dalam pengujian sampel bubuk beton yang ingin kita perhatikan karakteristik gugus fungsi dapat menggunakan metode *Fourier transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). FTIR merupakan metode analisis yang sangat esensial bagi para peneliti karena dapat mengenali berbagai macam sampel dalam beragam wujud seperti cairan, larutan, pasta, serbuk, film, serat, dan gas. Teknik ini juga bermanfaat untuk menganalisis materi yang melekat pada permukaan substrat. Kelebihan utama FTIR terletak pada kecepatan, akurasi, dan tingkat sensitivitas yang

tinggi. Dalam proses analisis FTIR, sampel diekspos pada radiasi inframerah (IR), yang menyebabkan atom-atom dalam molekul sampel bergetar, menghasilkan energi yang kemudian diserap atau ditransmisikan. Karenanya, FTIR berguna untuk mengidentifikasi getaran molekul khusus yang terdapat dalam sampel. Uji FTIR memberikan informasi tentang ikatan kimia dalam suatu sampel, yang dapat dilihat dari puncak-puncak yang berbeda.

Teknik ini awalnya diterapkan untuk mengukur ikatan antara fly ash, NaOH, kalsium karbonat dan lainnya. Prinsip kerja FTIR melibatkan langkah-langkah sebagai berikut: Pertama, zat yang akan diuji ditentukan dalam bentuk atom atau molekul. Kedua, cahaya inframerah dibagi menjadi dua bagian, satu melalui sampel dan satu melalui sinar referensi. Ketiga, kedua bagian cahaya tersebut melewati kisi prisma atau difraksi, lalu mengenai detektor yang mengubahnya menjadi sinyal listrik yang direkam oleh perekam. Keempat, jika sinyal yang dihasilkan terlalu lemah, digunakan penguat. Penggunaan standar juga penting dalam uji ini. Sampel-sampel yang dapat diuji meliputi pelet polimer, komponen, sampel berbulu, serat, bubuk, pelapis kawat, dan cairan. Untuk mengidentifikasi bahan yang dianalisis, spektrum serapan IR yang tidak dikenal dibandingkan dengan spektrum standar yang tersedia dalam *database* komputer atau dengan spektrum dari bahan yang sudah dikenal. Dari perbandingan tersebut, polimer atau komponen lain dalam sampel dapat diidentifikasi. Pita serapan dalam rentang bilangan gelombang 4000-1500 umumnya disebabkan oleh gugus fungsi seperti O-H, C=O, N-H, CH₃, dan lainnya.

Rentang bilangan gelombang 1500-400, dikenal sebagai rentang sidik jari, memiliki pita serapan yang khas untuk setiap material, disebabkan oleh fenomena antarmolekul. Kekhasan pita ini memungkinkan pencarian data terkomputerisasi dalam perpustakaan referensi untuk mengidentifikasi suatu material (Sonali dkk, 2021).

Penelitian terdahulu dalam studi berjudul "*The Influence of Bacillus Megaterium Bacteria as Self-Healing Agents on the Compressive Strength of High-Quality Concrete*," signifikansi ditemukan dalam perubahan kekuatan tekan pada beton yang terkontaminasi dengan bakteri. Pada umur 7 hari, beton yang terkena paparan bakteri mengalami penurunan sekitar 2,01% dari kekuatan kontrol 45 MPa. Namun, pada silinder beton yang diuji setelah 28 hari, kekuatan tekan beton dengan bakteri meningkat sekitar 12,66% dari target 45 MPa pada beton kontrol. Ini menunjukkan dampak positif dari penggunaan bakteri sebagai agen *self-healing* terhadap peningkatan kekuatan tekan. Studi sebelumnya juga menunjukkan hasil serupa dengan

peningkatan kekuatan tekan sekitar 15,86%. Retakan pada garis beton silinder yang tertutup oleh kalsit mulai berkembang setelah pembebanan selama 7 hari, dimulai dari hari ke-21 hingga hari ke-55 dengan panjang antara 0,6 mm hingga 2,7 mm.

Peningkatan persentase pada beton berkualitas tinggi cenderung lebih terbatas karena sifat beton yang padat dan memiliki sedikit rongga sebelum penambahan bakteri (Fauziah dkk, 2023). Kemudian dalam penelitian yang berjudul "Sintesis Kalsium Karbonat (CaCO₃) dari Cangkang Telur oleh Metode Kalsinasi" didapatkan hasil pembacaan gugus fungsi senyawa kimia *spectrum* FTIR yaitu yaitu Ca-O mendekati daerah frekuensi 713 cm⁻¹, C-H daerah frekuensi sekitar 876 cm⁻¹, C-O daerah frekuensi sekitar 1421 cm⁻¹ dan O-H daerah frekuensi sekitar 3628 cm⁻¹. Pada frekuensi referensi gugus fungsi kalsium karbonat ialah 711.5 cm⁻¹, C-H daerah frekuensi sekitar 875.7 cm⁻¹, C-O daerah frekuensi sekitar 1433,1 cm⁻¹ dan O-H daerah frekuensi sekitar 3275,1 cm⁻¹ dapat dilihat bahwa hasil tersebut mencakup pada kesesuaian gugus fungsi yang mendekati sama seperti gugus fungsi referensi kalsium karbonat yang menandakan adanya kalsium karbonat (Muwafaq dkk, 2022).

METODE

Data penelitian berupa benda uji silinder yang berukuran diameter 10 cm dan panjang 20 cm. Pada penelitian ini, akan digunakan berbagai material termasuk semen portland jenis 2, air dari sumur Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan (LKBB) di Fakultas Teknik Unsyiah, Banda Aceh, sesuai dengan spesifikasi SNI 7974:2013 untuk pencampuran beton, silica fume, pasir, batu belah, dan bahan pendukung lainnya. Semen portland yang akan digunakan adalah semen jenis 2 yang diproduksi oleh PT. Semen Andalas Indonesia (SAI), yang telah memenuhi standar sni 2847:2019, sehingga analisis fisik tidak diperlukan.

Berikut benda uji yang akan dibuat pada penelitian ini (Tabel 1).

Silica fume merupakan komponen yang memiliki pengaruh pada sifat kimia dan mekanik beton, terutama dalam meningkatkan kekuatan beton dengan mutu tinggi. *Silica fume* cenderung menurunkan suhu selama proses pengerasan semen dan meningkatkan kekuatan tekan beton setelah proses pengerasan selesai (Haris dkk, 2021). Dalam penelitian ini menggunakan bakteri ureolitik dengan genus *Bacillus*, *Solibacillus*, *Staphylococcus* yang diperoleh dari Kampung Jawa, di Kota Banda Aceh.

Dalam mendukung penelitian, akan digunakan beberapa peralatan seperti gelas ukur dengan tutup

pelat kaca, konis pasir (*metal sand cone mold*)

Tabel 1 Benda Uji Silinder

Benda Uji	Variasi Bakteri		
	0,5 %	0,6 %	0,7 %
<i>Bacillus</i>	BB 1	BB 1	BB 1
	BB 2	BB 2	BB 2
	Variasi Bakteri		
	BB 3	BB 3	BB 3
	BB 4	BB 4	BB 4
<i>Solibacillus</i>	BB 5	BB 5	BB 5
	BBB 1	BBB 1	BBB 1
	BBB 2	BBB 2	BBB 2
	BBB 3	BBB 3	BBB 3
	BBB 4	BBB 4	BBB 4
<i>Staphylococcus</i>	BBB 5	BBB 5	BBB 5
	BSC 1	BSC 1	BSC 1
	BSC 2	BSC 2	BSC 2
	BSC 3	BSC 3	BSC 3
	BSC 4	BSC 4	BSC 4
Benda Uji Kontrol	BSC 5	BSC 5	BSC 5
	0 %		
	BB 0		
	BBB 0		
	BSC 0		

dengan tongkat besi berdiameter 15 mm dan panjang 150 mm untuk memadatkan pasir, kontainer baja, tongkat besi berdiameter 1,6 cm dan panjang 60 cm untuk memadatkan agregat, *planetary mixer*, satu set saringan, oven, keranjang kawat, timbangan, alat pengaduk beton (molen), palu karet, cetakan benda uji pelat, cetakan benda uji silinder, mesin uji tekan beton (*Compression Testing Machine*), dan palu karet.

Pada enkapsulasi digunakan untuk melindungi bakteri dalam lingkungan yang tidak ideal bagi mereka, seperti saat proses pengolahan, penyimpanan, atau pencernaan. Proses ini melibatkan melapis mikroorganisme dengan bahan yang disebut bahan pelindung. Proses enkapsulasi dimulai dengan mencampurkan bakteri, urea, *nutrient broth*, CaCl_2 , air murni (*aquades*), dan tanah diatomae, kemudian diaduk menggunakan *planetary mixer* selama 10 menit. Campuran ini dibentuk menjadi butiran kecil berukuran 10 mm, lalu pelet tanah diatomae yang telah dienkapsulasi dilapisi dengan pasta semen FAS 0,5. Sebelum digunakan sebagai pengganti agregat, pelet enkapsulasi direndam dalam air selama 2 x 24 jam dan dikeringkan dengan cara dibiarkan terkena angin. Pelet tanah diatomae yang telah dienkapsulasi

dengan *Nutrient Broth* dan CaCl_2 digunakan sebagai aditif dalam agregat halus.

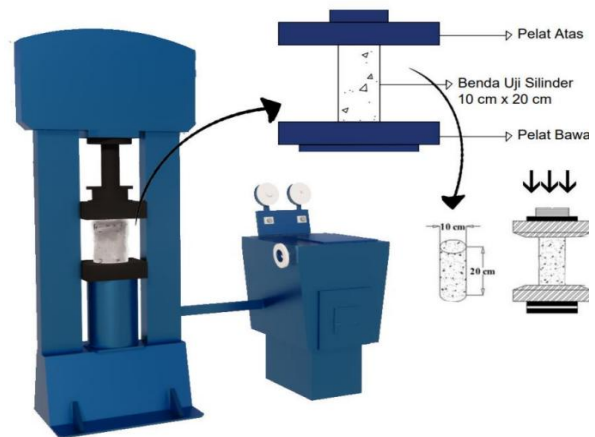
Tabel 2 Proporsi Pencampuran Larutan Bakteri Pada Enkapsulasi Setiap Bakteri

Variasi Bakteri	Bakteri (%)	Nutrient Broth (%)	Urea (%)	$\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (%)
0,5 %	0.5	0.11	0.44	0.22
0,6 %	0.6	0.13	0.53	0.27
0,7 %	0.7	0.16	0.62	0.31

Proses pembuatan benda uji pelat melibatkan langkah-langkah seperti perancangan campuran beton mutu tinggi, enkapsulasi bakteri, pengecoran, dan pencetakan dalam cetakan silinder. Sementara itu, dalam proses pembuatan benda uji silinder, langkah-langkahnya mencakup perancangan campuran beton mutu tinggi, pengecoran, dan pencetakan dalam cetakan silinder. Untuk desain campuran beton mutu tinggi ini, diperkirakan target kekuatan F_c' sekitar 50 MPa, dengan faktor air semen sebesar 0,30, persentase penggunaan *silica fume* sebesar 8% dari berat semen, dan *superplastisizer* sebesar 2% dari berat semen, dan ini merupakan ketentuan yang sudah umum digunakan dalam pembuatan beton mutu tinggi. Agregat kasar yang akan dipakai ialah batu pecah dengan ukuran diameter maksimum 11 mm. Distribusi/ukuran butir yang direncanakan untuk campuran ini mencakup (0–2) mm, (2–4,76) mm, (4,76–8) mm, dan (8–11) mm, dengan penggunaan semen sebanyak 550 kg/m³ (Aulia, 2002). Proses enkapsulasi bakteri akan dilakukan dalam 3 segmen yang terletak pada jarak 1/3 dari panjang total benda uji, yang kemudian akan ditaburkan dan diaduk hingga merata ke dalam campuran beton. Enkapsulasi bakteri itu sendiri terdiri dari bakteri, urea, *nutrient broth*, CaCl_2 , air murni (*aquades*), dan tanah diatomae. rincian proporsi campuran ini dapat dilihat dalam Tabel 2. Pembuatan benda uji penelitian melibatkan serangkaian langkah yang dimulai dengan menggunakan mesin pencampur beton untuk mencampur bahan uji sesuai dengan komposisi yang telah direncanakan sebelumnya. Langkah ini mencakup penimbangan teliti bahan-bahan sesuai dengan rencana komposisi, pencampuran dengan mesin pencampur beton, dan membersihkan peralatan setelah proses pencampuran selesai. Campuran beton kemudian dimasukkan ke dalam cetakan yang telah diolesi dengan oli untuk memudahkan proses pembukaan cetakan setelah beton mengeras. Dalam tahap pencampuran, bahan-bahan ditambahkan secara bertahap ke dalam mesin pencampur beton, dimulai dari agregat kasar, agregat halus, semen, *silica fume*, hingga air bersama *superplasticizer*. Penambahan air dan *superplasticizer* dilakukan secara bertahap selama

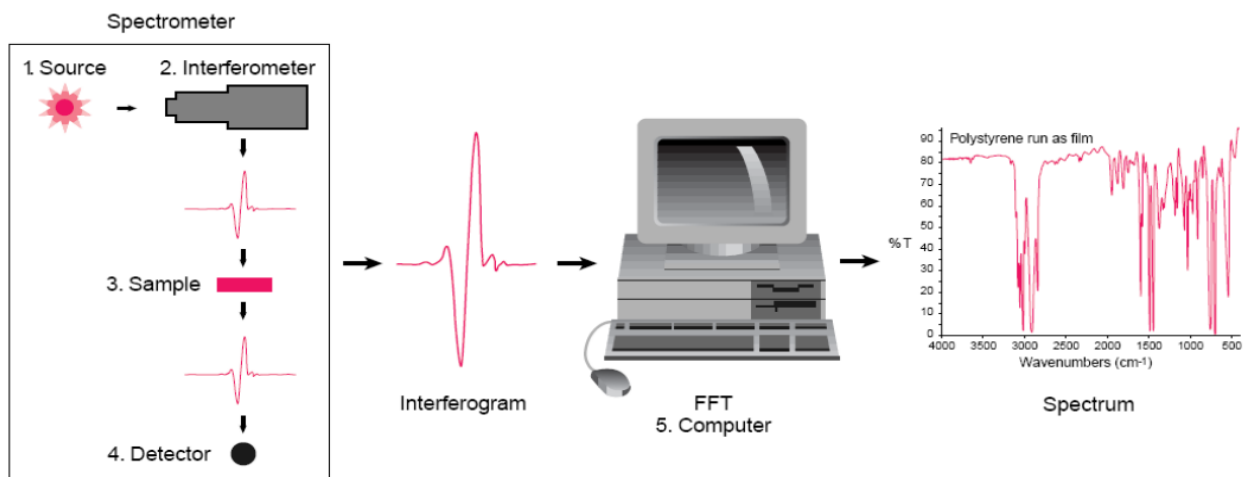
proses pencampuran dengan waktu pencampuran optimal sekitar 10 menit. Setelah pencampuran, bakteri yang telah dienkapsulasi sesuai dengan variasi persentase direncanakan ditambahkan ke dalam campuran beton, kemudian dicampur kembali secara merata. untuk mengevaluasi kemampuan campuran beton dalam mengisi ruang. Campuran beton kemudian dimasukkan secara bertahap ke dalam cetakan silinder dengan volume 1/3 dari cetakan, lalu dipadatkan menggunakan tongkat besi polos berdiameter 160 mm dan panjang 600 mm dengan penerapan gaya jatuh bebas sebanyak 25 kali. Proses berlanjut dengan mengisi campuran beton hingga mencapai 2/3 dan 3/3 volume cetakan, yang juga dipadatkan menggunakan tongkat besi dengan gaya jatuh bebas sebanyak 25 kali. Setelah itu, sisi cetakan benda uji dipukul dengan palu karet untuk memastikan pemadatan merata dan permukaan diratakan. Total benda uji yang direncanakan adalah 48 silinder dengan dimensi 10 cm x 20 cm. Tahap selanjutnya melibatkan proses *capping* pada benda uji, di mana tujuannya adalah untuk mendapatkan permukaan yang rata sebelum dilakukan pengujian. Tebal *capping* harus mematuhi standar ASTM C617, berada dalam rentang 3 mm hingga tidak lebih dari 8 mm. Metode perawatan benda uji melibatkan pelepasan dari cetakan setelah benda uji mencapai usia 20 jam, namun tidak melebihi 48 jam. Selanjutnya, benda uji direndam dalam air pada suhu antara 21 hingga 25 derajat Celsius sesuai dengan standar SNI 03-2493-1991 tentang perawatan benda uji beton dan SNI 2493:2011 mengenai tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium. Pengujian kekuatan tekan beton dilakukan menggunakan *compression strength tester*. Uji kekuatan tekan beton dilakukan dengan menggunakan benda uji berbentuk silinder beton

berukuran 10 cm x 20 cm. Dalam pemberian kecepatan kuat tekan pada beton sebesar 1 ton/detik pada semua benda uji. Pemberian Kemudian diberikan pembebanan awal pada hari ke 7 dengan beban sebesar 26 MPa dari hasil perencanaan 70% kuat tekan rencana dari 50 MPa dikali koefisien berdasarkan korelasi umur 7 hari menurut PBI 1971 ialah 0,75. Kemudian diamati hasil pertumbuhan kalsit terbaik pada satu benda uji disetiap variasi pada keretakan yang bagus, selama 28 hari yang ditinjau 7 hari sekali. Perencanaan kuat tekan rencana beban ultimit diberikan pada hari ke 28 sebesar mencapai sekitar 50 MPa. Setelah dibebani kemudian diseleksi pada benda uji yang memiliki hasil pertumbuhan kalsit terbaik tersebut dihancurkan hingga berbentuk bubuk maka dilakukan pengujian FTIR untuk dapat membaca hasil gugus fungsi agar dapat mengetahui apakah terdapat kaslit pada hasil pembacaan *spectrum* FTIR.



