

PERBANDINGAN KINERJA SISTEM RANGKA BETON BERTULANG DENGAN DINDING DAN TANPA DINDING PENGISI BERDASARKAN ASCE 41-17

Yohana Cecilia¹, Enno Yuniarto¹, Zulfikar Djauhari^{2*}

¹Program Studi S1 Teknik Sipil, Universitas Riau

**Corresponding author, email address: zulfikar.djauhari@lecturer.unri.ac.id*

ARTICLE INFO

Article History:

Received
9 November 2025
Accepted
23 November 2025
Online
31 Desember 2025

ABSTRAK

Dinding pengisi pada struktur rangka beton bertulang umumnya dianggap sebagai elemen non-struktural, sehingga sering diabaikan dalam perencanaan. Namun, keberadaannya memberikan kontribusi terhadap kekuatan dan kekakuan struktur. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja struktur rangka beton bertulang dengan dan tanpa dinding pengisi sesuai pedoman ASCE 41-17. Pemodelan dilakukan menggunakan *software* berbasis elemen hingga dengan empat variasi model, yaitu: model 1 (rangka terbuka tanpa dinding pengisi), model 2 (dinding pengisi pada tingkat 2–6), model 3 (dinding pengisi pada tingkat 3–6), dan model 4 (dinding pengisi pada tingkat 2–5). Dinding bata dimodelkan menggunakan metode strut diagonal sesuai ASCE 41-17, kemudian dianalisis secara linier dan nonlinier *pushover*. Tingkat kinerja struktur ditentukan berdasarkan kriteria ATC-40 dan FEMA 356. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberadaan dinding pengisi mempengaruhi kekakuan global struktur yang ditunjukkan pada nilai periode fundamental. Model 1 memiliki periode terpanjang (0,876 detik), sedangkan model 4 terpendek (0,762 detik) yang menunjukkan kekakuan tertinggi. Model 2 (0,777 detik) dan model 3 (0,849 detik) berada di antara keduanya. Model 2 menghasilkan nilai gaya geser tingkat terbesar pada hampir semua tingkat, disusul model 3, model 4, dan model 1. Simpangan antar tingkat terbesar terjadi pada tingkat 1, berturut-turut model 3 (0,75%), model 2 (0,73%), model 4 (0,71%), dan model 1 (0,66%), seluruhnya berada di bawah batas izin SNI 1726:2019. Dari analisis kinerja, semua model berada pada tingkat *immediate occupancy* dengan *drift ratio* $\leq 0,01$; model 2 memiliki *drift* terkecil (0,0068) dan *base shear* tertinggi (355,8 kn), sedangkan model 1 memiliki *drift* terbesar (0,0078) dan *base shear* terendah (187,4 kn). Penelitian ini menegaskan bahwa struktur dengan dinding pengisi menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan rangka terbuka, karena mampu meningkatkan kekakuan, mengurangi simpangan, dan memperbesar kapasitas lateral dalam menghadapi beban gempa rencana.

Kata Kunci: Dinding pengisi, ASCE 41-17, level kinerja, analisis *pushover*, kekakuan lateral

ABSTRACT

Infill walls in reinforced concrete (RC) frame structures are generally classified as non-structural elements and therefore are often disregarded in structural design. However, their presence significantly contributes to the overall strength and stiffness of the structure. This study aims to compare the seismic performance of RC frame structures with and without infill walls in accordance with ASCE 41-17 guidelines. Finite element modeling was carried out with four structural configurations: Model 1 (bare frame without infill walls), Model 2 (infill walls at levels 2–6), Model 3 (infill walls at levels 3–6), and Model 4 (infill walls at levels 2–5). The masonry infills were represented using the diagonal strut method as recommended by ASCE 41-17, and

the models were analyzed through both linear and nonlinear pushover procedures. Structural performance levels were evaluated based on ATC-40 and FEMA 356 criteria. The results indicate that the presence of infill walls influences the global stiffness of the structure, as reflected in the fundamental period values. Model 1 exhibited the longest period (0.876 s), while Model 4 recorded the shortest (0.762 s), representing the highest stiffness. Models 2 (0.777 s) and 3 (0.849 s) fell in between. Model 2 produced the highest story shear values at most levels, followed by Models 3, 4, and 1. The maximum interstory drift occurred at the first story, with Model 3 (0.75%), Model 2 (0.73%), Model 4 (0.71%), and Model 1 (0.66%), all remaining below the allowable limit specified in SNI 1726:2019. Performance evaluation revealed that all models achieved the Immediate Occupancy (IO) level with drift ratios ≤ 0.01 . Model 2 attained the smallest drift (0.0068) and the highest base shear (355.8 kN), while Model 1 exhibited the largest drift (0.0078) and the lowest base shear (187.4 kN). These findings confirm that RC frames with infill walls demonstrate superior seismic performance compared to bare frames, enhancing stiffness, reducing displacements, and increasing lateral capacity under design earthquake loading.

Keywords: Infill wall, ASCE 41-17, performance level, *pushover* analysis, lateral stiffness

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki potensi gempa bumi yang tinggi karena secara geografis terletak di pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yang memicu aktivitas seismik seperti gempa bumi dan letusan gunung berapi. Gempa bumi dapat menimbulkan kerusakan struktural yang serius, bahkan menyebabkan keruntuhan bangunan yang berdampak pada kerugian ekonomi dan korban jiwa. Oleh karena itu, perencanaan dan pembangunan infrastruktur di Indonesia harus mempertimbangkan aspek ketahanan terhadap gempa bumi secara serius.

Ketahanan bangunan terhadap gempa bumi menjadi faktor penting dalam pembangunan infrastruktur, terutama karena banyak bangunan di Indonesia masih memiliki ketahanan yang kurang memadai terhadap gempa. Sebagian besar bangunan di Indonesia merupakan struktur bertingkat rendah, seperti rumah tinggal satu hingga dua lantai, yang cenderung mengalami kerusakan paling parah saat terjadi gempa. Hal ini disebabkan karena proses konstruksi dilakukan tanpa perhitungan struktur yang tepat dan tanpa keterlibatan tenaga ahli, sehingga bangunan tidak memiliki ketahanan gempa yang memadai atau dikenal sebagai non-engineering building. Meskipun demikian, kerusakan juga dapat terjadi pada bangunan bertingkat tinggi yang telah dirancang dengan perhitungan beban gempa. Hal ini menunjukkan bahwa ketahanan bangunan tidak hanya bergantung pada jenis atau tinggi bangunan, tetapi juga pada proses desain dan pelaksanaan konstruksi.

Dalam proses desain dan pelaksanaan konstruksi, dinding pengisi sering digunakan sebagai elemen non-struktural yang berfungsi sebagai pembatas antar ruangan. Baik bangunan bertingkat rendah maupun bertingkat tinggi banyak mengandalkan dinding pengisi, khususnya dinding pengisi bata, yang merupakan salah satu material yang umum dalam konstruksi di Indonesia.

Di negara berkembang, termasuk wilayah yang rentan terhadap gempa bumi seperti Indonesia, dinding pengisi bata biasanya digunakan pada bangunan beton bertulang. Menurut penelitian pasca gempa dan eksperimen terhadap struktur beton bertulang yang terkena pembebanan lateral statik, keberadaan dinding pengisi bata memengaruhi kinerja struktur (Tanjung et al., 2020). Dinding pengisi menyumbangkan kekakuan pada struktur secara keseluruhan karena struktur dengan dinding pengisi memiliki inersia kearah in-plane lebih besar daripada struktur rangka terbuka (bare frame) (Sudarsana et al., 2023). Interaksi antara dinding pengisi dan struktur rangka ini harus dipertimbangkan dalam proses desain karena dapat mengubah kekakuan struktur secara keseluruhan, terutama kekakuan lateral yang berkaitan dengan kemampuan struktur dalam menahan beban lateral. Namun, dalam perencanaan struktur, dinding pengisi bata sering kali hanya dianggap sebagai beban mati dan tidak diperhitungkan dalam analisis kekuatan serta kekakuan struktur bangunan.

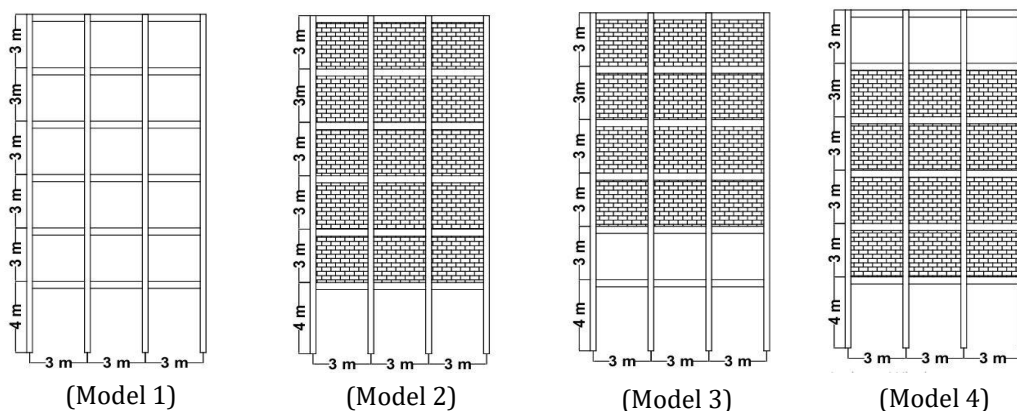
Pengalaman gempa besar di Indonesia menunjukkan bahwa ketidaktepatan dalam memperhitungkan dinding pengisi bata sebagai penyekat ruang dapat menimbulkan dampak yang tidak diinginkan, seperti kolom pendek, soft story, torsi, dan keruntuhan dinding dalam arah out-of-plane (Tanjung & Maidiawati, 2016). Meskipun demikian, kekuatan dinding bata masih sering diabaikan dalam perencanaan struktur, terutama karena belum adanya peraturan yang secara khusus mengaturnya. Perilaku portal dengan dinding pengisi bata terhadap pembebanan lateral telah lama dipelajari. Salah satu pendekatan pemodelan yang umum digunakan adalah merepresentasikan dinding bata sebagai strut diagonal. Dengan pendekatan ini, dinding pengisi bata berkontribusi terhadap kekakuan lateral sistem rangka, sehingga tidak diabaikan dalam analisis struktur. Oleh karena itu, diperlukan metode analisis yang dapat menggambarkan perilaku non-linier struktur secara lebih akurat.

Metode yang digunakan untuk mempermudah analisis perilaku non-linier adalah analisa beban dorong statik, juga dikenal sebagai analisis *pushover* static. Ada beberapa software elemen hingga yang memiliki kemampuan untuk melakukan analisis *pushover* static tersebut.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Data Struktur

Penelitian ini menggunakan model struktur gedung beton beraturan dalam bentuk rangka dua dimensi dengan empat jenis pemodelan. Keempat pemodelan dibedakan berdasarkan konfigurasi dinding pengisi yang digunakan, sedangkan data *preliminary* struktur dan detail penampang balok serta kolom dibuat sama pada setiap pemodelan. Seluruh model dibandingkan untuk menganalisis pengaruh keberadaan dinding pengisi terhadap kinerja struktur. Keempat pemodelan dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Variasi Pemodelan

Adapun data-data yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Fungsi gedung : Gedung Perkantoran
2. Jenis struktur : Beton bertulang
3. Sistem struktur : SRPMK
4. Jenis tanah : Tanah Sedang
5. Letak Wilayah : Pekanbaru
6. Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
7. Tulangan
 - Modulus elastisitas (E_c) : 2000000 Mpa
 - BJTS 420B
 - Tegangan leleh baja (f_y) : 420 Mpa
 - Tegangan putus baja (f_u) : 525 Mpa
 - BJTP 280
 - Tegangan leleh baja (f_y) : 280 Mpa
 - Tegangan putus baja (f_u) : 350 Mpa

8. Bata

- Dimensi bata : 14 cm x 7 cm x 3,5 cm
- Kuat Tekan : $10,82 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

9. Dimensi struktur:

- Balok : 30 cm x 35 cm
- Kolom : 30 cm x 30 cm

2.2 Pembebanan Statis (Beban Mati dan Hidup)

Perhitungan pembebanan pada struktur mengacu pada SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung serta SNI 1727:2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Beban mati mencakup berat sendiri elemen struktural, seperti balok, kolom, dan pelat, serta elemen non-struktural, termasuk plesteran, plafon, dan instalasi MEP. Adapun beban hidup ditetapkan sebesar $4,79 \text{ kN/m}^2$, sesuai dengan fungsi bangunan sebagai gedung perkantoran.

2.3 Pembebanan Gempa

Analisis beban gempa pada struktur mengacu pada SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung. Perhitungan dilakukan dengan mempertimbangkan parameter percepatan gempa rencana berdasarkan peta bahaya gempa Indonesia, termasuk percepatan spektral batuan dasar (S_s dan S_1) serta faktor-faktor koreksi seperti koefisien situs (F_a dan F_v), koefisien keutamaan (I_e), dan faktor reduksi gempa (R). Analisis respons struktur dilakukan menggunakan metode respons spektrum untuk memperoleh gaya geser dasar dan distribusi gaya lateral di setiap tingkat bangunan. Nilai percepatan spektral desain (SDS dan SD_1) digunakan untuk menentukan periode fundamental struktur dan gaya lateral ekuivalen.