Gambar 1 Pengujian Kuat Tekan

Sumber: Soesella - 2023



Gambar 2 Skema Pengujian FTIR

Sumber: Bahar - 2023

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut dapat diperhatikan tabel *mix design* yang dilakukan dalam pengecoran,

Tabel 3 Perencanaan Campuran Beton untuk 5 Benda Uji pada setiap variasi

Material	Berat	Satuan
Air	1,295	kg
Semen	4,318	kg
Silica fume	0,345	kg
Fine Sand	4,818	kg
Coarse Agregat (11-8)	1,730	kg
Coarse Agregat (8-4,6)	3,754	kg
Coarse Agregat (4,6-2,38)	1,743	kg
Superplastisizer	0,086	kg

Tabel 4 Perencanaan Enkapsulasi

Material	Berat	Satuan
0,5 %	0,94	Kg
0,6 %	1,04	Kg
0,7 %	1,14	Kg

Hasil pengujian kuat tekan rata-rata dapat diperhatikan pada tabel berikut,

Tabel 5 Hasil pengujian Beban Kuat Tekan

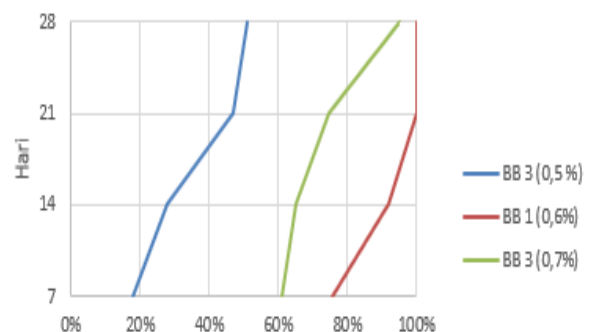
Benda Uji	Kuat Tekan Rata-Rata 28 hari (MPa)
BB 0	67
BBB 0	
BSC 0	
<i>Bacillus</i>	
BB (0,5 %)	51,86
BB (0,6 %)	60,05
BB (0,7 %)	50,86
<i>Solibacillus</i>	
BBB (0,5%)	48,30
BBB (0,6%)	51,35
BBB (0,7%)	53,50
<i>Staphylococcus</i>	
BSC (0,5%)	52,50
BSC (0,6%)	65,90
BSC (0,7%)	62,32

Dapat diperhatikan kuat tekan terbesar terdapat pada rata-rata benda uji kontrol, dan pada setiap variasi sudah mendapatkan hasil sesuai beban perencanaan yaitu diatas 50 MPa. Dapat dilihat benda uji dengan setiap genus bakteri yang terbaik terdapat pada variasi 0,6% genus bakteri *Staphylococcus*.

Tabel 6 Hasil Persentase Kenaikan Beban Kuat Tekan Setelah Pemberian Beban Retak Awal Terhadap Beban Maksimum Hari Ke 28

Benda Uji	Persentase (%)
<i>Bacillus</i>	
BB (0,5 %)	99
BB (0,6 %)	131
BB (0,7 %)	96
<i>Solibacillus</i>	
BBB (0,5%)	86
BBB (0,6%)	97
BBB (0,7%)	106
<i>Staphylococcus</i>	
BSC (0,5%)	101
BSC (0,6%)	153
BSC (0,7%)	140

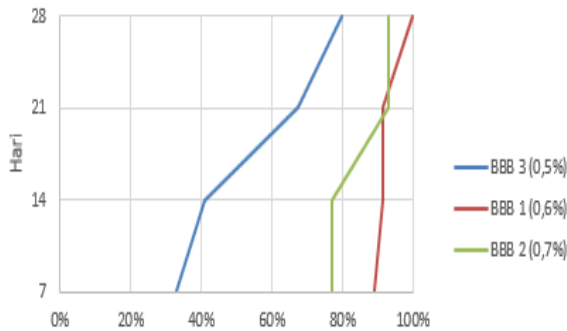
Pada Tabel 6 dapat dijelaskan bahwa persentase beban keretakan awal yang diberikan terhadap kenaikan beban pada pengujian kuat tekan maksimum pada hari ke 28, yang paling unggul hasil persentase kenaikan beban tekan rata-rata pada benda uji variasi 0,6% genus bakteri *Staphylococcus* yaitu sebesar 153%. Kemudian dapat dilihat pada grafik berikut mengenai perkembangan pertumbuhan kalsit dalam 28 hari yang ditinjau selama 7 hari sekali.



Gambar 3 Grafik Persentase Pengujian Kuat Tekan Beton *Bacillus*

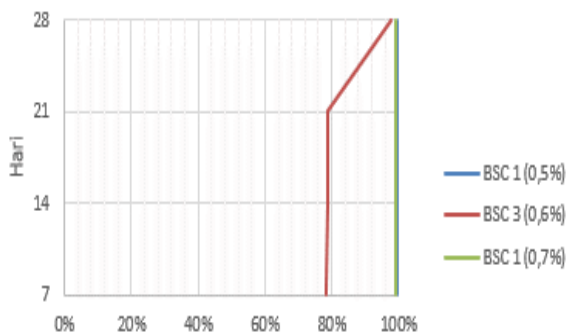
Pertumbuhan kalsit yang paling optimal dapat diamati pada variasi BB 1 (0,6%) dibandingkan dengan variasi lainnya. Selain itu, kita dapat

mengevaluasi grafik pertumbuhan kalsit yang berbeda berdasarkan variasi bakteri *Solibacillus*.



Gambar 4 Grafik Persentase Pengujian Kuat Tekan Beton *Solibacillus*

Dapat diperhatikan pertumbuhan kalsit yang paling unggul terdapat pada variasi BBB 1 (0,6%) dibandingkan dengan variasi lain.

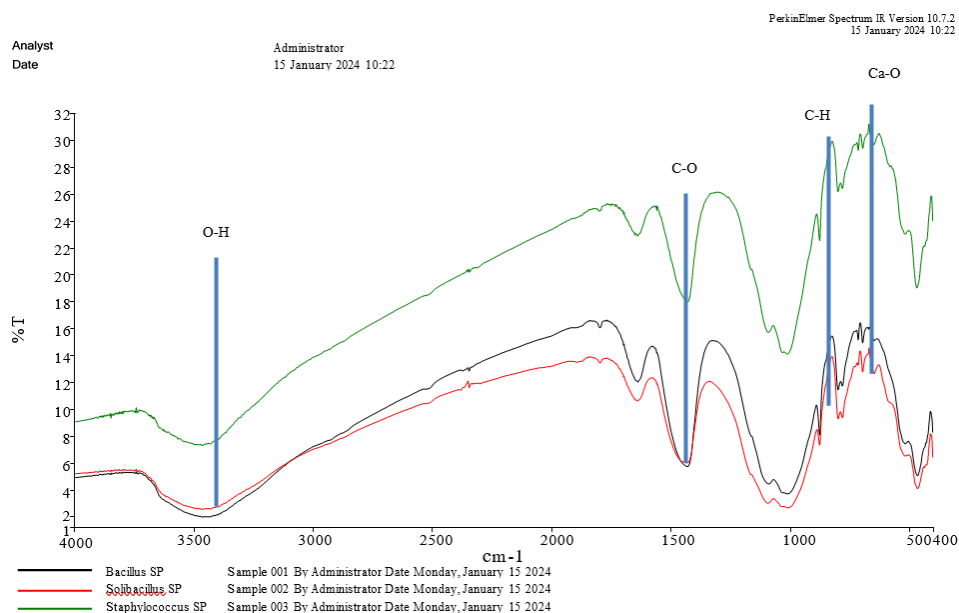


Gambar 5 Grafik Persentase Pengujian Kuat Tekan Beton *Staphylococcus*

Dapat diperhatikan pertumbuhan kalsit yang paling unggul terdapat pada variasi BSC 1 (0,5%) dibandingkan dengan variasi lain. Diketahui bahwa perbandingan antara beton bakteri *Bacillus* pada variasi yang berbeda, khususnya pada variasi BB 1 (0,6%), menunjukkan pertumbuhan kalsit yang lebih unggul dibandingkan dengan variasi lainnya 0,5% dan 0,7%. Selain itu, pada hasil pertumbuhan kalsit pada bakteri *Solibacillus*, variasi BBB 1 (0,6%) menunjukkan hasil pertumbuhan kalsit yang paling optimal dibandingkan dengan variasi lainnya. Demikian pula, pada variasi *Staphylococcus*, hasil penelitian menunjukkan bahwa pada variasi BSC 1 (0,5%), pertumbuhan kalsit mencapai puncaknya dibandingkan dengan variasi lainnya. Hasil ini memberikan wawasan yang berharga terkait pengaruh konsentrasi bakteri tertentu pada pertumbuhan kalsit dalam konteks penelitian ini.

Kemudian hasil pengujian FTIR dapat diperhatikan pada Gambar 6.

Dari ketiga sampel tersebut puncak serapan gugus fungsi dari CaCO_3 yaitu Ca-O mendekati daerah frekuensi $711,5 \text{ cm}^{-1}$, C-H daerah frekuensi sekitar $875,7 \text{ cm}^{-1}$, C-O daerah frekuensi sekitar $1433,1 \text{ cm}^{-1}$ dan O-H daerah frekuensi sekitar $3275,1 \text{ cm}^{-1}$ (Ramasamy, 2018). Dari hasil analisis pada Tabel 6, dapat diamati bahwa kalsit yang terbentuk dalam gugus fungsi menunjukkan kesesuaian dengan daerah frekuensi referensi, dan setiap jenis bakteri menunjukkan variasi yang berbeda. Ditemukan bahwa daerah frekuensi yang dihasilkan oleh masing-masing bakteri tidak terlalu berbeda signifikan dari daerah frekuensi referensi yang berasal dari gugus fungsi kalsium karbonat.



Gambar 6 Grafik Hasil Pengujian FTIR

Tabel 6 Hasil Data Pembacaan FTIR

NO	Ikatan	Sumber referensi cm^{-1}	Daerah frekuensi cm^{-1}
1	Ca-O	711.5	713,23
2	C-H	875.7	874,97
3	C-O	1433,1	1430,20
4	O-H	3275,1	3467,71
<i>Bacillus</i> – BB 1 (0,6%)			
1	Ca-O	711.5	694,54
2	C-H	875.7	875,17
3	C-O	1433,1	1432,06
4	O-H	3275,1	3467,52
<i>Solibacillus</i> - BBB 1 (0,6%)			
1	Ca-O	711.5	713,16
2	C-H	875.7	875,29
3	C-O	1433,1	1429,52
4	O-H	3275,1	3467,59
<i>Staphylococcus</i> - BSC 1 (0,5%)			

Meskipun demikian, pada Gambar 6 konsentrasi *Bacillus* dan *Solibacillus* dari hasil uji FTIR yaitu tingkat *transmittance* rendah, itu berarti bahwa sebagian besar cahaya pada panjang gelombang tertentu diserap oleh sampel, dan hanya sebagian kecil cahaya yang dapat melewati sampel. Ini menunjukkan adanya penyerapan pada panjang gelombang tersebut oleh gugus fungsi atau komponen kimia dalam sampel terlihat bahwa konsentrasi bakteri tersebut dibandingkan dengan variasi bakteri lainnya. Namun dari hasil daerah frekuensinya pembacaan dari ketiga jenis bubuk beton tersebut tidak jauh beda yang dihasilkan berdasarkan referensi yang digunakan dalam mengecek gugus fungsinya.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian menunjukkan bahwa dalam uji kuat tekan pada benda uji kontrol memiliki kuat tekan terbesar rata-rata 67 MPa. Sementara itu, benda uji dengan penggunaan bakteri menghasilkan nilai kuat tekan rata-rata lebih dari 50 MPa, sesuai dengan standar yang direncanakan pada penelitian ini. Persentase tertinggi dalam beton mutu tinggi, yakni dengan bakteri *bacillus* variasi (0,6%), *solibacillus* variasi (0,6%), dan *staphylococcus* variasi (0,5%), menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam kuat tekan pada pengujian hari ke 28. Dalam hasil pertumbuhan kalsit terjadinya faktor perbandingan ketiga bakteri dan setiap variasi pada beton karena tingkat pertumbuhan kalsit terhadap variasinya tidak terlalu berpengaruh didalam beton. Terjadi karena faktor bakteri yang aktivitasnya juga

tidak langsung bekerja pada saat yang sama antara semua beton dalam menghasilkan kalsium karbonat untuk menutupi keretakan terhadap beton, namun pada tiap benda uji tiap sehari sekali memiliki perkembangan dalam pertumbuhan kalsit dan hasil penelitian pada ketiga jenis bakteri, bakteri *Staphylococcus* pada benda uji BSC 1 variasi 0,5% sebagai penghasil tercepat dalam menghasilkan kalsit yang menutup keretakan yang terjadi pada beton. Analisis FTIR dari hasil penelitian juga menunjukkan bahwa karakteristik puncak serapan gugus fungsi kalsium karbonat mengikuti daerah frekuensi referensi yang umum, jadi bisa dikatakan bahwa yang dihasilkan oleh bakteri itu ialah kalsium karbonat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Bapak dan Ibu dosen pembimbing, orang tua, keluarga, asisten laboratorium, beserta teman-teman yang telah berpartisipasi dalam mewujudkan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, T. Budi. (2002). Effect of Polypropylene Fibers on The Properties of High Strength Concrete, Lacer No. 7, University of Leipzig, : 43 – 59.
- Baharuddin. (2023). Studi Sifat Mekanis Dan Ikatan Kimia Pada Beton Dengan Penambahan Serat Rami, Universitas Teuku Umar.
- Fauzaan. (2022). "Pengaruh Penambahan Ekstrak Limbah Sayuran Pengganti Sebagian Dari Berat Semen Terhadap Nilai Slump 60-80 Dan Nilai Kuat Tekan Beton Dalam Proses Self Healing Concrete." Indonesia.
- Fauziah, Lulu, Siti Mutiara Murhayati, Luthfi Muhammad M, and Linda Aisyah. (2023). "Pengaruh Bakteri *Bacillus Megaterium* Sebagai Self-Healing Agent Pada Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi" 09 (03): 228–39. Indonesia.
- Fernando, Robi., Agung Bhakti Utama, Eko Kusumo Friatmojo. (2022). "Studi Perbandingan Mutu Beton Normal Berdasarkan Variasi Pengambilan Agregat Kasar Di provinsi Jawa Tengah." ORBITH 18 : 28-36. Indonesia.
- Fitri, Lenni, Teuku Budi Aulia, Amir Fauzi, and Galih Ahmad Kamil. (2023). "Characterization and Screening of Urease Activity of Ureolytic Bacteria from Landfills Soil in Banda Aceh, Indonesia." Biodiversitas 24 (2): 910–15. Indonesia.
- Haris, Samun., Rizal Firdaus. "Pengaruh Penggunaan Silica Fume Powder Terhadap Kuat Tekan Beton." ISSN 6 (Juli 2021): 97-102. Indonesia.
- Maulani, Emi. (2016). "Pemakaian Tanah Diatomae Sebagai Substitusi Semen Fas 0.30 Dengan Perlakuan Kalsinasi Untuk Produksi Beton Normal." Teras Jurnal 6 (1): 49–56. Indonesia.