2.4 Pemodelan Strut

Elemen strut diagonal merupakan pendekatan pemodelan dinding pengisi yang bertujuan untuk merepresentasikan kontribusi kekakuan dan kekuatan dinding pasangan bata terhadap perilaku struktur bangunan. Strut diposisikan secara diagonal antara dua kolom pada suatu bentang balok dan dianggap bekerja hanya dalam arah tekan. Pemodelan strut dalam penelitian ini mengacu pada standar ASCE/SEI 41-17, yang memberikan pendekatan empiris untuk menentukan lebar efektif dari elemen strut.

2.5 Analisis

Analisis yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas analisis linier dan analisis nonlinier *pushover*. Analisis linier dilakukan dengan metode statik ekuivalen sesuai dengan SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung. Analisis ini bertujuan untuk memperoleh respon awal struktur berupa distribusi gaya lateral, gaya geser dasar, serta simpangan antar tingkat.

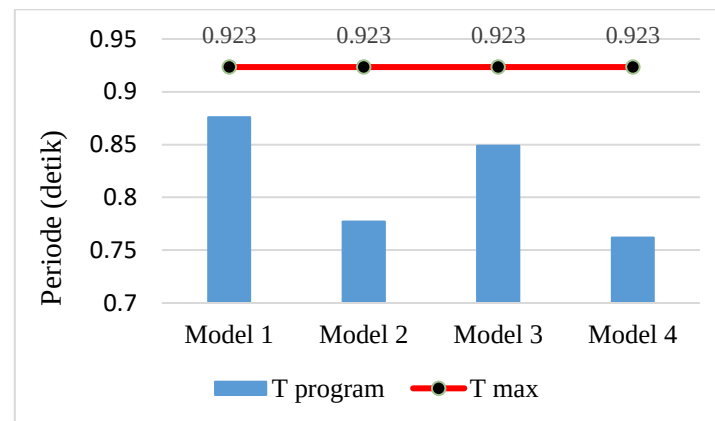
Analisis nonlinier *pushover* diterapkan untuk mengevaluasi kapasitas ultimit serta tingkat kinerja struktur berdasarkan ketentuan ATC-40 dan FEMA 356. Pemodelan dan perhitungan struktur dilakukan dengan perangkat lunak berbasis elemen hingga. Perbandingan hasil analisis meliputi periode fundamental, gaya geser tingkat, simpangan antar tingkat, tingkat kinerja struktur, serta distribusi sendi plastis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN**3.1 Perbandingan Periode Fundamental Struktur**

Nilai periode fundamental yang diperoleh dari hasil analisis terhadap keempat model ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 2 berikut.

Tabel 1. Rekapitulasi Periode Fundamental

Model	Periode (detik)
Model 1	0,876
Model 2	0,777
Model 3	0,849
Model 4	0,762

**Gambar 2.** Periode Fundamental

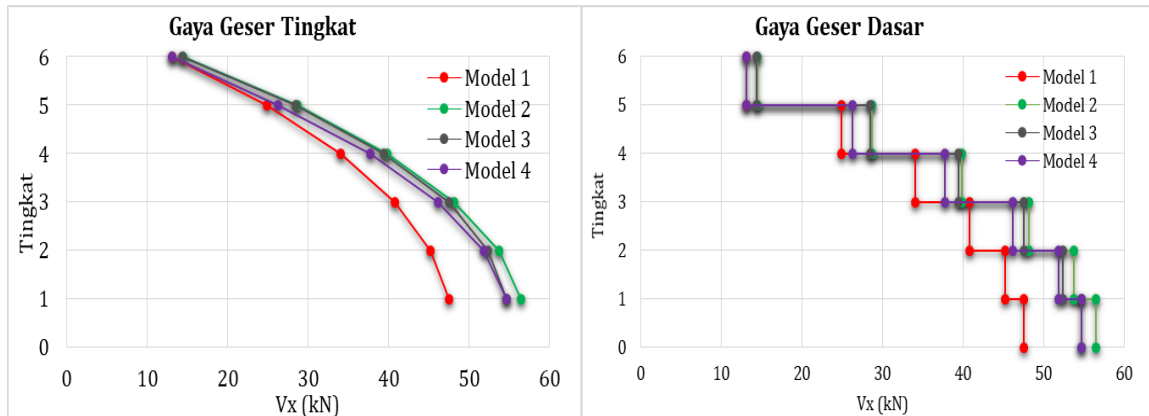
Berdasarkan tabel dan gambar di atas, keberadaan dinding pengisi berpengaruh signifikan terhadap periode fundamental struktur. Model 1 tanpa dinding pengisi memiliki periode terpanjang sebesar 0,876 detik, menunjukkan kekakuan paling rendah. Penambahan dinding pengisi pada Model 2 menurunkan periode menjadi 0,777 detik, menandakan peningkatan kekakuan. Model 3 dengan dinding pada lantai 3–6 memiliki periode 0,849 detik, berada di antara Model 1 dan 2 akibat distribusi kekakuan yang tidak merata. Model 4 menunjukkan periode terpendek 0,762 detik, sehingga memiliki kekakuan lateral tertinggi. Secara umum, dinding pengisi menyebabkan periode fundamental struktur menjadi lebih pendek. Penambahan dinding pengisi meningkatkan kekakuan, sehingga bangunan lebih mampu menahan deformasi lateral.

3.2 Perbandingan Gaya Geser Tingkat

Perbandingan gaya geser tingkat antar model dilakukan untuk mengidentifikasi perbedaan respons struktur pada keempat variasi konfigurasi dinding pengisi yang dianalisis. Nilai gaya geser tingkat untuk setiap model ditampilkan pada Tabel 2, dan pola distribusinya dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 2. Rekapitulasi Gaya Geser Tingkat

Tingkat	Vx (kN)			
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
6	13,144	14,451	14,380	13,098
5	24,911	28,665	28,438	26,256
4	34,106	39,886	39,453	37,703
3	40,838	48,210	47,547	46,210
2	45,245	53,756	52,387	51,894
1	47,579	56,493	54,711	54,711