- Muwafaq, Arsyul., Abdul Halim, Candra Aditya, M. Cakrawala. "Perbandingan PEenggunaan Dua Merk Silica Fume Dan Admixtures Sebagai Bahan Campuran Pada Beton Mutu Tinggi." *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Lingkungan* 2 (April 2022): 20-39. Indonesia.
- Nathalie Sumeisey, Gabriella, Stella Deiby Umboh, and Trina Ekawati Tallei. (2019). "Penyalutan Bakteri Asam Laktat Menggunakan Nanopartikel Kitosan." *Pharmacon* 8 (4): 843-50. Indonesia.
- Ramasamy, V., Anand, P., & Suresh, G. (2018). Synthesis and characterization of polymermediated CaCO₃ nanoparticles using limestone: A novel approach. *Advanced Powder Technology*, 29(3), 818-834.
- Rayyana, N, M Afifuddin, and Y Idris. (2019). "Pengaruh Substitusi Campuran Abu Ampas Tebu Dan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Pada Lingkungan." *Journal of The Civil Engineering ...* 1 (1): 32-37. Indonesia.
- Seru, Nobertus Rombe, Jonie Tanijaya, and Lisa Febriani. (2021). "Pengaruh Kalsium Karbonat (CaCO₃) Sebagai Bahan Substitusi Semen Pada Beton Mutu Tinggi." *Paulus Civil Engineering Journal* 3 (1): 70-75. Indonesia.
- Soesella, Rossa, Daiyan. (2023). "Pengaruh Penggunaan Bakteri Bacillus SP. Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi" .*Jim* USK. Indonesia
- Sonali, Chereddy, Sri Durgaa, Nerella Rubena, Madduru Sri, Rama Chandb, Mikili Indirac, and Chava Venkatesha. 2021. "Bahan Beton Penyembuhan Diri" 15. Indonesia.

OPTIMASI KEKUATAN TARIK BELAH BETON MUTU TINGGI MELALUI PENINGKATAN EFEKTIVITAS BAKTERI PADA *SELF-HEALING CONCRETE*

The Improvement of the Tensile Strength of High-Strength Concrete through the Optimization of Bacteria in Self-Healing Concrete

Andi Alepu^{1*}, Teuku Budi Aulia², Yunita Idris³

¹²³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jalan Tgk. Syech Abdur Rauf No. 7 Darussalam Banda Aceh 23111

Surel: ¹andialepu9@gmail.com*, ²aulia@usk.ac.id, ³yunita.idris@usk.ac.id.

Diterima : 6 Agustus 2024;

Disetujui : 21 Oktober 2024

Abstrak

Beton mutu tinggi memiliki kekuatan tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton biasa, menjadikannya pilihan ideal untuk struktur bangunan yang menopang beban besar seperti gedung tinggi, jembatan, dan menara. Namun, kelemahan beton terletak pada sifatnya yang rentan terhadap tarik, dapat menyebabkan retakan mikro yang berpotensi berkembang menjadi retakan makro tanpa terdeteksi. Untuk mengatasi masalah ini, muncul inovasi berupa *Self-Healing Concrete (SHC)*, di mana bakteri seperti *solibacillus*, *bacillus*, dan *staphylococcus* ditambahkan ke dalam campuran beton. Bakteri ini menghasilkan senyawa yang membentuk endapan kalsium karbonat (CaCO_3), secara mandiri menutupi retakan mikro melalui metabolismenya. Penelitian ini bertujuan meningkatkan umur beton dan keamanan struktur dengan menambahkan bakteri pada campuran beton. Pengujian menggunakan silinder berukuran diameter 15 cm x tinggi 30 cm dengan retakan awal diberikan setelah 7 hari perendaman dan kekuatan tekan mencapai 30 MPa, sehingga 80% dari kuat tekan beton rencana f'_c 50 MPa. Pengujian akan dilakukan pada hari ke 28. Hasil pengujian kuat tarik belah yang menggunakan bakteri *solibacillus* dengan rata-rata 4,46 MPa, bakteri *bacillus* dengan rata-rata 4,51 MPa, dan bakteri *staphylococcus* dengan rata-rata 5,48 MPa. Hasil pengujian SEM menggambarkan substansi batang yang terkait dengan kristal kalsit pada setiap sampel beton bakteri. Penggunaan bakteri sebagai agen *self-healing* memberikan dampak positif dengan peningkatan kuat tarik belah, pengurangan penyerapan air, dan penurunan permeabilitas beton.

Kata Kunci: Beton mutu tinggi, *solibacillus* sp., *bacillus* sp., *staphylococcus* sp., kuat tarik belah, *self-healing concrete*

Abstract

High-strength concrete has a higher compressive strength compared to regular concrete, making it an ideal choice for structures that bear heavy loads, such as tall buildings, bridges, and towers. However, the weakness of concrete lies in its susceptibility to tensile forces, leading to the development of microcracks that may potentially evolve into macrocracks without detection. To address this issue, an innovation known as *Self-healing Concrete (SHC)* has emerged, wherein bacteria such as *solibacillus*, *bacillus*, and *staphylococcus* are added to the concrete mix. These bacteria produce compounds that form calcium carbonate (CaCO_3) deposits, autonomously closing microcracks through their metabolism. This research aims to enhance the lifespan of concrete and the safety of structures by incorporating bacteria into the concrete mix. Testing was conducted using cylinders with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm, with initial cracks introduced after 7 days of immersion and compressive strength reaching 30 MPa, which is 80% of the planned compressive strength of 50 MPa. Testing was performed on day 28. The results of the split tensile strength tests using *solibacillus* bacteria showed an average of 4.46 MPa, *bacillus* bacteria with an average of 4.51 MPa, and *staphylococcus* bacteria with an average of 5.48 MPa. Scanning Electron Microscopy (SEM) results depicted substances related to calcite crystals in each bacterial concrete sample. The use of bacteria as a *self-healing* agent has a positive impact, including increased split tensile strength, reduced water absorption, and decreased concrete permeability.

Keywords: High-strength concrete, *solibacillus* sp., *bacillus* sp., *staphylococcus* sp., split tensile strength, *self-healing concrete*.

PENDAHULUAN

Beton sebagai salah satu bahan konstruksi yang paling banyak digunakan, lemah pada kekuatan tarik, retak dan ketidakstabilan terhadap retak. Sebab terjadinya sifat retak beton seperti daya tahan, permeabilitas dan kekuatan struktur beton berkurang. Bila retakan mikro tumbuh dan mencapai tulangan, tidak hanya beton itu sendiri yang dapat diserang, tetapi juga tulangan akan terkorosi ketika terkena air serta oksigen, dan kemungkinan karbon dioksida serta klorida. Oleh sebab itu, retakan mikro ialah prekursor kegagalan struktur (De Belie, dkk, 2008).

Retakan yang timbul bila tidak ditangani, dapat sebagai jalan masuknya partikel-partikel yang mengakibatkan kerusakan di beton seiring berjalannya waktu. Sifat kurang baik dari retakan pada beton dapat diperbaiki dengan cara menambahkan bakteri beton *self-healing* yang terbentuk dengan bantuan bakteri yang diinduksi, oleh karena itu beton *self-healing* pula memiliki kemampuan untuk memperbaiki retak-retak kecil yang terbentuk dalam struktur beton seiring waktu. Retak-retak ini bisa muncul akibat pembebanan, perubahan suhu, atau faktor-faktor lainnya. Teknologi ini bertujuan untuk memperpanjang umur beton dan meningkatkan keamanan struktur (Tziviloglou, dkk, 2016).

Perbaikan retak pada beton, dalam memanfaatkan bakteri sudah dikembangkan pada penelitian (Huynh, dkk, 2017), penelitian ini memakai tanah diatomit buat larutan bakteri. Metode penyembuhan dengan bakteri ini lebih disukai daripada teknologi lain sebab ramah lingkungan, berbasis bio, tahan lama, serta hemat pengeluaran.

Bahan bakteri yang akan digunakan *solibacillus* sp, *bacillus* sp, dan *staphylococcus* sp juga tidak berbahaya dan mudah ditemukan yaitu di tanah timbunan tempat sampah, sampel bakteri yang akan digunakan pada penelitian ini diambil dari TPA Gampong Jawa, Kota Banda Aceh. Bakteri ini dikembangkan di Laboratorium Microbiologi, Fakultas MIPA Universitas Syiah Kuala.

Bakteri ureolitik mampu mengendapkan kalsium karbonat (kalsit) dengan menghasilkan enzim urease, yang menghidrolisis urease menjadi amonia dan CO², meningkatkan pH dan konsentrasi karbonat. Sesuai penelitian yang telah ada bakteri ureolitik merupakan kelompok *solibacillus* sp, *bacillus* sp, dan *staphylococcus* sp, gram positif dan memiliki aktivitas enzim urease yang dapat diisolasi dari tanah kebun, tanah di sekitar pabrik semen dan tanah di tempat pembuangan akhir (Bharathi, 2014).

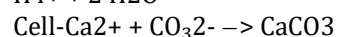
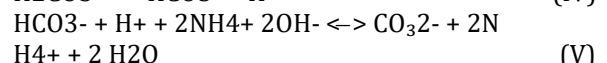
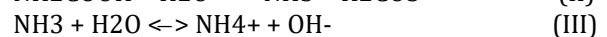
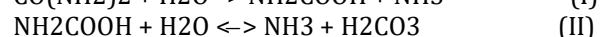
Beton mutu tinggi memiliki sifat-sifat khusus yang berbeda dengan beton biasa, seperti mempunyai kuat tekan yang tinggi, permeabilitas yang rendah sehingga beton tersebut cukup tahan terhadap berbagai reaksi fisika dan kimia yang dapat merusak beton (Ginting, 2019).

Bakteri ureolitik merupakan mikroorganisme yang mampu menghasilkan urease serta menghidrolisis urea. Bakteri ureolitik mampu mengendapkan kalsium karbonat (CaCO³) oleh bakteri merupakan proses mineralisasi biologis. (Rajasekar, dkk, 2021) dikutip dari (Fitri, dkk, 2023).

Beberapa genus yang termasuk bakteri ini yaitu *Bacillus*, *Solibacillus*, *Staphylococcus*, *Neisseria*, *Yersinia*, dan *Klebiella*. Dari beberapa genus bakteri tersebut, yang sering digunakan dalam campuran beton bakteri adalah *bacillus*. Bakteri ureolitik dari genus *bacillus* yang telah digunakan dalam campuran beton untuk mengatasi keretakan beton yaitu *bacillus sphaericus*, *bacillus cohnii*, dan *bacillus cereus*. Hanya bakteri yang memiliki daya tahan yang tinggi yang mampu digunakan, mengingat kondisi beton yang kering, hidrasi tinggi dan basa bisa menyebabkan bakteri mati. Maka perlu dicari bakteri yang mampu hidup dikondisi yang sama dengan kondisi pada beton tersebut, dan salah satu bakteri yang mampu hidup dan aktif pada kondisi yang sama dan bahkan lebih ekstrim yaitu bakteri ureolitik dengan genus *Bacillus*. Bakteri ini ditemukan dapat hidup di dalam batuan, di dalam kerak bumi dan gurun pasir. Bakteri *Bacillus* sp. mampu menghasilkan endospora yang dapat hidup bahkan lebih dari 200 tahun pada kondisi ekstrim (Jonkers, 2007).

Bakteri yang akan digunakan yaitu *solibacillus* sp, *bacillus* sp, dan *staphylococcus* sp, terkenal dengan sifat anaerob, bebas untuk memperoleh energinya dan aktivitasnya dalam larutan alkali yang tinggi. Semakin banyak endapan CaCO₃, semakin baik pengaruh penyembuhan diri. Konsentrasi bakteri, urea serta Ca²⁺ akan sangat mempengaruhi jumlah CaCO₃ yang mengendap. Serangkaian tes dilakukan untuk menyelidiki konsentrasi optimal bakteri, urea dan Ca²⁺ (Wang, dkk, 2010).

Proses pembentukan CaCO₃ (kalsit) yang dilakukan oleh bakteri, menurut (Chou, dkk, 2020) persamaan reaksi yang terjadi dapat dituliskan sebagai berikut:



Reaksi yang terjadi pada persamaan (I) yaitu urea terhidrolisis menjadi amonia serta karbonat. persamaan (II) menunjukkan hasil persamaan (I) terhidrolisis menjadi 1 amonia dan asam karbonat. Selajutnya pada persamaan (III dan IV) mengalami kesetimbangan dengan air sehingga membentuk biokarbonat dan ammonium serta hidroksida. Pembentukan ion hidroksida menyebabkan pH naik dan menggeser biokarbonat. Hal ini menyebabkan ion terbentuk (V). dan ammonium yang dikeluarkan ke lingkungan. Setelahnya kalsium, yang telah mencapai kejenuhan tertentu akan mengakibatkan pengendapan kalsium karbonat pada dinding sel bakteri dan membuat seluruh sel terselubung dengan endapan tersebut (Chou, dkk, 2020).

Metode yang digunakan pada saat pencampuran bakteri dalam beton merupakan enkapsulasi, yaitu metode yang digunakan untuk memasukkan bakteri ke dalam campuran beton dengan tujuan untuk meningkatkan kinerja beton. Dalam metode ini, bakteri dimasukkan ke dalam enkapsulasi khusus sebelum dicampur dengan beton (Khaliq dan Ehsan, 2016).

Bakteri yang digunakan dalam campuran beton harus memiliki kemampuan bertahan dalam lingkungan yang bersifat basa, mengingat beton cenderung memiliki sifat basa. Bakteri yang telah dienkapsulasi dan dicampur dalam campuran beton akan menjadi aktif ketika terjadi retakan pada beton, yang menyebabkan pecahnya enkapsulasi bakteri. Bakteri ini kemudian akan menghasilkan kalsium karbonat yang akan mengisi retakan tersebut dan mengikat bahan lain seperti kerikil dan pasir dalam beton. Setelah retakan terisi penuh dengan kalsium karbonat, bakteri akan kembali ke kondisi tidak aktif. Namun, jika terjadi retakan lagi, bakteri akan kembali aktif untuk mengatasi masalah tersebut (Vijay, dkk, 2017).

Kuat tarik belah adalah nilai kekuatan tarik tidak langsung dari beton silinder, diukur dengan memuat benda uji secara horizontal di atas meja penekan mesin uji. Parameter ini penting untuk mengevaluasi kekuatan beton. Nilai kekuatan tekan dan tarik beton tidak selalu sebanding, dan usaha meningkatkan kekuatan tekan cenderung hanya sedikit meningkatkan kekuatannya. Salah satu kelemahan beton adalah kekuatannya yang rendah, sekitar 10-15%, bahkan kadang-kadang hanya 20% dari kekuatan tekannya (Haibaho dkk, 2020). Pengujian kuat tarik belah dilakukan setelah memberikan beban awal pada beton untuk menyebabkan retakan, dengan retakan sangat halus (10-30 μ m) terjadi pada beban 10-55%.

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan dengan menggunakan benda uji silinder 15 cm x 30 cm sesuai

prosedur ASTM C496/C496M-17. Kuat tarik belah dihitung dengan persamaan didapat melalui persamaan 1:

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi L D} \dots\dots\dots (1)$$

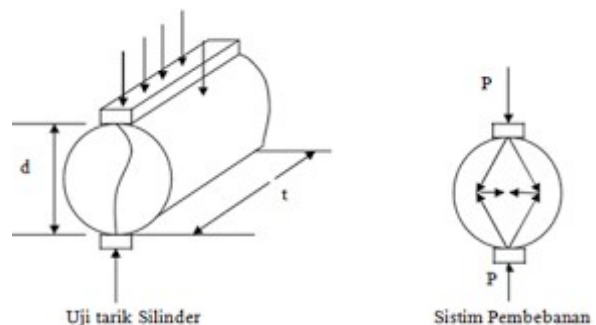
Dimana:

f_{ct} = Kuat tarik belah (MPa);

P = Beban tekan maksimum saat silinder beton terbelah/runtuh (N);

L = Panjang/tinggi benda uji (mm); dan

D = Diameter benda uji dalam (mm).