Gambar 3. Gaya Geser Tingkat

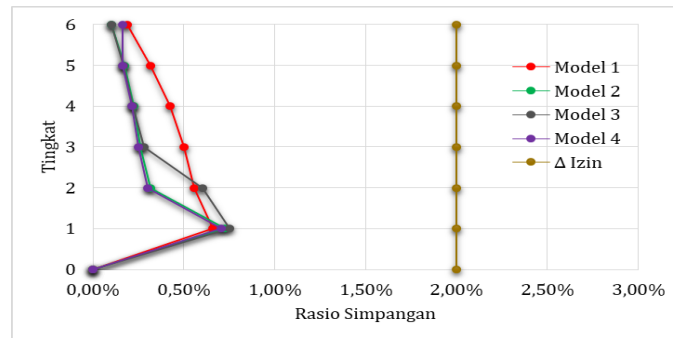
Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 3 di atas, gaya geser tingkat tertinggi pada seluruh model terjadi pada tingkat 1 dan menurun secara bertahap hingga tingkat 6. Model 1, yang merupakan rangka terbuka tanpa dinding pengisi, menunjukkan nilai gaya geser paling rendah di setiap tingkat, dengan gaya geser dasar sebesar 47,579 kN. Penambahan dinding pengisi pada Model 2, Model 3, dan Model 4 meningkatkan kekakuan lateral struktur dengan nilai gaya geser dasar masing-masing sebesar 56,493 kN, 54,711 kN, dan 54,711 kN. Model 2, yang memiliki dinding pengisi merata dari tingkat 2 hingga 6, menunjukkan gaya geser tertinggi pada hampir seluruh tingkat. Model 3 dan Model 4 memiliki gaya geser sedikit lebih rendah akibat distribusi dinding pengisi yang tidak merata, khususnya pada tingkat bawah. Secara keseluruhan, keberadaan dinding pengisi berperan penting dalam meningkatkan kekakuan lateral serta memengaruhi distribusi gaya geser pada setiap tingkat struktur.

3.3 Perbandingan Simpangan Antar Tingkat

Analisis perbandingan simpangan antar tingkat dilakukan untuk menilai pengaruh keberadaan serta konfigurasi dinding pengisi terhadap besarnya simpangan pada struktur bangunan. Nilai rasio simpangan antar tingkat yang diperoleh dari hasil analisis terhadap keempat model ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 4 berikut.

Tabel 3. Rekapitulasi Rasio Simpangan Antar Tingkat

Tingkat	Rasio Simpangan				Δ Izin (mm)
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	
6	0,19%	0,10%	0,10%	0,17%	60
5	0,32%	0,17%	0,17%	0,16%	60
4	0,42%	0,22%	0,22%	0,21%	60
3	0,50%	0,26%	0,28%	0,25%	60
2	0,56%	0,32%	0,60%	0,30%	60
1	0,66%	0,73%	0,75%	0,71%	80
Base	0%	0%	0%	0%	0



Gambar 4. Grafik Rasio Simpangan Antar Tingkat

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 4 di atas, rasio simpangan antar tingkat tertinggi pada seluruh model terjadi di tingkat 1, menunjukkan perpindahan terbesar akibat gaya lateral. Model 3 memiliki rasio simpangan terbesar yaitu 0,75%, diikuti Model 2 (0,73%), Model 4 (0,71%), dan Model 1 (0,66%). Model 1 memiliki nilai rasio simpangan antar tingkat yang paling tinggi pada tingkat 2 hingga 6. Hal ini menunjukkan bahwa struktur tanpa dinding pengisi memiliki kekakuan lateral yang paling rendah, sehingga mengalami perpindahan terbesar dan menyeluruh. Model 2 menunjukkan nilai rasio simpangan antar tingkat yang relatif rendah pada tingkat 2 hingga 6. Model 3 memiliki kecenderungan rasio simpangan yang relatif lebih tinggi pada sebagian besar tingkat dibandingkan model dengan dinding pengisi lainnya, yang mengindikasikan kekakuan struktur lebih rendah pada konfigurasi tersebut. Model 4 dengan dinding pada tingkat 2–5 menghasilkan simpangan paling kecil dibanding model lainnya, menandakan bahwa penempatan dinding di tingkat tengah efektif meningkatkan kekakuan global. Seluruh model masih berada di bawah batas simpangan izin SNI 1726:2019, sehingga secara elastis memenuhi kriteria keamanan. Namun, karena hasil ini hanya mencerminkan perilaku elastis, diperlukan analisis *pushover* untuk mengevaluasi kinerja struktur hingga kondisi inelastis.

3.4 Perbandingan Tingkat Kinerja Struktur

Perbandingan tingkat kinerja (*performance level*) struktur untuk setiap model dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5 berikut.

Tabel 4. Tingkat Kinerja Struktur Berdasarkan ATC-40

Parameter	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
S_a (g)	0,243	0,354	0,277	0,366
S_d (m)	0,122	0,113	0,128	0,113
Base shear (kN)	187,362	355,778	265,064	355,707
Displacement (m)	0,148	0,130	0,142	0,131
Drift Ratio	0,0078	0,0068	0,0075	0,0069
	<i>Immediate</i>	<i>Immediate</i>	<i>Immediate</i>	<i>Immediate</i>
Performance Level	<i>Occupancy</i>	<i>Occupancy</i>	<i>Occupancy</i>	<i>Occupancy</i>

Tabel 5. Tingkat Kinerja Struktur Berdasarkan FEMA 365

Parameter	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
S_a (g)	0,243	0,354	0,277	0,366
S_d (m)	0,122	0,113	0,128	0,113
Base shear (kN)	187,362	355,778	265,064	355,707
Displacement (m)	0,148	0,130	0,142	0,131
Drift ratio	0,0078	0,0068	0,0075	0,0069
	<i>Immediate</i>	<i>Immediate</i>	<i>Immediate</i>	<i>Immediate</i>
Performance Level	<i>Occupancy</i>	<i>Occupancy</i>	<i>Occupancy</i>	<i>Occupancy</i>

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 4 dan Tabel 5, seluruh model mencapai tingkat kinerja *Immediate Occupancy (IO)* menurut ATC-40 dan FEMA 356 dengan *drift ratio* $\leq 0,01$, menandakan struktur tetap berfungsi pascagempa dengan kerusakan minimal. Model 2 menunjukkan performa terbaik dengan *drift ratio* terendah (0,0068) dan kapasitas gaya geser dasar tertinggi (355,778 kN), sedangkan Model 1 tanpa dinding pengisi memiliki *drift ratio* tertinggi (0,0078) dan kapasitas terendah (187,362 kN). Hasil ini menunjukkan bahwa keberadaan dan distribusi dinding pengisi secara signifikan meningkatkan kekakuan dan kapasitas lateral struktur, di mana konfigurasi dinding yang merata seperti pada Model 2 menghasilkan kinerja paling optimal.

3.5 Perbandingan Distribusi Sendi Plastis

Perbandingan distribusi sendi plastis pada keempat model struktur dilakukan untuk mengidentifikasi perbedaan perilaku inelastis dan pengaruhnya terhadap kinerja struktur. Hasil distribusi sendi plastis untuk masing-masing model disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Distribusi Sendi Plastis

Pameter	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Lokasi Sendi Plastis Pertama	Balok di tingkat 1	Balok dan kolom di tingkat 1 (tumpuan)	Balok di tingkat 1	Balok di tingkat 1
Jumlah Sendi Plastis pertama	1	5	1	4
<i>Base shear</i> pada <i>Step</i> Awal Sendi Plastis (kN)	178,890	360,084	210,155	352,889
<i>Displacement</i> pada <i>Step</i> Awal (mm)	130,06	133,50	90,59	126,99
<i>Base shear</i> Kapasitas Maksimum (kN)	246,022	377,642	292,918	378,048
<i>Displacement</i> Kapasitas Maksimum (mm)	297,38	175,65	189,92	180,83
Sebaran Sendi Plastis pada Kapasitas Maksimum	Dominan pada balok tingkat 1 hingga tingkat 3	Terkonsentrasi pada tingkat 1	Terkonsentrasi pada tingkat 1	Terkonsentrasi pada tingkat 1

Berdasarkan Tabel 6, sendi plastis pertama pada Model 1, 3, dan 4 terbentuk pada balok tingkat 1, sedangkan pada Model 2 terbentuk juga pada kolom tingkat 1. Model 2 memiliki jumlah sendi plastis awal terbanyak (5 buah), diikuti Model 4 (4 buah), menunjukkan distribusi kekakuan yang kurang merata di tingkat bawah. Gaya geser dasar tertinggi saat sendi plastis pertama terjadi pada Model 2 (360,084 kN), menandakan kapasitas lateral awal paling baik, sedangkan Model 1 terendah (178,890 kN). Pada kapasitas maksimum, Model 4 menunjukkan gaya geser tertinggi (378,048 kN) dengan perpindahan 180,83 mm, sedangkan Model 1 memiliki gaya geser dasar paling rendah sebesar 246,022 kN dengan perpindahan 297,38 mm. Pola sebaran sendi plastis menunjukkan konsentrasi deformasi di tingkat bawah, terutama pada Model 2, Model 3, dan Model 4, yang menandakan potensi konsentrasi kerusakan di tingkat dasar.

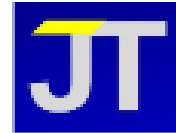
4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis penelitian terhadap kinerja beton bertulang dengan dan tanpa dinding pengisi dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Keberadaan dinding pengisi terbukti memengaruhi kekakuan global struktur yang dapat dilihat pada nilai periode fundamental. Model 1, yang merupakan rangka terbuka tanpa dinding pengisi, memiliki periode fundamental paling panjang yaitu 0,876 detik, sehingga paling fleksibel. Model 4 memiliki periode fundamental paling pendek yaitu 0,762 detik, yang menunjukkan kekakuan tertinggi di antara keempat model. Model 2 (0,777 detik) dan Model 3 (0,849 detik) berada di antara keduanya, dengan perbedaan distribusi dinding pengisi memengaruhi tingkat kekakuannya.
2. Seluruh model mencatat gaya geser tertinggi pada tingkat 1 dan menurun hingga tingkat 6. Keberadaan dinding pengisi meningkatkan kekakuan lateral struktur, sehingga distribusi gaya geser pada Model 2, 3, dan 4 lebih besar dibandingkan Model 1 yang tidak memiliki dinding pengisi dan menunjukkan nilai paling rendah.
3. Seluruh model menunjukkan rasio simpangan maksimum pada tingkat 1, dengan nilai masing-masing sebesar 0,75% pada Model 3, 0,73% pada Model 2, 0,71% pada Model 4, dan 0,66% pada Model 1. Seluruh nilai ini berada di bawah batas izin SNI 1726:2019. Model 2 dan Model 4 memiliki respon simpangan antar tingkat yang paling baik, sedangkan Model 1 dan Model 3 menunjukkan kecenderungan simpangan antar tingkat yang lebih besar pada tingkat tertentu.
4. Keempat model berada pada Immediate Occupancy (IO) dengan drift ratio $\leq 0,01$. Model 2 menunjukkan drift terkecil (0,0068) dan base shear tertinggi (355,8 kN), sedangkan Model 1 memiliki drift terbesar (0,0078) dan base shear terendah (187,4 kN). Model 3 dan Model 4 berada di antara keduanya. Hal ini menunjukkan bahwa dinding pengisi berperan penting dalam meningkatkan kekakuan lateral, mengurangi simpangan antar tingkat, dan memperbesar kapasitas lateral struktur saat menerima beban gempa rencana.
5. Keberadaan dan konfigurasi dinding pengisi berpengaruh terhadap lokasi awal terbentuknya sendi plastis, jumlah sendi plastis, kapasitas gaya geser dasar, serta perpindahan struktur, di mana Model 2 dan Model 4 menunjukkan kekakuan awal dan kapasitas menahan gaya lateral lebih tinggi dibandingkan Model 1 dan Model 3.

DAFTAR PUSTAKA

1. American Society of Civil Engineers. (2017). *ASCE/SEI 41-17: Seismic evaluation and retrofit of existing buildings*. ASCE.
2. Applied Technology Council. (1996). *ATC-40: Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings*. ATC.
3. Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1726:2019 tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung*. BSN.
4. Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1727:2020 beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain*. BSN.
5. Federal Emergency Management Agency. (2000). *FEMA 356: Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings*. FEMA.
6. Sudarsana, I. K., Widiarsa, I. B. R., Negara, M. K. A., & Wirawan, I. P. A. P. (2023). Pengaruh Dinding Bata Bertulang Terhadap Kinerja Struktur Rangka Dengan Dinding Pengisi (Infilled Frame). *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil Dan Teknik Informasi*, 6(1), 1–10. <https://doi.org/10.38043/telsinas.v6i1.4224>
7. Tanjung, J., Ismail, F. A., Maidiawati, & Putra, R. (2020). A simple method for strengthening the brick masonry infilled in the reinforced concrete frame structure. *International Journal of GEOMATE*, 18(66), 118–123. <https://doi.org/10.21660/2020.66.9488>
8. Tanjung, J., & Maidiawati, M. (2016). Studi Eksperimental tentang Pengaruh Dinding Bata Merah Terhadap Ketahanan Lateral Struktur Beton Bertulang. *Jurnal Teknik Sipil*, 23(2), 99–106.