Gambar 1 Pengujian Kuat Tarik Belah

Sumber: SNI 03-2491-2002

Hubungan antara kuat tekan dan kuat tarik belah beton sudah banyak diteliti oleh para ahli dibidang beton. Dalam SNI T-15-1991-03 pasal 3.2.5 ditetapkan bahwa besarnya nilai kuat tarik memiliki hubungan dengan nilai kuat tekan beton, dengan persamaan 2.8

$$f_{ct} = 0,70 \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

f_{ct} = Nilai kuat tarik belah (MPa)

f'_c = Nilai kuat tekan beton (MPa)

Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan juga merupakan faktor yang mempengaruhi nilai kuat tarik belah secara signifikan. Faktor yang mempengaruhi kuat tarik belah tersebut adalah pengaruh ukuran, pengaruh rasio diameter spesimen-ukuran agregat, pengaruh rasio panjang-diameter, pengaruh kondisi kelembaban benda uji dan pengaruh karakteristik mesin uji (Renaldo, dkk, 2014)

Pengamatan kondisi benda uji secara visual bertujuan untuk melihat apakah bakteri mampu melakukan presipitasi dan menutup permukaan retak diluar pada benda uji. Pada proses pengamatan akan dilihat kristal yang terbentuk pada keretakan yang ditandai dengan adanya material berwarna keputih-putihan yang mengisi retak pada beton. Pada penelitian ini, pengamatan dilakukan setiap 7 hari sekali hingga hari

ke 28 pasca benda uji diberikan retak. Kemunculan kalsit dalam perbaikan akan dihitung perbaikannya dalam menutup retak dengan mencari rasio perbaikan (Intarasontron, dkk, 2021), perhitungan rasio perbaikan permukaan retak dapat dihitung dengan persamaan (3) berikut:

$$\text{Rasio Perbaikan (\%)} = \frac{\text{Panjang perbaikan retak (cm)}}{\text{panjang retak total (cm)}} \times 100 \text{ \%} \dots\dots\dots (3)$$

Scanning Electronic Microscope (SEM) adalah alat yang digunakan dalam mikroskopi elektron untuk memvisualisasikan sampel dengan resolusi tinggi. SEM bekerja dengan memancarkan aliran elektron berenergi tinggi ke arah permukaan sampel dan menghasilkan gambar kristal-kristal slag yang berfungsi sebagai pengisi rongga yang terdapat antara lekatan agregat dengan pasta semen, sehingga daerah yang berongga tersebut akan menjadi lebih padat dan mempunyai kekuatan yang lebih tinggi dan jumlah rongga yang terdapat pada campuran beton yang mengandung *steel slag* lebih kecil dan lebih sedikit (Wirma, dkk, 2016).

(Huynh, dkk, 2017) dengan judul “*Bacillus Subtilis* HU58 Diimobilisasi dalam Mikropori Diatomit untuk digunakan dalam *Self-healing Concrete*” penelitian ini menjelaskan penggunaan tanah diatomae sebagai bahan enkapsulasi bakteri *Bacillus Subtilis* menjadi pelet kapsul dan kemudian dilapisi oleh pasta semen ($w/c = 0,5$) yang dibentuk ukuran pelet kapsul dengan ukuran 10 mm, dengan komposisi bakteri *Bacillus Subtilis* 0,49%, urea 0,44%, CaCl_2 dan *nutrient broth* 0,11%, sehingga enkapsulasi menggunakan tanah diatomae menjadi salah satu yang efisien untuk diterapkan pada *Self-Healing Concrete*.

(Rohini, I., dan Padmapriya, R. 2020) dengan judul “Pengaruh bakteri subtilitis pada beton limbah elektronik” Silinder Beton dengan ukuran diameter 15 cm x tinggi 30 cm. Silinder diuji untuk kekuatan tarik di akhir 28 hari menggunakan compression tester. Kuat tarik belah diamati 5 N/mm² dengan bakteri 0%, 5,52 N/mm² bakteri 1%, dan 6,46 N/mm² dengan bakteri 2%.

(Pachaivannan, P., dkk, 2020) dengan judul “Analisis eksperimental sifat penyembuhan diri dari beton bakteri” hasil benda uji kuat tarik belah dengan umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari, yang didapatkan hasil beton bakteri umur 7 hari yaitu 1,22 N/mm², umur 14 hari yaitu 2,62 N/mm², dan umur 28 hari yaitu 3,76 N/mm².

(Habeahann j, 2021) dengan judul “Kuat tekan beton pulih mandiri (*Self-Healing Concrete*) menggunakan bakteri *Bacillus Subtilis* dengan beberapa perawatan”

Perawatan beton bakteri dengan metode perendaman menghasilkan kuat tekan yang lebih baik dengan nilai kuat tekan maksimum adalah 26,32 MPa.

METODE

Penelitian ini melakukan pengujian kuat tarik belah. Variabel yang digunakan adalah 3 sampel bakteri yang dipakai yaitu *solibacillus* sp, *bacillus* sp, dan *staphylococcus* sp, untuk mengetahui kegetasan yang telah dicampur oleh bakteri, setiap variasi menggunakan benda uji silinder diameter Ø15 cm x tinggi 30 cm. Pemberian retak awal diberikan 7 hari setelah perendaman beton dan diberikan kekuatan tekan sebesar 80% dari kuat tekan beton rencana f'_c 50 MPa dan pengecekan perkembangan bakteri dilakukan setiap 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Pengujian kuat tarik belah diuji pada umur 28 hari, dengan total 45 sampel benda uji dengan pembagian 15 benda uji untuk satu variasi bakteri pada benda uji silinder. Variasi bakteri dan benda uji disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Variasi bakteri dan benda uji

Nama Benda Uji	Bakteri (%)	NB (%)	Urea (%)	$\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (%)	Jumlah Benda Uji
Benda Uji Silinder Bakteri <i>Solibacillus</i> sp.					
BO 0%	0	0	0	0	1
BO 0,5%	0,5	0,11	0,44	0,22	5
BO 0,6%	0,6	0,13	0,53	0,27	5
BO 0,7%	0,7	0,16	0,62	0,31	5
Benda Uji Silinder Bakteri <i>Bacillus</i> sp.					
BU 0%	0	0	0	0	1
BU 0,5%	0,5	0,11	0,44	0,22	5
BU 0,6%	0,6	0,13	0,53	0,27	5
BU 0,7%	0,7	0,16	0,62	0,31	5
Benda Uji Silinder Bakteri <i>Staphylococcus</i> sp.					
BSC 0%	0	0	0	0	1
BSC 0,5%	0,5	0,11	0,44	0,22	5
BSC 0,6%	0,6	0,13	0,53	0,27	5
BSC 0,7%	0,7	0,16	0,62	0,31	5
Jumlah Total:					48

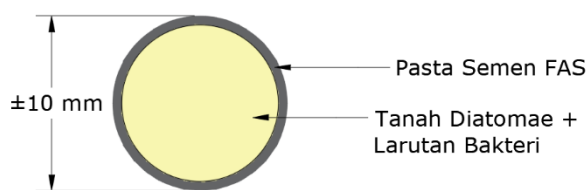
Pembuatan enkapsulasi bakteri *solibacillus* sp, *bacillus* sp, dan *staphylococcus* sp dengan tanah diatomae dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Syiah Kuala. Bakteri yang telah didapatkan dilakukan pengembangbiakan dan peremajaan. Komposisi campuran bakteri merupakan pengembangan yang dilakukan oleh (Huynh, dkk, 2017), komposisi yang digunakan pada

pengecoran 1 m³ penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Komposisi Enkapsulasi Bakteri 1 m³ Pengecoran

Konse trasi	Bakteri	Urea (kg)	CaCl ₂ (kg)	NB (kg)	Tanah Diatomae (kg)
0,5%	3,07	2,70	1,35	0,67	85,47
0,6%	3,68	3,23	1,66	0,80	85,47
0,7%	4,29	3,80	1,90	0,98	85,47

Secara detail, bentuk enkapsulasi yang dihasilkan seperti yang tercantum pada Gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2 Detail Enkapsulasi Bakteri dengan Tanah Diatomae

Reaksi pelet enkapsulasi bakteri yang telah dibuat dapat dilihat pelet enkapsulasi bakteri berhasil bereaksi dengan menunjukkan bubuk putih atau kalsit, yang muncul pada keretakan lapisan semen pada enkapsulasi, yang menunjukkan bahwa bakteri mampu bereaksi setelah diberi pasta semen yang tercantum pada Gambar 3 dibawah ini, setelah melakukan perawatan didalam air selama 28 hari.



Gambar 3 Media Enkapsulasi Bakteri Setelah Direndam Selama 14 Hari

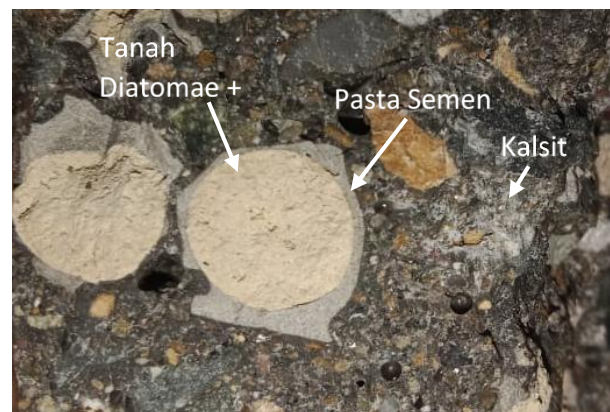
Hasil reaksi pelet enkapsulasi bakteri setelah diuji 28 hari, pelet enkapsulasi bakteri berhasil bereaksi dengan menunjukkan bubuk putih atau kalsit yang muncul retakan di dalam beton yang tercantum pada Gambar 4.

Dalam proses penambahan pelet enkapsulasi bakteri pada benda uji, dilakukan secara bertahap dengan menaburkan pelet enkapsulasi yang berbentuk lingkaran kedalam campuran beton, dapat dilihat pada Gambar 5, pada saat pengerjaan pembuatan benda uji.

Benda uji yang dibuat adalah silinder standar dengan ukuran Ø15 cm, tinggi 30 cm sebanyak 15 benda uji variasi satu jenis bakteri, dengan rincian 45 benda uji beton mutu tinggi. Jenis dan Jumlah benda uji disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Jenis Bakteri dan Jumlah Benda Uji dengan Variasi 3 Bakteri

Jenis Bakteri	Diameter	Silinder
Solibacillus sp	Ø15 cm x 30 cm	15
Bacillus sp	Ø15 cm x 30 cm	15
Staphylococcus sp	Ø15 cm x 30 cm	15
Total		45



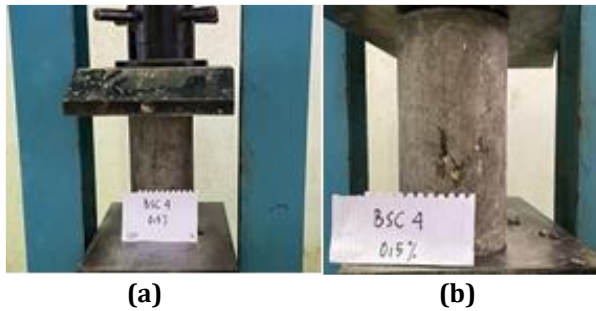
Gambar 4 Hasil Media Enkapsulasi Bakteri Setelah Direndam Selama 28 Hari



Gambar 5 Proses Penambahan Pelet Enkapsulasi Bakteri pada Benda Uji

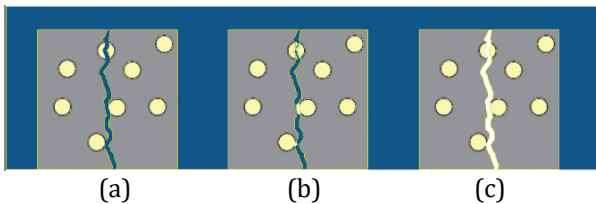
Benda uji diberi retakan dengan cara memberikan beban tekan yang distandarkan yaitu sebesar 80% dari kuat tekan rencana 50 MPa. Pemberian kuat tekan sebesar 30 MPa atau jika dihitung dalam ton berdasarkan satuan pada mesin uji tekan yaitu 54 ton. Pemberian retak diberikan pada umur beton 7 hari setelah perendaman (Depaa dan Felix Kala, 2015). Pemberian retak pada benda uji dapat dilihat pada Gambar 6.

Pengamatan ini dilakukan dengan cara melihat kondisi beton sebelum dilakukan pengujian kuat tarik belah. Pengamatan ini dilakukan setiap 7 hari sekali hingga hari ke 28 perawatan. Pengamatan dilakukan untuk melihat terjadinya penutupan permukaan retak oleh kalsit. Retak yang ditinjau dilakukan



Gambar 6 Pemberian Retak pada Benda Uji (a) Setting Kuat Tekan Benda Uji, (b) Retak yang terbentuk

pemotretan dengan tempat dan jarak yang sama untuk melihat perbedaan perbaikan retak setiap minggunya. Skema perbaikan retakan oleh bakteri dapat di lihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Skema Perbaikan Retak Oleh Bakteri (a) Air Masuk Mengisi Retak, (b) Kalsit Mulai Terbentuk, (c) Kalsit Mulai Menutup Retak

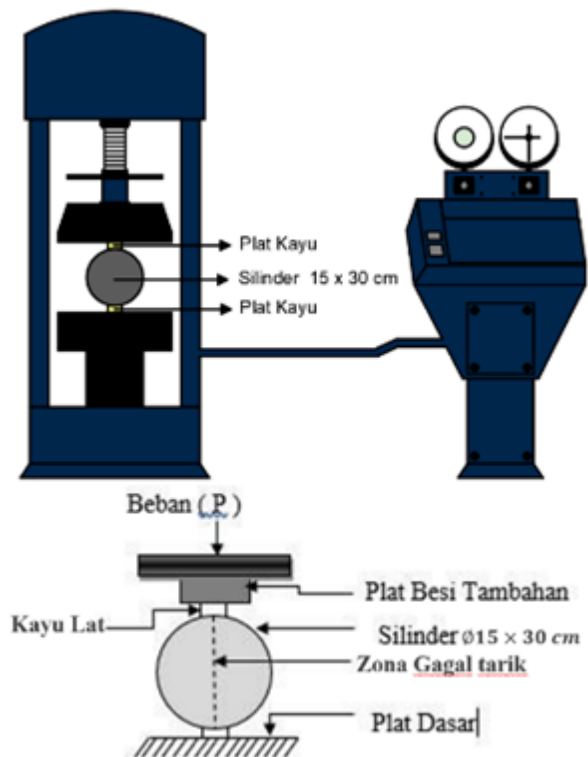
Keterangan warna:

- (a) = Air
- (b) = Enkapsulasi Bakteri
- (c) = Kalsit

Pengujian kuat tarik belah menggunakan *compression strength tester* yang tersedia di laboratorium. Pelaksanaan kuat tarik belah beton dengan menggunakan benda uji silinder beton berukuran $\varnothing 15 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ sesuai dengan ASTM C496/C496 -11. Uji tarik belah dilakukan dengan memberikan tegangan tarik pada beton secara tidak langsung. Pemasangan alat uji dapat dilihat pada Gambar 8.

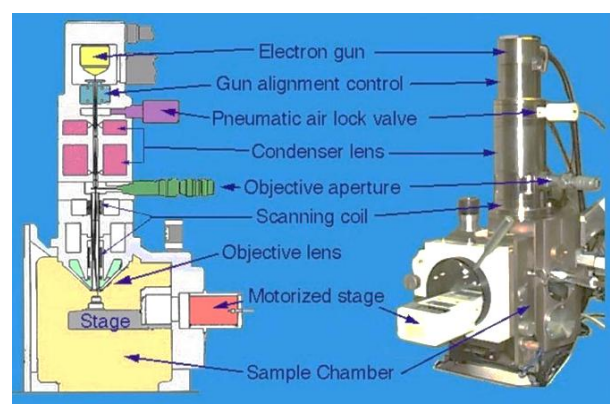
Langkah-langkah pengujian kuat tarik belah sebagai berikut:

- Silinder yang diuji adalah silinder yang telah dikeluarkan 1 hari dari bak perendaman sebelum pemberian retakan;
- Setiap benda uji ditimbang beratnya;
- Silinder kemudian diletakkan dimesin tekan dengan posisi tertidur; dan
- Letakan bantalan kayu dengan panjang 30 cm yang disisipkan antara silinder yang posisinya tertidur dan alas mesin uji untuk mentransfer beban dari mesin kuat tekan ke benda uji. Benda uji diberi tekanan hingga terbelah.