ANALISIS ASPEK SUMBER DAYA MANUSIA TERHADAP KINERJA PEKERJA PADA PEMELIHARAAN BANGUNAN

Dicky Andrianto Saputra B^{1*}, Muhammad Isradi²

¹Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana

²Departemen Teknik Sipil, Universitas Mercu Buana

*Corresponding author, email address: dicky_andriantosaputra@yahoo.com

ARTICLE INFO

Article History:

Received

11 November 2025

Accepted

29 Desember 2025

Online

31 Desember 2025

ABSTRAK

Peningkatan pembangunan infrastruktur di Indonesia belum sepenuhnya diimbangi dengan perhatian terhadap aspek pemeliharaan bangunan. Banyak bangunan mengalami kerusakan dini sebelum mencapai usia rencana akibat lemahnya manajemen pemeliharaan, terutama dari sisi sumber daya manusia (SDM). Dalam konteks ini, kinerja pekerja memegang peranan krusial dalam menjamin keberhasilan pemeliharaan bangunan. Kinerja tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor internal dan eksternal seperti disiplin, motivasi, lingkungan kerja, pelatihan, kemampuan, dan ketersediaan alat kerja. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh aspek-aspek SDM terhadap kinerja pekerja pada proyek pemeliharaan bangunan di PT. XYZ, serta mengevaluasi kontribusi masing-masing indikator terhadap kinerja tersebut. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode Structural Equation Modeling berbasis Partial Least Squares (SEM-PLS), yang diolah menggunakan perangkat lunak SmartPLS 3.0. Responden terdiri dari pekerja yang terlibat langsung dalam proyek pemeliharaan di lingkungan perusahaan. Hasil analisis menunjukkan bahwa dari enam variabel SDM yang diuji, hanya variabel Disiplin (X1) yang terbukti memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap Kinerja Pekerja (koefisien = 0,244; T-statistik = 2,089; P-value = 0,037). Sementara lima variabel lainnya, yaitu Motivasi, Lingkungan Kerja, Pelatihan, Kemampuan, dan Alat, meskipun memiliki arah pengaruh positif, tidak menunjukkan signifikansi statistik ($P > 0,05$). Model penelitian ini memiliki nilai R^2 sebesar 0,806, yang menunjukkan bahwa 80,6% variasi dalam kinerja pekerja dapat dijelaskan secara simultan oleh keenam variabel SDM tersebut. Temuan ini menegaskan pentingnya penguatan aspek disiplin dalam pengelolaan SDM untuk meningkatkan kinerja pemeliharaan bangunan. Penelitian ini juga menjadi dasar untuk evaluasi strategis manajemen pemeliharaan di sektor konstruksi.

Kata Kunci: Kinerja Pekerja, Pemeliharaan Bangunan, SEM-PLS, SmartPLS, Sumber Daya Manusia (SDM).

ABSTRACT

The growth of infrastructure development in Indonesia has not been fully matched by sufficient attention to building maintenance. Many buildings experience early deterioration before reaching their planned lifespan due to weak maintenance management, particularly in terms of human resources (HR). In this context, worker performance plays a crucial role in ensuring the success of building maintenance. This performance is influenced by various internal and external factors, such as discipline, motivation, work environment, training, ability, and the availability of tools. This study aims to analyze the influence of HR aspects on worker performance in building maintenance projects at PT. XYZ and to evaluate the contribution of each indicator to overall performance. This research adopts a quantitative approach using Structural Equation Modeling with the Partial Least Squares (SEM-PLS) method, processed through the SmartPLS 3.0 software. The respondents were workers directly involved in maintenance projects within the company. The analysis results show that among the six HR variables tested, only the Discipline variable (X1) had a positive and significant effect on worker performance (coefficient = 0.244; T-statistic = 2.089; P-value = 0.037). The other five variables—Motivation, Work Environment, Training, Ability, and Tools—had a positive effect direction but were not statistically significant ($P > 0.05$). The research model yielded an R^2 value of 0.806, indicating that 80.6% of the variation in worker performance can be simultaneously explained by the six HR variables. These findings highlight the critical role of strengthening discipline in HR management to enhance the quality of building maintenance performance. This study also serves as a foundation for strategic evaluation of maintenance management practices in the construction sector.

Keywords: Worker Performance, Building Maintenance, SEM-PLS, SmartPLS, Human Resources (HR).

1. PENDAHULUAN

Definisi pemeliharaan menurut The Committee on Building Maintenance adalah : “Pemeliharaan merupakan suatu kegiatan yang dilakukan untuk menjaga, memperbaharui dan juga memperbaiki semua fasilitas yang ada sebagai bagian dari suatu bangunan, baik fasilitas layanan maupun lingkungan sekitar bangunan agar tetap berada pada kondisi sesuai standar yang berlaku dan mempertahankan kegunaan serta nilai dari bangunan tersebut (Usman & Winandi, 2009). Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum tahun 2008: “Pemeliharaan bangunan gedung adalah kegiatan menjaga keandalan bangunan gedung beserta prasarana dan sarananya agar bangunan gedung selalu laik fungsi (*preventive maintenance*).

Umumnya pemeliharaan difokuskan pada pencegahan untuk mengurangi dan / atau menghindari kerusakan dengan memastikan keandalan dan kesiapan peralatan, serta meminimalkan biaya perawatan. (Pranowo, 2019). Secara umum, tujuan dari proses pemeliharaan adalah untuk memperpanjang usia bangunan, ketersediaan perlengkapan yang ada, mendapatkan keuntungan dari investasi yang maksimal, dan keselamatan manusia yang menggunakan bangunan tersebut. Tujuan utama dilakukannya sistem manajemen pemeliharaan menurut Japan Institute of Plan Maintenance dan Consultant TPM India, secara

ringkas dapat disebutkan sebagai berikut (Pranowo, 2019):

1. Memperpanjang umur pakai fasilitas produksi
2. Menjamin tingkat ketersediaan optimal dari fasilitas produksi
3. Menjamin kesiapan operasional seluruh fasilitas yang diperlukan untuk penggunaan darurat
4. Menjamin keselamatan operator dan pengguna fasilitas
5. Mendukung kemampuan mesin agar dapat sesuai dengan fungsinya
6. Membantu mengurangi pemakaian dan penyimpanan suku cadang diluar batas
7. Mencapai tingkat biaya pemeliharaan serendah mungkin dengan maintenance secara efektif dan efisien
8. Mengadakan kerja sama erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dalam mencapai tujuan utama perusahaan, yaitu keuntungan yang sebesar-besarnya dan total biaya yang rendah dan total biaya yang rendah

Peningkatan pembangunan infrastruktur di Indonesia hingga tahun 2024 telah mengalami kemajuan yang signifikan. Dari segi anggaran, terdapat peningkatan sekitar 7,8% dari tahun 2023 ke 2024. Anggaran infrastruktur pada 2024 mencapai Rp422,7 triliun, naik dari Rp392 triliun pada (Komalasari, 2023). Selain itu, periode 2015-2023, jumlah Proyek Strategis Nasional (PSN) yang selesai juga mengalami pertumbuhan besar, di mana 158 dari 210 proyek telah selesai pada Juli 2023 dengan nilai investasi mencapai Rp1.102,7 triliun, meliputi sektor jalan tol, bandara, bendungan, dan infrastruktur lainnya (Wisnubroto, 2023). Namun, kemajuan pesat pembangunan infrastruktur tersebut belum diimbangi oleh perhatian serius terhadap kegiatan pemeliharaan bangunan (Usman & Winandi, 2009). Banyak bangunan yang dibangun megah dan indah menjadi cepat rusak dan tidak layak pakai sebelum mencapai usia rencana. Padahal, pemeliharaan merupakan bagian integral dari siklus hidup proyek, meliputi tahap ide awal, perencanaan, pelaksanaan konstruksi, hingga operasi dan pemeliharaan (Sholeh et al., 2019).