Gambar 8 Setting Alat Pengujian Kuat Tarik Belah
Sumber: Haibaho dkk (2020)

Pengujian *Scanning Electronic Microscope* (SEM) alat yang digunakan dalam mikroskopi elektron untuk memvisualisasikan sampel dengan resolusi tinggi, dilakukan di laboratorium Universitas Gadjah Mada (UGM). Uji SEM dilakukan dengan menggunakan benda uji yang telah di uji kuat tarik belah dan butiran keping dari betonnya dihaluskan. Skema pengujian SEM dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Skema Alat *Scanning Electronic Microscope* (SEM)

Sumber: Fahrizal (2016)

Langkah-langkah pengujian *Scanning Electronic Microscope* (SEM) sebagai berikut:

- Persiapan sampel beton mutu tinggi untuk pengujian SEM yang sudah dihaluskan berukuran butiran 10 mm;

- Nyalakan SEM dan biarkan sistem mencapai tekanan vakum yang diperlukan untuk pengujian;
- Fokus sampel sehingga mendapatkan gambar yang jelas dan tajam dengan menggunakan lensa objektif untuk melakukan fokus dengan baik;
- Mulai pemindaian dengan mengarahkan balok elektron pada sampel dengan pola yang telah ditentukan;
- Ambil gambar dari area yang diminati dengan menggunakan detektor yang sesuai;
- Setelah pengambilan gambar selesai, dapat mengolah data dan gambar yang dihasilkan untuk analisis lebih lanjut, seperti mengukur ukuran partikel;
- Setelah selesai, pastikan untuk membersihkan dan merawat instrumen SEM;

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kuat tarik belah benda uji 28 hari pasca pemberian retak, setelah benda uji yang mengalami retak dilakukan pemulihan selama 28 hari, benda uji tersebut dilakukan pengujian kuat tarik belah. Tujuannya adalah untuk mengetahui besar kuat tarik belah beton pasca pemberian retak. Nilai kuat tarik belah tersebut ditampilkan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4 Nilai Kuat Tarik Belah Uji Pasca Pemulihan

Variasi Bakteri	Nama Benda Uji	Kuat Tarik Belah (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)
Benda Uji Silinder Bakteri <i>Solibacillus</i> sp.			
0,5%	BO 51	4,52	4,32
	BO 52	4,33	
	BO 53	4,42	
	BO 53	4,14	
	BO 53	4,21	
0,6%	BO 61	5,16	4,48
	BO 62	4,15	
	BO 63	4,42	
	BO 63	4,54	
	BO 63	4,14	
0,7%	BO 71	4,35	4,58
	BO 72	4,74	
	BO 73	4,43	
	BO 74	5,24	
	BO 75	4,14	
Benda Uji Silinder Bakteri <i>Bacillus</i> sp.			
0,5%	BU 51	4,27	4,42
	BU 52	4,32	
	BU 53	4,51	
	BU 54	4,15	
	BU 55	4,86	
0,6%	BU 61	4,47	4,48

Variasi Bakteri	Nama Benda Uji	Kuat Tarik Belah (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)
0,7%	BU 62	4,63	4,64
	BU 63	4,63	
	BU 64	3,99	
	BU 65	4,69	
	BU 71	4,36	
	BU 72	4,48	
	BU 73	4,56	
	BU 74	4,83	
	BU 75	4,97	
Benda Uji Silinder Bakteri <i>Staphylococcus</i> sp.			
0,5%	BSC 51	4,89	5,38
	BSC 52	5,85	
	BSC 53	4,84	
	BSC 54	6,48	
	BSC 55	4,86	
0,6%	BSC 61	7,47	5,53
	BSC 62	6,52	
	BSC 63	4,84	
	BSC 64	4,11	
	BSC 65	4,69	
0,7%	BSC 71	5,18	5,53
	BSC 72	5,71	
	BSC 73	4,20	
	BSC 74	7,60	
	BSC 75	4,97	

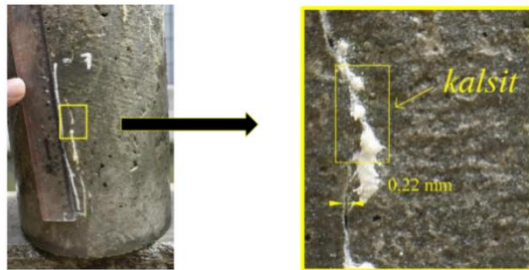
Pengujian kuat tarik belah dan kuat tekan benda uji tanpa retak pada umur 28 hari pasca pemberian retak, peneliti juga melakukan pengujian kuat tarik belah ultimit pada benda uji beton kontrol. Hasil pengujian akan ditampilkan dalam Tabel 5.

Tabel 5 Nilai Kuat Tarik Belah Ultimate

Variasi Bakteri	Nama Benda Uji	Kuat Tarik Belah Ultimit (Mpa)	Rata-rata
0%	B01UB	5,57	5,35
	B02UB	5,39	
	B03UB	5,09	

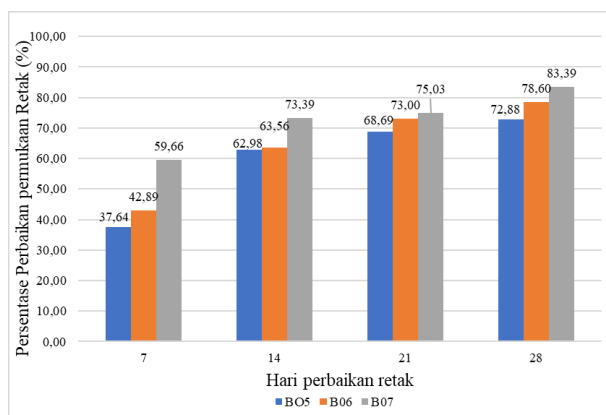
Masa pemulihan benda uji dilakukan dengan cara perendaman selama 28 hari, dalam penelitian ini dilakukan pengamatan untuk mengetahui keberhasilan kemunculan kalsit sebagai produk dari reaksi yang terjadi dan perbaikan penutupan permukaan retak pada benda uji tersebut. Benda uji diamati secara visual untuk melihat kondisi perkembangan kalsit dalam hal menutup retak setiap 1 minggu (7 hari) selama 28 hari perendaman pasca pemberian retak. Setelah 28 hari terlihat kemunculan kalsit. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan,

kemunculan kalsit yang menutup permukaan retak pada benda uji dengan variasi jumlah bakteri yang berbeda mengalami progres perbaikan yang berbeda pula pada setiap minggunya. Secara visual perkembangan kalsium karbonat (CaCO_3) diperlihatkan pada Gambar 10.



Gambar 10 Hasil Pemulihan Permukaan (a) Benda Uji Pasca Pemulihan (b) Kalsit Sebagai Produk Pemulihan

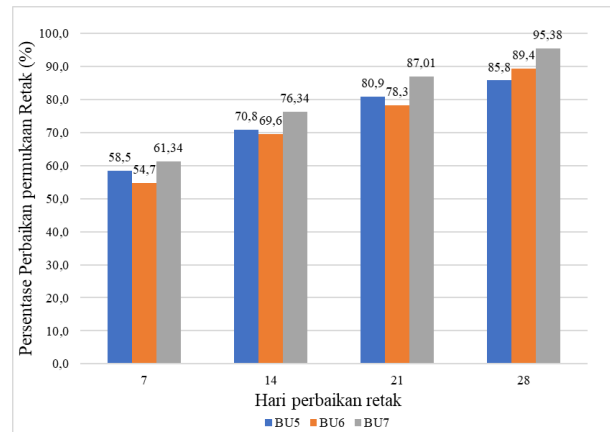
Berdasarkan hasil pengamatan pada beton mutu tinggi dengan tambahan bakteri, persentase perbaikan retak pada beton paling tinggi hingga terendah pada 28 hari perbaikan terjadi pada benda uji berturut-turut adalah benda uji dengan persentase bakteri *solibacillus* 0,7% yaitu sebesar 83,39%, benda uji dengan persentase bakteri 0,6% yaitu sebesar 78,6%, dan benda uji dengan persentase bakteri 0,5% yaitu sebesar 72,88%, grafik perbaikan retakan oleh kalsit dapat dilihat Gambar 11.



Gambar 11 Grafik Perbaikan Retakan oleh Kalsit dengan Bakteri *Solibacillus* sp

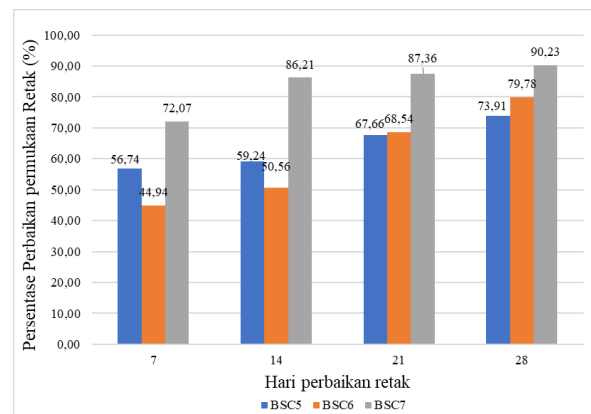
Benda uji dengan persentase bakteri *bacillus* 0,7% yaitu sebesar 95,38%, benda uji dengan persentase bakteri 0,6% yaitu sebesar 89,4%, dan benda uji dengan persentase bakteri 0,5% yaitu sebesar 85,8%, grafik perbaikan retakan oleh kalsit dapat dilihat Gambar 12.

Benda uji dengan persentase bakteri *staphylococcus* 0,7% yaitu sebesar 90,23%, benda uji dengan persentase bakteri 0,6% yaitu sebesar 79,78%, dan



Gambar 12 Grafik Perbaikan Retakan oleh Kalsit dengan Bakteri *Bacillus* sp

benda uji dengan persentase bakteri 0,5% yaitu sebesar 73,91%, grafik perbaikan retakan oleh kalsit dapat dilihat Gambar 13.

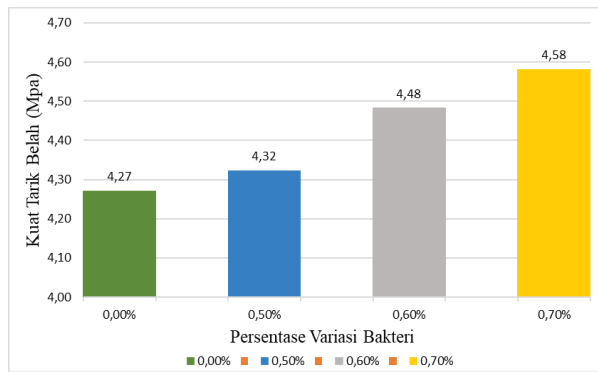


Gambar 13 Grafik Perbaikan Retakan oleh Kalsit dengan Bakteri *Staphylococcus* sp

Terkait nilai kuat tarik belah beton, dari hasil pengujian didapatkan nilai kuat tarik belah beton dengan campuran enkapsulasi bakteri *solibacillus* sp dari tertinggi ke terendah berturut turut adalah benda uji dengan persentase bakteri 0,7% sebesar 4,58 MPa, benda uji dengan persentase bakteri 0,6% sebesar 4,48 MPa, benda uji dengan persentase bakteri 0,5% sebesar 4,32 MPa, dan benda uji dengan persentase bakteri 0,0% sebesar 4,27 MPa.

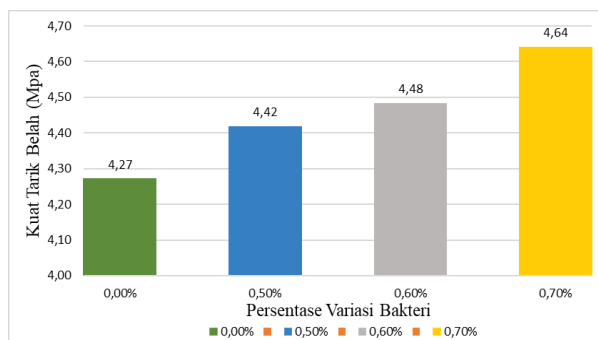
Nilai kuat tarik belah beton dengan campuran enkapsulasi bakteri *bacillus* sp dari tertinggi ke terendah berturut turut adalah benda uji dengan persentase bakteri 0,7% sebesar 4,64 MPa, benda uji dengan persentase bakteri 0,6% sebesar 4,48 MPa, dan benda uji dengan persentase bakteri 0,5% sebesar 4,42 MPa.

Nilai kuat tarik belah beton dengan campuran enkapsulasi bakteri *staphylococcus* sp dari tertinggi ke terendah berturut turut adalah benda uji dengan



Gambar 14 Grafik Perbaikan Retakan oleh Kalsit dengan Bakteri *Solibacillus* sp

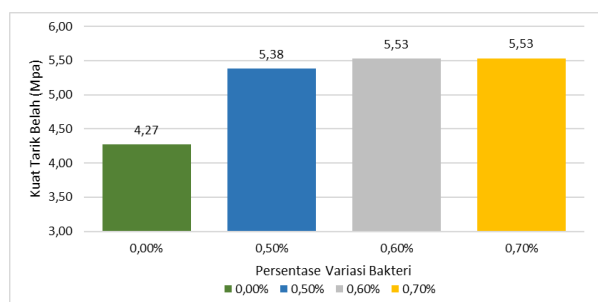
persentase bakteri 0,7% sebesar 5,53 MPa, benda uji dengan persentase bakteri 0,6% sebesar 5,53 MPa, dan benda uji dengan persentase bakteri 0,5% sebesar 5,38 MPa.



Gambar 15 Grafik Perbaikan Retakan oleh Kalsit dengan Bakteri *Bacillus* sp

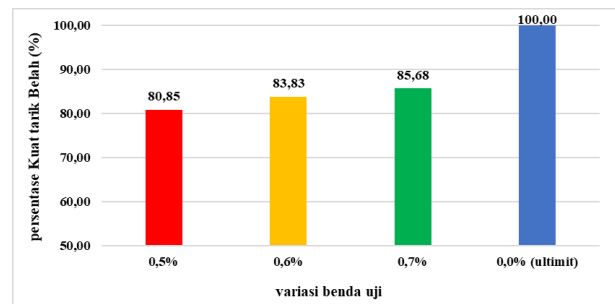
Pada hasil penelitian terjadi peningkatan nilai kuat tarik belah pada persentase 0,7% bakteri. Hal tersebut bisa disebabkan karena perkembangan kalsit sangat baik, disebabkan oleh pengisian pori-pori dan rongga di dalam beton mutu tinggi oleh pengendapan mineral yang dibentuk oleh aktivitas bakteri, sehingga pori-pori pada beton mikro menjadi padat.

Berdasarkan nilai kuat tarik belah yang didapat, peneliti melakukan perhitungan rasio perbaikan kuat tarik belah benda uji dengan campuran bakteri terhadap kuat tarik belah ultimit beton kontrol. Dari



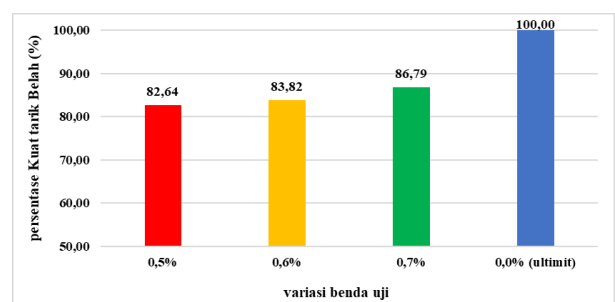
Gambar 16 Grafik Perbaikan Retakan oleh Kalsit dengan Bakteri *Staphylococcus* sp

hasil perhitungan didapat besar perbaikan benda uji pasca pemulihan retak dengan memakai bakteri *solibacillus* sp, hingga hari ke 28 mampu mengalami perbaikan lebih dari 80% terhadap kuat tarik belah ultimit beton kontrol. Bahkan pada benda uji dengan variasi bakteri 0,7% mengalami perbaikan mencapai 85,68%. Hal ini membuktikan bahwa penambahan enkapsulasi bakteri berpengaruh terhadap perbaikan nilai kuat tarik belah, meskipun tidak mencapai pada kondisi ultimit 100%. Dapat dilihat pada Gambar 17.



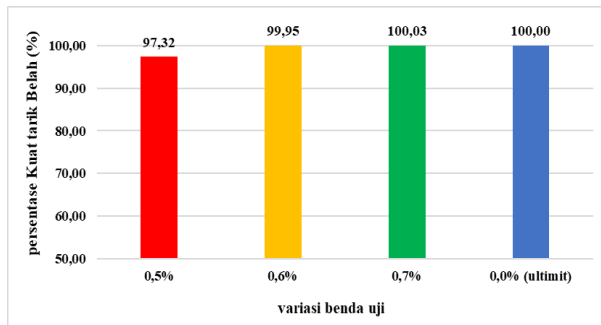
Gambar 17 Grafik Persentase Kuat Tarik Belah dengan Beban Ultimit Bakteri *Solibacillus*

Dari hasil perhitungan didapat besar perbaikan benda uji pasca pemulihan retak dengan memakai bakteri *bacillus* sp, hingga hari ke 28 mampu mengalami perbaikan lebih dari 80% terhadap kuat tarik belah ultimit beton kontrol. Bahkan pada benda uji dengan variasi bakteri 0,7% mengalami perbaikan mencapai 86,79%. Hal ini membuktikan bahwa penambahan enkapsulasi bakteri berpengaruh terhadap perbaikan nilai kuat tarik belah, meskipun tidak mencapai kondisi ultimit 100%. Dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18 Grafik Persentase Kuat Tarik Belah dengan Beban Ultimit Bakteri *Bacillus*

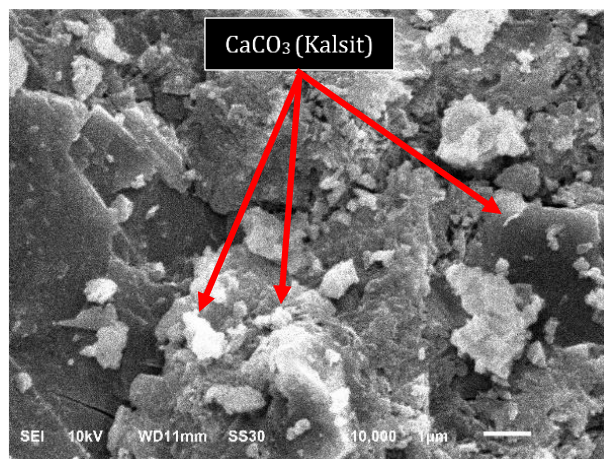
Dari hasil perhitungan didapat besar perbaikan benda uji pasca pemulihan retak dengan memakai bakteri *staphylococcus* sp, hingga hari ke 28 mampu mengalami perbaikan lebih dari 100% terhadap kuat tarik belah ultimit beton kontrol. Bahkan pada benda uji dengan variasi bakteri 0,7% mengalami perbaikan mencapai 100,03%. Hal ini membuktikan bahwa penambahan enkapsulasi bakteri berpengaruh terhadap perbaikan nilai kuat tarik belah, melebihi kondisi ultimit 100%. Dapat dilihat pada Gambar 19.



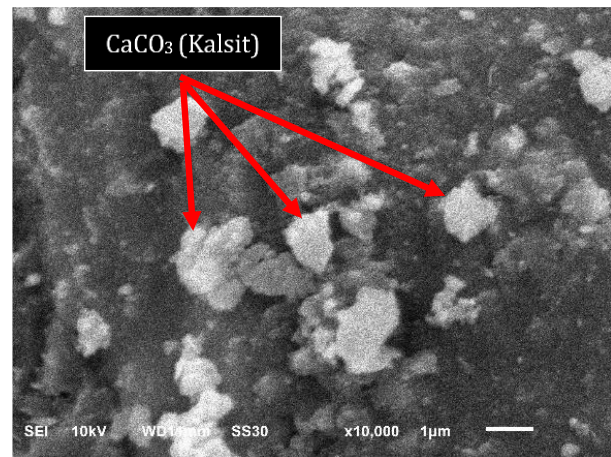
Gambar 19 Grafik Persentase Kuat Tarik Belah dengan Beban Ultimit Bakteri *Staphylococcus*

Pengendapan kalsium dalam beton yang dicampurkan 3 bakteri yaitu *solibacillus* sp, *bacillus* sp, dan *staphylococcus* sp dengan hasil analisis SEM. Berdasarkan Gambar 20, Gambar 21, dan Gambar 22 bakteri ditemukan dalam kontak yang dekat dengan kristal kalsit. Pada pengamatan lebih dekat, ditemukan bakteri berbentuk batang yang berhubungan dengan kristal kalsit. Kehadiran kristal kalsit ini berfungsi sebagai penghalang masuknya zat berbahaya dan meningkatkan impermeabilitasnya. (Achal, dkk, 2011). Penambahan bakteri ke dalam beton dapat memperbaiki struktur mikro beton melalui pengendapan mineral. Hal tersebut telah diverifikasi oleh analisis SEM, dengan penambahan konsentrasi 3 bakteri *solibacillus* sp, *bacillus* sp, dan *staphylococcus* sp sebesar $1,5 \times 10^8$ CFU/ml.

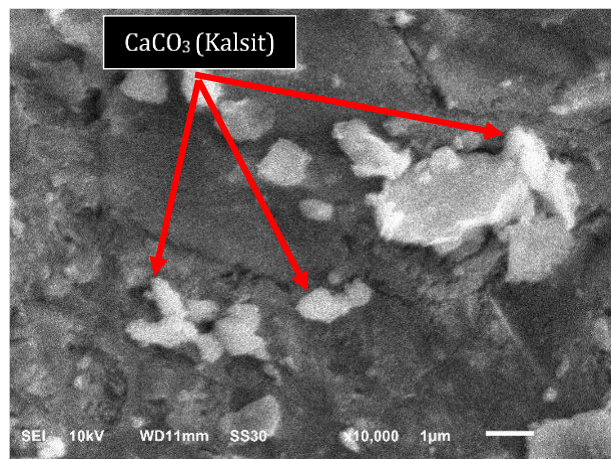
Kekuatan beton sehingga meningkat dengan adanya penambahan bakteri, akibat pengendapan kalsium karbonat di pori-pori dan hal ini dikonfirmasi dengan menggunakan citra SEM, melaporkan bahwa endapan kalsium karbonat dalam retakan sampel uji dikonfirmasi oleh hasil yang diperoleh dengan menggunakan mikrostruktur sehingga dapat diketahui penurunan penyerapan air serta permeabilitas klorida.



Gambar 20 Morfologi Hasil Uji SEM dengan Bakteri *Solibacillus* sp



Gambar 21 Morfologi Hasil Uji SEM dengan Bakteri *Bacillus* sp



Gambar 22 Morfologi Hasil Uji SEM dengan Bakteri *Staphylococcus* sp

KESIMPULAN

Telah terbukti bahwa penggunaan bakteri dalam proses penyegelan keretakan pada beton berjalan efektif. Terdapat berbagai jenis bakteri yang dapat digunakan untuk menyegel keretakan mikro. Penggunaan bakteri sebagai agen *self-healing* berpengaruh positif karena dapat meningkatkan kuat tarik belah, mengurangi penyerapan air, dan menurunkan permeabilitas beton. Analisa mikrostruktur menunjukkan bahwa beton mikroba dapat menjadi alternatif solusi keretakan pada beton yang hemat biaya, ramah lingkungan, dan pada akhirnya mengarah pada peningkatan keawetan bahan bangunan.

Penambahan enkapsulasi dengan 3 variasi bakteri berpengaruh terhadap nilai kuat tarik belah beton mutu tinggi. Nilai kuat tarik belah optimum didapatkan pada beton mutu tinggi bakteri *staphylococcus* dengan rata-rata 5,48 MPa. Penambahan enkapsulasi bakteri juga mampu

meningkatkan nilai perbaikan kuat tarik belah terhadap nilai kuat tarik belah ultimit diatas 100%. Nilai perbaikan kuat tarik belah tertinggi dihasilkan oleh variasi bakteri *staphylococcus* dengan rata-rata 99%.

Penambahan enkapsulasi bakteri dalam beton mutu tinggi mampu memperbaiki keretakan pada beton mutu tinggi. Penggunaan enkapsulasi 3 variasi bakteri yaitu *solibacillus*, *bacillus*, dan *staphylococcus*, menggunakan tanah diatomae dengan jumlah bakteri yang lebih banyak memiliki progres perbaikan yang lebih baik pula. Dimana nilai progres perbaikan keretakan pada hari ke-28 oleh 3 variasi bakteri dari presentase bakteri 0,7% yang paling tertinggi hingga terendah terjadi pada bakteri *bacillus* dengan 95,38%, bakteri *staphylococcus* dengan 90,25%, dan bakteri *solibacillus* dengan 83,39%.

Berdasarkan hasil penelitian ini akan diberikan beberapa saran untuk kedepannya agar mampu dikembangkan lebih baik lagi oleh peneliti yang lain dan dapat menjadi contoh untuk penelitian yang berkenaan dengan topik ini. Perlu dilakukan perendaman yang lebih lama untuk mengetahui pengaruh kuat tekan atau kuat tarik belah. Saran kedepannya menambahkan tulangan untuk mlihat sifat susut, korosi dan karbonasi beton. Untuk peneliti selanjutnya diharapkan mempunyai inovasi lebih baik pada metode pencampuran enkapsulasi kedalam benda uji, sehingga penelitian kedepannya mendapatkan peningkatan lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Syiah Kuala atas dukungan finansialnya. Juga kepada Dr. Ir. Teuku Budi Aulia, S.T.Dipl,Ing, atas bimbingannya dan Dr. Ir. Yunita Idris, ST. M.Eng.Structure. yang telah memberikan kontribusi positif dalam penelitian ini. Semoga penelitian ini memberikan manfaat.

DAFTAR PUSTAKA

Achal, V., Pan, X., and Özyurt, N. (2011). "Improved strength and durability of fly ash-amended concrete by
Bharathi, N. (2014). Calcium Carbonate Precipitation with Growth Profile of Isolated Ureolytic Strains. International Journal of Science and Research, 3(9), 2045–2049.
Chuo, S. C., Mohamed, S. F., Setapar, S. H. M., Ahmad, A., Jawaid, M., Wani, W. A., Yaqoob, A. A., & Ibrahim, M. N. M. (2020). Insights into the current trends in the utilization of bacteria for microbially induced calcium carbonate

precipitation. Materials, 13(21), 1–28. <https://doi.org/10.3390/ma13214993>
DeBelie, W.DeMuynck. (2008). Crack repair in concrete using biodeposition, International conference on concrete repair, rehabilitation and retrofitting, 24–26 November, Cape Town, South Africa.
Depaa, R. A. B., & Felix Kala, T. (2015). Experimental investigation of self healing behavior of concrete using Silica fume and GGBFS as mineral admixtures. Indian Journal of Science and Technology, 8(36).
Fitri, L., Aulia, T. B., Fauzi, A., & Kamil, G. A. (2023). Characterization and screening of urease activity of ureolytic bacteria from landfills soil in Banda Aceh, Indonesia. Biodiversitas, 24(2),910–915. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240229>
Ginting, A. (2019). Perbandingan Peningkatan Kuat Tekan dengan Kuat Lentur pada Berbagai Umur Beton. Jurnal Teknik Sipil, 7(2), 110–125.
Habehan J. (2021). Kuat Tekan Beton Pulih Mandiri (Self-Healing Concrete) Menggunakan Bakteri Bacillus Subtilis Dengan Beberapa Metode Perawatan. Universitas Sriwijaya
Haibaho, A., Sugiarto, A., Dewi, P. (2020). Jurusan, D., Sipil, T., & Malang, P. N. (n.d.). Prokons: Jurnal Teknik Sipil Studi Kelayakan Material Gunung Daerah Aliran Sungai Arah Malang-Kota Batu Dalam Penggunaannya Sebagai Salah Satu Material Beton.
<https://doi.org/10.17485/ijst/2015/v8i36/87644>
Huynh, N. N. T., Phuong, N. M., Toan, N. P. A., & Son, N. K. 2017. Bacillus Subtilis HU58 Immobilized in Micropores of Diatomite for Using in Self-healing Concrete. Procedia Engineering, 171, 598–605.
Intarasoontron, J., Pungrasmi, W., Nuaklong, P., Jongvivatsakul, P., & Likitlersuang, S. (2021). Comparing performances of MICP bacterial vegetative cell and microencapsulated bacterial spore methods on concrete crack healing. Construction and Building Materials, 302. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124227>
Jonkers, H. M. (2007). Self Healing Concrete: A Biological Approach.
Khaliq, W., & Ehsan, M. B. (2016). Crack healing in concrete using various bio influenced self-healing techniques. Construction and Building Materials, 102, 349–357.
Kristianingrum, S., & Sulastri, S. (2008). Pengaruh Berbagai Asam Terhadap Daya Adsorpsi Ion Kromium (Iii) Dan Kromium (Vi) Pada Tanah Diatomae. Jurnal Penelitian Saintek, 13(1), 77–94.
Pachaiyannan, P., Hariharasudhan, C., Mohanasundram, M., & Anitha Bhavani, M. (2020). Experimental anaylsis of self-healing properties of bacterial concrete. Materials Today:

- Proceedings, 33, 3148–3154.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.03.782>
- Renaldo Glantino Regar, Marthin D. J. Sumajouw, Servie O. Dapas. (2014). Nilai kuat tarik belah beton dengan variasi ukuran dimensi benda uji. Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado. Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.5
- Rohini, I., & Padmapriya, R. (2020). Effect of bacteria subtilis on e-waste concrete. Materials Today: Proceedings, 42, 465–474.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.192>
- Tziviloglou, E.; Wiktor, V.; Jonkers, H. M.; & Schlangen, E. (2016), “Bacteria-based Self-Healing Concrete to Increase Liquid Tightness”, Construction and Building Materials, Vol. 122, hlm. 118-125.
- Vijay, K., Murmu, M., & Deo, S. V. (2017). Bacteria based self healing concrete – A review. Construction and Building Materials, 152, 1008–1014.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.07.040>
- Wang, J. Y., Van Tittelboom, K., De Belie, N., & Verstraete, W. (2010). Potential of applying bacteria to heal cracks in concrete. 2nd International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies, 1807–1818.
- Wirma, R., Kurniawandy, A., Jurusan, M., Sipil, T., Teknik, F., & Riau, U. (2016). Sifat Mekanis Beton Akibat Pengaruh Steel Slag Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus dengan Agregat Lokal Riau. In Jom FTEKNIK (Vol. 3, Issue 2).

Kumpulan Abstrak

DDC : 620. 136

Alepu, Andi, Teuku Budi Aulia, Yunita Idris

Optimasi Kekuatan Tarik Belah Beton Mutu Tinggi Melalui Peningkatan Efektivitas Bakteri Pada *Self-Healing Concrete*

Beton mutu tinggi memiliki kekuatan tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton biasa, menjadikannya pilihan ideal untuk struktur bangunan yang menopang beban besar seperti gedung tinggi, jembatan, dan menara. Namun, kelemahan beton terletak pada sifatnya yang rentan terhadap tarik, dapat menyebabkan retakan mikro yang berpotensi berkembang menjadi retakan makro tanpa terdeteksi. Untuk mengatasi masalah ini, muncul inovasi berupa *Self-Healing Concrete* (SHC), di mana bakteri seperti *solibacillus*, *bacillus*, dan *staphylococcus* ditambahkan ke dalam campuran beton. Bakteri ini menghasilkan senyawa yang membentuk endapan kalsium karbonat (CaCO_3), secara mandiri menutupi retakan mikro melalui metabolismenya. Penelitian ini bertujuan meningkatkan umur beton dan keamanan struktur dengan menambahkan bakteri pada campuran beton. Pengujian menggunakan silinder berukuran diameter 15 cm x tinggi 30 cm dengan retakan awal diberikan setelah 7 hari perendaman dan kekuatan tekan mencapai 30 MPa, sehingga 80% dari kuat tekan beton rencana f'_c 50 MPa. Pengujian akan dilakukan pada hari ke 28. Hasil pengujian kuat tarik belah yang menggunakan bakteri *solibacillus* dengan rata-rata 4,46 MPa, bakteri *bacillus* dengan rata-rata 4,51 MPa, dan bakteri *staphylococcus* dengan rata-rata 5,48 MPa. Hasil pengujian SEM menggambarkan substansi batang yang terkait dengan kristal kalsit pada setiap sampel beton bakteri. Penggunaan bakteri sebagai agen self-healing memberikan dampak positif dengan peningkatan kuat tarik belah, pengurangan penyerapan air, dan penurunan permeabilitas beton.

Kata kunci: Beton mutu tinggi, *solibacillus sp.*, *bacillus sp.*, *staphylococcus sp.*, kuat tarik belah, *self-healing concrete*

DDC : 720.47

Heston, Yudha Pracastino, Mariana Wulandari, Rizky Citra Islami, Dimas Hastama Nugraha, Lusman Sulaiman

Penyesuaian Ruang Pada Rumah Tinggal Pasca Pandemi Covid-19 Di Semarang

Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 2, November 2024, hal.: 77 – 84

Pandemi Covid-19 ditemukan pertama kali merebak di Indonesia, pada bulan Maret 2020. Rumah menjadi benteng terhadap serangan pandemi Covid-19, untuk menghindari penularan akibat interaksi langsung dengan orang lain. Penelitian dilakukan untuk menjawab pertanyaan penelitian: Dengan mempertimbangkan perubahan kondisi internal dan eksternal dari bangunan, penyesuaian seperti apa yang paling optimal untuk rumah tinggal? Metode penelitian yang digunakan adalah eksploratif yaitu penelitian yang bertujuan untuk memetakan obyek secara relatif mendalam. Penelitian dilakukan di Kota Semarang. Hasil analisis menunjukkan bahwa perubahan ruang dalam rumah akibat pandemi Covid-19 dipengaruhi oleh variabel seperti jumlah penghuni, luas bangunan, riwayat Covid-19 keluarga, jumlah fasilitas sanitasi, dan aktivitas bekerja dari rumah. Faktor signifikan terbesar adalah kondisi bekerja atau sekolah dari rumah. Kelompok rentan, seperti lansia, bayi, dan difabel, merasakan ketidaknyamanan akibat perubahan ini. Kebutuhan utama kelompok rentan adalah kamar mandi terpisah dengan sirkulasi udara yang baik dan ruang luas untuk anak-anak bermain. Formasi ruangan yang direkomendasikan mencakup kamar mandi dekat ruang tidur atau kamar mandi dalam, dengan setiap 2 kamar tidur memiliki 1 kamar mandi. Perlunya penyesuaian pada regulasi terkait Bangunan Gedung Hijau seperti Peraturan Pemerintah No. 16 Tahun 2021 dan Permen PUPR No. 21 Tahun 2021 juga ditekankan, untuk memperhatikan aspek kenyamanan, aksesibilitas, keselamatan, dan kesehatan dalam rumah.

Kata kunci: Pandemi, Covid-19, Semarang, rumah, ruang

DDC : 620.136

Khair, M. Nuril, Teuku Budi Aulia, dan Yunita Idris

Pemanfaatan Bakteri Ureolitik Pada Beton Mutu Tinggi Untuk Menutup Keretakan Akibat Kuat Tekan

Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 2, November 2024 hal.: 98 – 106

Beton mutu tinggi merupakan pilihan utama untuk menangani beban tekan pada struktur bangunan kompleks seperti gedung tinggi, jembatan, bendungan, dan pelabuhan. Tekanan yang tinggi pada beton mutu tinggi dapat menyebabkan kerapuhan dan retakan. Salah satu solusi untuk memperbaiki retakan adalah dengan menambahkan bakteri yang dapat menghasilkan mineral melalui proses mikroba. Penelitian ini menggunakan bakteri ureolitik yaitu *genus Staphylococcus* (BSC), *Bacillus* (BB), dan *Solibacillus* (BBB). Setiap genus bakteri diuji dengan variasi 0,5%, 0,6%, dan 0,7%, dengan masing-masing 5 benda uji untuk setiap variasi dan 3 benda uji kontrol, total 48 benda uji. Setelah perawatan selama 7 hari, benda uji diberi beban untuk mendapatkan keretakan sebesar 26 MPa. Setelah keretakan terbentuk, dilakukan pengamatan pertumbuhan kalsit selama 7 hari berturut-turut selama 28 hari. Kuat tekan rata-rata beton terbesar yaitu pada benda uji BB variasi (0,6%). Pertumbuhan kalsit terbaik terjadi pada variasi 0,6% untuk *genus Solibacillus* (BBB1), *genus bacillus* (BB1) dengan variasi 0,6% dan 0,5% untuk *genus Staphylococcus* (BSC1). Analisis FTIR menunjukkan bahwa benda uji dengan bakteri *Bacillus* variasi 0,6% (BB1) dan *Solibacillus* variasi 0,6% (BBB1) memiliki serapan cahaya inframerah tinggi, sementara benda uji dengan *Staphylococcus* variasi 0,5% (BSC1) memiliki serapan cahaya lebih rendah. Ini menunjukkan kinerja lebih baik dari sampel tersebut.

Kata kunci: *Solibacillus*, *bacillus*, *staphylococcus*, kuat tekan, gugus fungsi.

DDC : 720.47

Muka, I Wayan

Model Penilaian Kriteria Bangunan Gedung Hijau Pembangunan Vila Di Kabupaten Badung

Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 2, November 2024, hal.: 63 – 76

Perkembangan wilayah Bali semakin pesat, khususnya pembangunan akomodasi yang mendukung pariwisata, seperti vila dan hotel. Namun, pembangunan berkelanjutan telah berdampak negatif terhadap lingkungan sekitar proyek, termasuk pengurangan ruang hijau dan akumulasi limbah konstruksi. Banyak dari perkembangan ini telah mengabaikan peraturan pemerintah yang telah diberlakukan. Usaha konstruksi di Kabupaten Badung dituntut untuk menerapkan konsep *Green Building*, namun masih banyak kendala yang menghambat pelaksanaannya. Hasilnya, penelitian dilakukan untuk mengetahui tingkat kepatuhan terhadap Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 21 Tahun 2021, hambatan penerapan Bangunan Gedung Hijau, dan strategi penanggulangan tersebut. Metode penelitian yang digunakan adalah kuesioner yang dibagikan ke 13 proyek vila di Kabupaten Badung, Provinsi Bali, sehingga menghasilkan total 39 responden. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi Bangunan Hijau di Kabupaten Badung, Provinsi Bali, memiliki tingkat persentase sebesar 64,24% dan tergolong dalam kategori menengah BGH. Penilaian kriteria bangunan hijau dan kurangnya jangkauan dari pemerintah mengenai penghematan energi dan penggunaan bahan ramah lingkungan diidentifikasi sebagai hambatan utama untuk menerapkan Bangunan Hijau.

Kata kunci: Vila, bangunan gedung hijau, lingkungan, konstruksi hijau, Kabupaten Badung

DDC:

363.5

Rosa, yulinda

Studi Pemetaan Sistematis Karir Perumahan Studi Kasus: Kota Yogyakarta

Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 2, November 2024 hal.: 85 – 97

Proporsi pengeluaran tertinggi rumah tangga adalah dana untuk perumahan, sehingga efisiensi dalam penyediaan perumahan perlu dilakukan melalui penyediaan tempat tinggal yang tepat, pada waktu yang tepat dan dengan orang yang tepat, sehingga tidak terjadi kekosongan rumah, salah satunya melalui penerapan konsep *Housing Career*. *Backlog* perumahan saat ini semakin meningkat, meskipun beberapa program subsidi perumahan telah dilaksanakan, salah satu permasalahannya adalah ketidaksesuaian antara permintaan perumahan dinamis dengan pasokan perumahan statis saat ini. Tujuan dari artikel ini adalah untuk mengidentifikasi, mengklasifikasikan, dan melakukan analisis tematik dari literatur saat ini untuk menciptakan pemahaman tentang karir perumahan. Metode *systematic mapping study* (SMS) digunakan untuk mengkaji penelitian yang telah dipublikasikan dari waktu ke waktu. Dengan menggunakan metode ini fokus, lokus, jenis penelitian, mengandalkan pemetaan database elektronik Scopus. Selanjutnya diberikan gambaran *housing career* di Indonesia berdasarkan data sampling skala kota.

Kata kunci: Penyediaan perumahan, *Systematic Mapping Studi*, *housing career*, beberapa negara, studi kasus, Kota Yogyakarta

Jurnal Permukiman

Volume 19 No. 2, November 2024

ISSN : 1907 – 4352

E-ISSN : 2339 – 2975

Abstract

DDC : 620.136

Alepu, Andi, Teuku Budi Aulia, Yunita Idris

The Improvement of the Tensile Strength of High-Strength Concrete through the Optimization of Bacteria in Self-Healing Concrete

Jurnal Permukiman Vol. 18 No. 2, November 2023 p.: 107 – 118

High-strength concrete has a higher compressive strength compared to regular concrete, making it an ideal choice for structures that bear heavy loads, such as tall buildings, bridges, and towers. However, the weakness of concrete lies in its susceptibility to tensile forces, leading to the development of microcracks that may potentially evolve into macrocracks without detection. To address this issue, an innovation known as Self-healing Concrete (SHC) has emerged, wherein bacteria such as solibacillus, bacillus, and staphylococcus are added to the concrete mix. These bacteria produce compounds that form calcium carbonate (CaCO₃) deposits, autonomously closing microcracks through their metabolism. This research aims to enhance the lifespan of concrete and the safety of structures by incorporating bacteria into the concrete mix. Testing was conducted using cylinders with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm, with initial cracks introduced after 7 days of immersion and compressive strength reaching 30 MPa, which is 80% of the planned compressive strength of 50 MPa. Testing was performed on day 28. The results of the split tensile strength tests using solibacillus bacteria showed an average of 4.46 MPa, bacillus bacteria with an average of 4.51 MPa, and staphylococcus bacteria with an average of 5.48 MPa. Scanning Electron Microscopy (SEM) results depicted substances related to calcite crystals in each bacterial concrete sample. The use of bacteria as a self-healing agent has a positive impact, including increased split tensile strength, reduced water absorption, and decreased concrete permeability.

Keywords: High-strength concrete, solibacillus sp., bacillus sp., staphylococcus sp., split tensile strength, self-healing concrete

DDC : 720.47

Heston, Yudha Pracastino, Mariana Wulandari, Rizky Citra Islami, Dimas Hastama

Nugraha, Lusman Sulaiman

Dwelling Space Adjustment Post-Covid-19 Pandemic in Semarang

Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 2, November 2024 p.: 77 – 84

The Covid-19 pandemic has an initial outbreak in Indonesia, in March 2020. Homes have emerged as strongholds against the spread of Covid-19, aiming to minimize transmission through interpersonal interactions. This study seeks to address a fundamental question: What are the most effective adjustments to residential homes considering the changing internal and external conditions prompted by the pandemic? Employing an exploratory research method, the study was conducted in Semarang City. Analysis reveals that alterations in home spaces due to the pandemic are influenced by various factors including the number of occupants, building size, family history of Covid-19, sanitation facilities, and remote work arrangements. The most significant factor found was the adoption of remote work or schooling. Vulnerable groups such as the elderly, infants, and individuals with disabilities experienced discomfort due to these changes. The primary needs identified for these vulnerable groups include separate bathrooms with adequate ventilation and spacious areas for children's activities. Recommended room configurations include placing bathrooms near bedrooms or incorporating en-suite bathrooms, with each 2 bedrooms sharing 1 bathroom. Furthermore, adjustments in Green Building regulations such as Government Regulation No. 16 of 2021 and Ministerial Regulation PUPR No. 21 Tahun 21 are essential to address comfort, accessibility, safety, and health considerations within homes.

Keywords: Pandemic, Covid-19, Semarang, home, space

DDC: 620.136

Khair, M. Nuril, Teuku Budi Aulia, dan Yunita Idris

Utilization of Ureolytic Bacteria in High Quality Concrete to Cover Cracks Due to Compressive Strength

Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 2, November 2024 p.: 98 – 106

High quality concrete is the primary choice for handling compressive loads in complex building structures such as tall buildings, bridges, dams, and ports. High pressure on high-quality concrete can lead to brittleness and cracking. One solution to improve cracking is by adding bacteria that can produce minerals through microbial processes. This research utilizes ureolytic bacteria, namely the genus *Staphylococcus* (BSC), *Bacillus* (BB), and *Solibacillus* (BBB). Each genus of bacteria was tested with variations of 0.5%, 0.6%, and 0.7%, with 5 test specimens for each variation and 3 control specimens, totaling 48 test specimens. After treatment for 7 days, the test specimens were subjected to a load to induce cracking of 26 MPa. After the cracks formed, observations of calcite growth were made for 7 consecutive days over 28 days. The highest average compressive strength of concrete was found in the BB variation (0.6%). The best calcite growth occurred at the 0.6% variation for *Solibacillus* genus (BBB1), the 0.6% and 0.5% variations for *Bacillus* genus (BB1), and the 0.5% variation for *Staphylococcus* genus (BSC1). FTIR analysis indicates that the test specimens with *Bacillus* bacteria at the 0.6% variation (BB1) and *Solibacillus* at the 0.6% variation (BBB1) exhibited high infrared light absorption, while the test specimens with *Staphylococcus* at the 0.5% variation (BSC1) showed lower light absorption. This demonstrates the better performance of those samples.

Keywords: *Solibacillus*, *bacillus*, *staphylococcus*, compressive strength, functional groups.

DDC : 720.47

Muka, I Wayan

Green Building Criteria Assessment Villa Development Model In Badung Regency

Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 2, November 2024 p.: 63 – 76

Pantai Labu Subdistrict, North Sumatra, faces waste management problems affecting health and the ecosystem. Sustainable solutions are required to address this issue. Research shows that black soldier fly (BSF) larvae are proven to be effective in processing organic waste. This study aims to identify what factors motivate the community to process waste. Using SPSS software, we analyzed 10 questions to identify the main influencing factors. The results reveal waste management planning, community urgency, and current knowledge. These factors are crucial for raising awareness in waste management and the development of BSF project management. Community-Based Waste Management System is considered an alternative solution in Pantai Labu. By understanding these factors, we can implement better and more appropriate BSF-based composting waste management solutions in the area.

Keywords: Pantai Labu, waste management, factor analysis, composting, black soldier fly

DDC : 363.5

Rosa, Yulinda

Housing Career Systematic Mapping Study (SMS) Case Study: Yogyakarta City

Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 2, November 2024 p.: 85 – 97

The highest proportion of family spending. Efficiency in the provision of housing needs to be done through the provision of the right place to live, at the right time, and with the right people, so that there are no vacancies in the house, one of which is through the application of the Housing Career concept. The housing backlog is currently increasing, and although several housing subsidy programs have been implemented, one of the problems is the mismatch between dynamic housing demand and the current static housing supply. The purpose of this article is to identify, classify, and perform thematic analysis of the current literature to create an understanding of residential careers. The systematic mapping study (SMS) method is used to review research that has been published from time to time. By using this method the fokus, locus, type of research, relying on the Scopus electronic database mapping. Furthermore, an overview of housing careers in Indonesia is given based on city-scale sampling data.

Keywords: Housing provision, Systematic Mapping Studi, housing career, case study, Yogyakarta City.

Indeks Subjek / *Subject Index*

A

Adaptasi, 80, 81
Aktivitas, 77, 81, 82, 83, 107, 114, 118

B

Bacillus, 97, 98, 104, 106, 107, 109, 113, 114, 115, 116, 118, 119, 121, 122
Backlog, 85, 122
Bangunan Gedung Hijau (BGH), 63, 119
Beton Mutu Tinggi, 97, 106, 107, 118, 119

C

Covid-19, ii, iii, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 118, 121, 126, 127, 128, 129

D

Dinamis, iii, 78, 85, 86, 88, 93, 120
Distribusi, 64

E

Energi, 63, 73, 74, 75, 90, 99, 119
Enkapsulasi, 98, 100, 108, 109, 110, 113, 114, 115, 116
Enzim, 98, 107

F

Fasilitas, 74, 77, 86, 90, 118

G

Generasi, 87, 89, 90, 93
Geologis, 98

H

Hierarkis, 90
Housing Career, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 93, 94, 95, 96, 120, 122

I

Indikator, 63, 78, 82, 83, 98
Inovasi, iii, 98, 106, 116, 118

K

Komprehensif, 64, 78
Kuat Tarik Belah, 108, 109
Kuat Tekan, 97, 98, 109, 119

L

Likuiditas, 86
Lingkungan, iii, 63, 68, 72, 74, 75, 80, 86, 89, 91, 98, 100, 107, 108, 115, 119
Literatur, iii, 64, 85, 86, 89, 120

M

Mayoritas, 81, 82

P

Pandemi, iii, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 118
Penularan, 77, 78, 79, 81, 118
Penyediaan Perumahan, 85, 86, 87, 89, 90, 120
Populasi, 64, 65, 87, 93
Proporsi, 87, 100

R

Regulasi, 68, 76, 77, 86, 118
Relevansi, 64, 89
Risiko, 64, 79
Rumah Subsidi, 85

S

Scanning Electronic Microscope (SEM), 109, 111
School From Home (SFH), 80
Self-Healing, iii, 97, 99, 106, 107, 115, 116, 118, 121
Solibacillus, 97, 98, 99, 102, 103, 104, 107, 109, 110, 112, 113, 119, 122
staphylococcus, 97, 104, 106, 107, 109, 113, 114, 115, 116, 118, 119, 121, 122
Systematic Mapping Studi (SMS), 85, 120, 122

T

Teoritis, 88

U

Unik, 98

V

Variabel, 77, 78, 82, 83, 86, 118
Vila, ii, iii, 63, 66, 67, 119, 126

W

Work From Home (WFH), 80

Indeks Pengarang

- Ahda Mulyati**, Karakteristik Spasial Permukiman Topo Da'a di Dataran Rendah Sulawesi Tengah. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 Mei 2024, hal.: 23 – 31
- Amar**, Karakteristik Spasial Permukiman Topo Da'a di Dataran Rendah Sulawesi Tengah. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 Mei 2024, hal.: 23 – 31
- Andri Kurniawan**, Hubungan Antara Tingkat Kekumuhan dengan Kondisi Sosial Ekonomi Penghuni Permukiman Kumuh di Kelurahan Pasar Gunung Tua Kabupaten Padang Lawas Utara Sumatera Utara. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 Mei 2024, hal.: 32 – 44
- Benny Joy**, Pemilihan Sistem Air Limbah-Lumpur Tinja Komunal Menggunakan Analisis Kluster Hierarki. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 Mei 2024, hal.: 1 – 13
- Dimas Hastana Nugraha**, Penyesuaian Ruang Pada Rumah Tinggal Pasca Pandemi Covid-19 Di Semarang . JurnalPermukiman Vol. 19 No. 2 November 2024, hal.: 77 – 84
- Dinda Lestari**, Estimasi Emisi Metana (CH₄) di Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Kota Pekanbaru Menggunakan Dispersi AERMOD. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 Mei 2024, hal.: 14–22
- Elis Hastuti**, Pemilihan Sistem Air Limbah-Lumpur Tinja Komunal Menggunakan Analisis Kluster Hierarki. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 Mei 2024, hal.: 1 – 13
- Hani Putri**, Identifikasi Pola Permukiman dan Saluran Pemasaran Pertanian Komoditi Hortikultura di Kecamatan Suliki. JurnalPermukiman Vol. 19 No. 1 Mei 2024, hal.: 45 – 55
- I Wayan Muka**, Model Penilaian Kriteria Bangunan Gedung Hijau Pembangunan Vila Di Kabupaten Badung . JurnalPermukiman Vol. 19 No. 2 November 2024, hal.: 63 – 76
- Lusman Sulaiman**, Penyesuaian Ruang Pada Rumah Tinggal Pasca Pandemi Covid-19 Di Semarang . JurnalPermukiman Vol. 19 No. 2 November 2024, hal.: 77 – 84
- Lutfhia Mutu'ali**, Hubungan Antara Tingkat Kekumuhan dengan Kondisi Sosial Ekonomi Penghuni Permukiman Kumuh di Kelurahan Pasar Gunung Tua Kabupaten Padang Lawas Utara Sumatera Utara. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 Mei 2024, hal.: 32 – 44
- M. Nuril Khair**, Optimasi Kekuatan Tarik Belah Beton Mutu Tinggi Melalui Peningkatan Efektivitas Bakteri Pada *Self-Healing Concrete*. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 2 November 2024, hal.: 107 – 118
- M. Nuril Khair**, Pemanfaatan Bakteri Ureolitik Pada Beton Mutu Tinggi Untuk Menutup Keretakan Akibat Kuat Tekan. JurnalPermukiman Vol. 19 No. 2 November 2024, hal.: 98 – 106
- Mariana Wulandari**, Penyesuaian Ruang Pada Rumah Tinggal Pasca Pandemi Covid-19 Di Semarang. JurnalPermukiman Vol. 19 No. 2 November 2024, hal.: 77 – 84
- Muhamad Reza**, Identifikasi Pola Permukiman dan Saluran Pemasaran Pertanian Komoditi Hortikultura di Kecamatan Suliki. JurnalPermukiman Vol. 19 No. 1 Mei 2024, hal.: 45 – 55
- Nofia Rahmadani**, Estimasi Emisi Metana (CH₄) di Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Kota Pekanbaru Menggunakan Dispersi AERMOD. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 Mei 2024, hal.: 14–22
- Rizky Citra Islami**, Penyesuaian Ruang Pada Rumah Tinggal Pasca Pandemi Covid-19 Di Semarang . JurnalPermukiman Vol. 19 No. 2 November 2024, hal.: 77 – 84
- Rizqha S. Burano**, Identifikasi Pola Permukiman dan Saluran Pemasaran Pertanian Komoditi Hortikultura di Kecamatan Suliki. JurnalPermukiman Vol. 19 No. 1 Mei 2024, hal.: 45 – 55
- Selvia**, Estimasi Emisi Metana (CH₄) di Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Kota Pekanbaru Menggunakan Dispersi AERMOD. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 Mei 2024, hal.: 14–22
- Sri Fitria Retnawaty**, Estimasi Emisi Metana (CH₄) di Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Kota Pekanbaru Menggunakan Dispersi AERMOD. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 Mei 2024, hal.: 14–22

- Sri Mulyani** Estimasi Emisi Metana (CH₄) di Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Kota Pekanbaru Menggunakan Dispersi AERMOD. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 Mei 2024, hal.: 14–22
- Teguh Haria Aditia putra**, Identifikasi Pola Permukiman dan Saluran Pemasaran Pertanian Komoditi Hortikultura di Kecamatan Suliki. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 Mei 2024, hal.: 45 – 55
- Teuku Budi Aulia**, Optimasi Kekuatan Tarik Belah Beton Mutu Tinggi Melalui Peningkatan Efektivitas Bakteri Pada *Self-Healing Concrete*. JurnalPermukiman Vol. 19 No. 2 November 2024, hal.: 107 – 118
- Teuku Budi Aulia**, Pemanfaatan Bakteri Ureolitik Pada Beton Mutu Tinggi Untuk Menutup Keretakan Akibat Kuat Tekan. JurnalPermukiman Vol. 19 No. 2 November 2024, hal.: 98 – 106
- Ulpiah Nora Harahap**, Hubungan Antara Tingkat Kekumuhan dengan Kondisi Sosial Ekonomi Penghuni Permukiman Kumuh di Kelurahan Pasar Gunung Tua Kabupaten Padang Lawas Utara Sumatera Utara. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 Mei 2024, hal.: 32 –44
- Unang Supratman**, Pemilihan Sistem Air Limbah-Lumpur Tinja Komunal Menggunakan Analisis Kluster Hierarki. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 Mei 2024, hal.: 1 – 13
- Yudha Pracastino Heston**, Penyesuaian Ruang Pada Rumah Tinggal Pasca Pandemi Covid-19 Di Semarang . JurnalPermukiman Vol. 19 No. 2 November 2024, hal.: 77 – 84
- Yulia Fitri**, Estimasi Emisi Metana (CH₄) di Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Kota Pekanbaru Menggunakan Dispersi AERMOD. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 Mei 2024, hal.: 14–22
- Yulinda Rosa**, Studi Pemetaan Sistematis Karir Perumahan Studi Kasus: Kota Yogyakarta . Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 2 November 2024, hal.: 85 – 97
- Yunita Idris**, Optimasi Kekuatan Tarik Belah Beton Mutu Tinggi Melalui Peningkatan Efektivitas Bakteri Pada *Self-Healing Concrete*. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 2 November 2024, hal.: 107 – 118
- Yunita Idris**, Pemanfaatan Bakteri Ureolitik Pada Beton Mutu Tinggi Untuk Menutup Keretakan Akibat Kuat Tekan. JurnalPermukiman Vol. 19 No. 2 November 2024, hal.: 91 – 99
- Zubair Batudoka**, Karakteristik Spasial Permukiman Topo Da'a di Dataran Rendah Sulawesi Tengah. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 Mei 2024, hal.: 23 – 31
- Zufitriah Masiming**, Karakteristik Spasial Permukiman Topo Da'a di Dataran Rendah Sulawesi Tengah. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 Mei 2024, hal.: 23 – 31

Authors Index
Ahda Mulyati , Spatial Characteristics of the Topo Da'a Settlement in the Lower Plains of Central Sulawesi. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 May 2024, p. : 23 –31
Amar , Spatial Characteristics of the Topo Da'a Settlement in the Lower Plains of Central Sulawesi. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 May 2024, p. : 23 –31
Andi Alepu , The Improvement of the Tensile Strength of High-Strength Concrete through the Optimization of Bacteria in Self-Healing Concrete. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 2 November 2024, p. : 107 – 118
Andri Kurniawan , Relationship between the Level of Slumliness and Socio-Economic Conditions of Slum Dwellers in the Pasar Gunung Tua Village Padang Lawas Utara Regency North Sumatera. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 May 2024, p. : 32 –44
Benny Joy , The System Selection of Communal Wastewater Fecal Sludge Treatment by Hierarchical Cluster. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 May 2024, p. : 1 –13
Dimas Hastama Nugraha , Dwelling Space Adjustment Post-Covid-19 Pandemic in Semarang. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 2 November 2024, p. : 77 – 84
Dinda Lestari , Estimation of Methane (CH ₄) Emissions at the Pekanbaru City Landfill using AERMOD Dispersion. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 May 2024, p. : 14 –22
Elis Hastuti , The System Selection of Communal Wastewater Fecal Sludge Treatment by Hierarchical Cluster. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 May 2024, p. : 1 –13
Hani Putri , Identification of Settlement Patterns and Agricultural Marketing Channels for Horticultural Commodities in Suliki District. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 May 2024, p. : 45 –55
I Wayan Muka , Green Building Criteria Assessment Villa Development Model In Badung Regency. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 2 November 2024, p. : 63 – 76
Lusman Sulaiman , Dwelling Space Adjustment Post-Covid-19 Pandemic in Semarang. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 2 November 2024, p. : 77 – 84
Lutfhia Mutu'ali , Relationship between the Level of Slumliness and Socio-Economic Conditions of Slum Dwellers in the Pasar Gunung Tua Village Padang Lawas Utara Regency North Sumatera. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 May 2024, p. : 32 –44
M. Nuril Khair , Utilization of Ureolytic Bacteria in High Quality Concrete to Cover Cracks Due to Compressive Strength. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 2 November 2024, p. : 98 – 106
Mariana Wulandari , Dwelling Space Adjustment Post-Covid-19 Pandemic in Semarang. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 2 November 2024, p. : 77 – 84
Muhamad Reza , Identification of Settlement Patterns and Agricultural Marketing Channels for Horticultural Commodities in Suliki District. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 May 2024, p. : 45 –55
Nofia Rahmadani , Estimation of Methane (CH ₄) Emissions at the Pekanbaru City Landfill using AERMOD Dispersion. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 May 2024, p. : 14 –22
Rizky Citra Islami , Dwelling Space Adjustment Post-Covid-19 Pandemic in Semarang. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 2 November 2024, p. : 77 – 84
Rizqha S. Burano , Identification of Settlement Patterns and Agricultural Marketing Channels for Horticultural Commodities in Suliki District. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 May 2024, p. : 45 –55
Selvia , Estimation of Methane (CH ₄) Emissions at the Pekanbaru City Landfill using AERMOD Dispersion. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 May 2024, p. : 14 –22
Sri Fitria Retnawaty , Estimation of Methane (CH ₄) Emissions at the Pekanbaru City Landfill using AERMOD Dispersion. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 May 2024, p. : 14 –22

- Sri Mulyani**, Estimation of Methane (CH₄) Emissions at the Pekanbaru City Landfill using AERMOD Dispersion. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 May 2024, p. : 14 –22
- Teguh Haria Aditia Putra**, Identification of Settlement Patterns and Agricultural Marketing Channels for Horticultural Commodities in Suliki District. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 May 2024, p. : 45 –55
- Teuku Budi Aulia**, The Improvement of the Tensile Strength of High-Strength Concrete through the Optimization of Bacteria in Self-Healing Concrete. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 2 November 2024, p. : 107–118
- Teuku Budi Aulia**, Utilization of Ureolytic Bacteria in High Quality Concrete to Cover Cracks Due to Compressive Strength. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 2 November 2024, p. : 98 – 106
- Ulpiah Nora Harahap**, Relationship between the Level of Slumliness and Socio-Economic Conditions of Slum Dwellers in the Pasar Gunung Tua Village Padang Lawas Utara Regency North Sumatera. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 May 2024, p. : 32 –44
- Unang Supratman**, The System Selection of Communal Wastewater Fecal Sludge Treatment by Hierarchical Cluster. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 May 2024, p. : 1 –13
- Yudha Pracastino Heston**, Dwelling Space Adjustment Post-Covid-19 Pandemic in Semarang. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 2 November 2024, p. : 77 – 84
- Yulia Fitri**, Estimation of Methane (CH₄) Emissions at the Pekanbaru City Landfill using AERMOD Dispersion. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 May 2024, p. : 14 –22
- Yulinda Rosa**, Housing Career Systematic Mapping Study (SMS) Case Study: Yogyakarta City. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 2 November 2024, p. : 85 – 97
- Yunita Idris**, The Improvement of the Tensile Strength of High-Strength Concrete through the Optimization of Bacteria in Self-Healing Concrete. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 2 November 2024, p. : 107 – 118
- Yunita Idris**, Utilization of Ureolytic Bacteria in High Quality Concrete to Cover Cracks Due to Compressive Strength. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 2 November 2024, p. : 98 – 106
- Zubair Batudoka**, Spatial Characteristics of the Topo Da'a Settlement in the Lower Plains of Central Sulawesi. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 May 2024, p. : 23 –31
- Zulfiriah Masiming**, Spatial Characteristics of the Topo Da'a Settlement in the Lower Plains of Central Sulawesi. Jurnal Permukiman Vol. 19 No. 1 May 2024, p. : 23 –31

Pedoman Penulisan Naskah

1. Redaksi menerima naskah karya ilmiah ilmu pengetahuan dan teknologi bidang permukiman, baik dari dalam dan luar lingkungan Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan
2. Naskah yang diusulkan untuk dimuat dalam Jurnal Permukiman haruslah tulisan yang belum pernah dipublikasikan dalam majalah ilmiah lainnya. Naskah dapat ditulis dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris dengan menggunakan kaidah bahasa tulis yang baik dan benar
3. Naskah disampaikan ke redaksi dalam bentuk file digital "MS Word" jumlah halaman naskah maksimum 15 halaman termasuk abstrak, gambar, tabel dan daftar pustaka
4. Naskah akan dinilai oleh dewan penelaah (mitra bebestari). Kriteria penilaian meliputi kebenaran isi, derajat, orisinalitas, kejelasan uraian dan kesesuaian dengan sasaran jurnal. Dewan penelaah berwenang mengembalikan naskah untuk direvisi atau menolaknya
5. Dewan redaksi dan dewan penelaah berhak memperbaiki naskah tanpa mengubah isi dan pengertiannya, serta akan berkonsultasi dahulu dengan penulis apabila dipandang perlu untuk mengubah isi naskah. Penulis bertanggung jawab atas pandangan dan pendapatnya di dalam naskah
6. Jika naskah disetujui untuk diterbitkan, penulis harus segera menyempurnakan dan menyampaikannya kembali ke redaksi paling lambat satu minggu setelah tanggal persetujuan
7. Bila naskah diterbitkan, penulis akan mendapatkan *reprint* (cetak lepas) sebanyak 3 eksemplar dan naskah akan menjadi hak milik instansi penerbit
8. Naskah yang tidak dapat diterbitkan akan diberitahukan kepada penulis dan naskah tidak akan dikembalikan, kecuali ada permintaan lain dari penulis
9. Keterangan yang lebih terperinci dapat menghubungi Sekretariat Redaksi
10. Secara teknis persyaratan naskah adalah :

Sistematika penulisan :

- **Bagian awal:** Judul, Keterangan Penulis, Abstrak. Abstrak disusun dalam satu alinea antara 150-200 kata berisi: alasan penelitian dilakukan, pernyataan singkat apa yang telah dilakukan (metode), pernyataan singkat apa yang telah ditemukan, pernyataan singkat apa yang telah disimpulkan disertai minimal 5 kata kunci. Judul, Abstrak dan Kata Kunci disusun dalam 2 (dua) bahasa (Indonesia – Inggris).
- **Bagian utama :** Pendahuluan, Metode, Hasil dan Pembahasan, Kesimpulan
- **Bagian akhir:** Ucapan Terima Kasih, Daftar Pustaka dan Lampiran (jika ada)

Teknik penulisan:

- a. Naskah ditulis pada kertas ukuran A4 *portrait* (210 x 297 mm), ketikan satu spasi dengan 2 kolom, jarak kolom pertama dan kedua 0,5 cm.
- b. Margin: tepi atas 3 cm, tepi bawah 2,5 cm, sisi kiri 3 cm dan kanan 2 cm. Alinea baru diberi tambahan spasi (+ ENTER).
Penggunaan huruf:
 - Judul, ditulis di tengah halaman, Cambria 14 pt. Kapital **Bold**
 - Isi Abstrak, Cambria 10 pt *italic*, 1 spasi
 - Judul Bab ditulis di tepikiri, Cambria Kapital 11pt, **Bold**
 - Judul Sub Bab, Cambria *Tittle Case* 11pt, **Bold**
 - Isi, Cambria 10 pt, 1 spasi
 - Penomoran halaman menggunakan angka arab
- c. Daftar Pustaka sebaiknya menggunakan referensi terbaru, terbitan 5 (lima) tahun terakhir, kecuali untuk *handbook* yang belum ada cetakan revisi/ terbaru.
- d. Pustaka dalam teks (*in text citation*), sumber pustaka suatu kutipan atau cuplikan dalam teks ditulis dengan mengacu pada aturan Chicago Manual Style (*authors – date*);
 - Sumber pustaka dapat ditulis langsung dalam teks dalam suatu tanda kurung (). Bila terdapat beberapa sumber pustaka maka urutan penulisan adalah berdasarkan abjad dan kemudian berdasarkan tahun publikasi.
CONTOH: " ... seperti diungkap dalam penelitian terdahulu (Allan 1996a, 1996b, 1999; Allan and Jones 1995). Armstrong et al. (2010) telah menyatakan bahwa ... "
- e. Daftar pustaka ditulis sesuai contoh sebagai berikut:
Buku/monograf (satu pengarang)
Pollan, Michael. 2006. *The Omnivore's Dilemma: A Natural History of Four Meals*. New York: Penguin.
Artikel Jurnal
Sabaruddin, Arief, Tri Harso Karyono, Rumiaty R. Tobing. 2013. Metoda Kovariansi dalam Penilaian Kinerja Kemampuan Adaptasi Bangunan terhadap Lingkungan. *Jurnal Permukiman* Vol. 8 No.1 April 2013: 30-38.
Situs Web
Achenbach, Joel. 2015. "Why Do Many Reasonable People Doubt Science?". *National Geographic*.
<http://ngm.nationalgeographic.com> (diakses 15 Juni 2015).



**Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
Direktorat Jenderal Cipta Karya
Bina Teknik Permukiman dan Perumahan Rakyat**

ISSN 1907-4352



9 771907 435264