Efektivitas pemeliharaan sangat bergantung pada sumber daya manusia (SDM) yang terlibat di dalamnya. Kinerja pekerja merupakan indikator utama keberhasilan proyek pemeliharaan; karyawan yang memiliki kedisiplinan, motivasi, kemampuan teknis, serta didukung oleh lingkungan kerja yang baik dan alat yang memadai, akan lebih mampu mencapai hasil kerja yang berkualitas. Sebaliknya, lemahnya aspek-aspek tersebut dapat menyebabkan keterlambatan pekerjaan, penurunan kualitas, hingga kerugian operasional (Dewi et al., 2016)

Berdasarkan data proyek pemeliharaan tahun 2024, PT. XYZ menangani total 1.460 proyek maintenance yang tersebar di tiga lokasi: Cibitung sebanyak 1.042 proyek, Karawang sebanyak 268 proyek, dan Jakarta sebanyak 150 proyek. Total insiden yang tercatat mencapai 200 kasus, dengan rincian 146 insiden di Cibitung, 32 di Karawang, dan 22 di Jakarta. Insiden-insiden ini terjadi pada area total seluas lebih dari 100,6 hektare yang mencakup sepuluh gedung operasional utama. Tingginya volume pekerjaan serta frekuensi kejadian tersebut mencerminkan kompleksitas dan tantangan manajemen pemeliharaan, khususnya dari sisi pengelolaan sumber daya manusia yang berperan langsung dalam pelaksanaan teknis di lapangan.

Permasalahan di lapangan menunjukkan bah-wa berbagai hambatan dalam pelaksanaan pemeliharaan berakar dari faktor SDM: rendahnya motivasi menyebabkan lambatnya troubleshooting; kedisiplinan yang lemah berkontribusi pada keterlambatan pekerjaan; lingkungan kerja yang tidak ergonomis menurunkan produktivitas; kurangnya pelatihan teknis meningkatkan potensi kesalahan kerja; serta tidak memadainya alat kerja memperlama proses perbaikan.

Berdasarkan fenomena tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh lingkungan kerja dan berbagai aspek sumber daya manusia lainnya terhadap kualitas kinerja pekerja dalam proyek pemeliharaan. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode Structural Equation Modeling – Partial Least Squares (SEM-PLS) menggunakan perangkat lunak SmartPLS 3.0. Analisis ini mencakup pengaruh langsung dari masing-masing aspek SDM terhadap kinerja pekerja.

Dengan memahami hubungan antarvariabel secara struktural, diharapkan penelitian ini dapat memberikan rekomendasi strategis dalam pengelolaan SDM yang lebih efektif pada proyek pemeliharaan bangunan berskala besar dan multi-lokasi, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap perpanjangan usia layanan bangunan dan efisiensi biaya pemeliharaan jangka panjang.

Konsep Dasar Sumber Daya Manusia (SDM)

Hakikatnya manajemen sumber daya manusia sangat berbeda dibandingkan dengan manajemen sumber daya alam, dimana manajemen sumber daya manusia sangat ditentukan oleh sifat SDM itu sendiri, yang selalu berkembang (dinamis) baik jumlah maupun mutunya. Sumber daya manusia (SDM) merupakan orang-orang yang melakukan pekerjaan dan memiliki fungsi sebagai asset suatu organisasi atau perusahaan yang dapat dihitung berdasarkan jumlah. Sumber daya manusia (SDM) merupakan potensi yang menjadi motor penggerak pada suatu organisasi yang berbeda dengan sumber daya lainnya (Sarumaha and Dewita, 2023). Secara alami, agar sistem dapat berfungsi dengan baik, pengelolaannya harus memperhatikan sejumlah aspek penting yang berkaitan dengan sumber daya manusia. Sumber daya manusia memegang peran krusial di berbagai bidang pembangunan. Oleh karena itu, banyak perusahaan mengalokasikan investasi besar untuk meningkatkan kualitas sumber daya manusianya melalui berbagai metode seperti motivasi, disiplin kerja, dan pembenahan lingkungan kerja.

Kinerja

Istilah kinerja berasal dari kata *job performance* atau *actual performance* (prestasi kerja atau prestasi sesungguhnya yang dicapai oleh seseorang). Pengertian kinerja (prestasi kerja) adalah hasil kerja yang kualitas dan kuantitas yang dicapai oleh seorang pegawai dalam melaksanakan tugasnya sesuai dengan tanggung jawab yang diberikan kepadanya (Maddepunggeng et al., 2016). Menurut (Willy & Sekarsari, 2020) kinerja adalah hasil kerja secara kualitas dan kuantitas yang dicapai oleh seseorang karyawan dalam melaksanakan tugasnya sesuai dengan tanggung jawab yang diberikan kepadanya. Menurut Gerung et al (2022), kinerja pegawai merupakan suatu ukuran yang dapat digunakan untuk menetapkan perbandingan hasil pelaksanaan tugas, tanggung jawab yang diberikan oleh organisasi pada periode tertentu dan relatif dapat digunakan untuk mengukur prestasi kerja atau kinerja organisasi. (Tulasi & Manurung, 2022)

Aspek-Aspek yang Mempengaruhi Kinerja

Seorang karyawan yang mampu bekerja dengan kinerja yang baik akan lebih membawa nilai positif dan mempunyai kualitas tinggi dalam hasil kerjanya. Untuk mencapai hal tersebut tentunya ada beberapa unsur atau faktor yang mendukung terkait terciptanya Kinerja pekerja yang baik (Dewanto & Herbawani, 2022). Terdapat beberapa aspek yang mempengaruhi kinerja (Muka &

Wijaya, 2019), yaitu:

1. Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja: Kemampuan, kepribadian dan minat kerja.
2. Bahwa mendapat dua variabel yang mempengaruhi kinerja yaitu:
 - a. Variabel Individu terdiri dari pengalaman, pendidikan, jenis kelamin, umur, motivasi, keadaan fisik, kepribadian.
 - b. Variabel Situasional menyangkut dua faktor:
 - Faktor sosial dan organisasi, meliputi: kebijakan, jenis pelatihan dan pengalaman, sistem upah serta lingkungan sosial atau kerja.
 - Faktor fisik dan pekerjaan, meliputi: metode kerja, pengaturan dan kondisi, perlengkapan kerja atau alat, pengaturan ruang kerja, kebisingan, penyaliran dan temperaturasi
3. Menurut (Anam & Nasihien, 2019) Faktor - faktor yang mempengaruhi pencapaian kinerja sumber daya manusia, antara lain: disiplin
 - a. Faktor yang mempengaruhi pencapaian kinerja adalah kemampuan (*ability*) dan faktor motivasi (*motivation*).
 - b. Faktor- faktor yang menentukan tingkat kinerja seorang karyawan yaitu faktor internal dan faktor eksternal.
 - Faktor internal meliputi: Usaha Menunjukkan Kemampuan Diri, Disiplin , Kemampuan Berkomunikasi, dan Media Saluran Komunikasi.
 - Faktor internal meliputi: Penguasaan Tugas, Penguasaan Tugas Tambahan/ Pekerjaan tambahan, Manajemen/ Administrasi, Kepemimpinan, Kerja Tim dan Kinerja Kelompok dan Umpan Balik

Disiplin

Disiplin kerja dapat diartikan sebagai sikap hormat, hormat, ketaatan, dan ketaatan pada peraturan yang berlaku, baik tertulis maupun tidak tertulis, serta kesanggupan untuk melaksanakannya dan kesediaan menerima sanksi jika melanggar tugasnya dan wewenang yang diberikan kepadanya. (Sarumaha & Dewita, 2023)

Motivasi

Motivasi kerja merupakan daya pendorong bagi pekerja agar memberikan kontribusi sebesar mungkin demi menghasilkan keberhasilan organisasi agar dapat mencapai tujuannya. Hal tersebut dapat dilakukan dengan berdasarkan pada suatu teori yaitu teori motivasi (Willy & Sekarsari, 2020)

Lingkungan Kerja

Lingkungan kerja merupakan segala sesuatu yang berada dalam lingkungan para pekerja dan yang dapat mempengaruhi dirinya dalam bekerja. Lingkungan kerja yang baik ialah dimana para pekerja merasa aman dan nyaman dalam melaksanakan suatu pekerjaan (Suprabowo et al., 2017)

Pelatihan

Pelatihan adalah proses secara sistematis. Mengubah tingkah laku pegawai untuk mencapai tujuan organisasi. Pelatihan berkaitan dengan keahlian dan kemampuan pegawai untuk membantu pegawai untuk mencapai keahlian atau kemampuan tertentu agar berhasil dalam melaksanakan pekerjaannya. Pelatihan, pengembangan pribadi dan penciptaan pengetahuan dianggap mencapai

yang termotivasi, efisien dan kreatif yang mengarah pada industri yang inovatif. Pelatihan telah disebut sebagai faktor penting untuk pengembangan tim yang efektif. (Ghattas et al., 2022)

Kemampuan

Kompetensi merupakan kemampuan seseorang tenaga kerja dalam melaksanakan tugas atau pekerjaan, baik di organisasi maupun di suatu instansi pemerintah maupun swasta. Kompetensi harus menjadi faktor yang mendasar, dimana setiap orang harus memiliki kemampuan rata-rata dan hal tersebut nantinya berkaitan dengan karakteristik dalam setiap orang dalam bekerja. (Willy & Sekarsari, 2020)

Alat

Peralatan (*machine*), merupakan jenis sumber daya yang dapat diukur dan dianalisis tingkat produktivitasnya, umumnya peralatan memiliki kapasitas yang berbeda-beda tergantung tipe dari peralatan tersebut. Tentunya pemilihan peralatan yang tepat sesuai dengan pekerjaan dalam proyek konstruksi memberikan kontribusi yang besar dalam keberhasilan suatu proyek. (Bunyamin et al., 2024)

2. METODE PENELITIAN

Dalam menganalisis peneliti menggunakan software SEM PLS versi 3.0, dan untuk menentukan ukuran sampel apakah data tersebut memenuhi per-syaratan pada model SEM-PLS. Beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah karakteristik dari model itu sendiri diantaranya, ukuran sampel, bentuk seba-ran data, missing values dan skala pengukuran.

Sampel pada penelitian ini ditujukan kepada 60 responden yang menjalankan proyek pemeliharaan bangunan pada gedung PT.XYZ, yang men-cakup staff, teknisi, tenaga ahli / engineer, dan manajer. Populasi pada penelitian ini adalah karyawan yang mengurus proyek pemeliharaan bangunan pada PT.XYZ di beberapa lokasi Kabupaten Bekasi Cibi-tung, Karawang dan Jakarta.

Penelitian ini dilaksanakan pada proyek pemeliharaan bangunan milik PT.XYZ yang tersebar di beberapa wilayah, yaitu Kabupaten Bekasi (Cibi-tung), Karawang, dan Jakarta. Lokasi penelitian dipilih berdasarkan area operasional PT.XYZ yang aktif melakukan kegiatan pemeliharaan bangunan secara berkelanjutan. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi :

1. Field research, meliputi : Kuesioner, merupakan metode pengumpulan data melalui penyebaran daftar pertanyaan yang diajukan sehubungan dengan materi penelitian kepada responden yang telah dipilih
2. Dokumen yaitu semua kegiatan yang berkaitan dengan foto dan penyimpanan informasi dalam bidang pengetahuan. Kumpulan bahan atau dokumen yang dapat digunakan sebagai asas bagi suatu kejadian, penghasilan sesuatu terbitan
3. Library research yaitu dengan menggunakan studi keputusan dan literature-literaturlainnya yang ada hubungannya dengan penelitian yang dilakukan dimana akan didapat data-data yang dibutuhkan oleh peneliti guna melengkapi hasil dari penelitia

Sehubungan pendekatan penelitian adalah penelitian kuantitatif maka uji instrumen penelitian yang digunakan adalah :

1. Uji Validitas

Suatu kuesioner dikatakan valid jika pernyataan pada kuesioner mampu untuk mengungkapkan sesuatu yang akan diukur oleh kuesioner tersebut. Suatu kuesioner dikatakan valid jika mempunyai validitas tinggi yaitu corrected item > 0,3, sebaliknya kurang valid jika nilai corrected item < 0,30.

2. Uji Reliabilitas

Reliabilitas sebenarnya adalah alat untuk mengukur suatu kuesioner yang merupakan indikator dari variabel. Suatu kuesioner dikatakan reliabel atau handal jika jawaban seseorang terhadap pernyataan adalah konsisten atau stabil dari waktu ke waktu. Jika jawaban terhadap semua indikator ini acak, maka dapat dikatakan tidak reliabel.

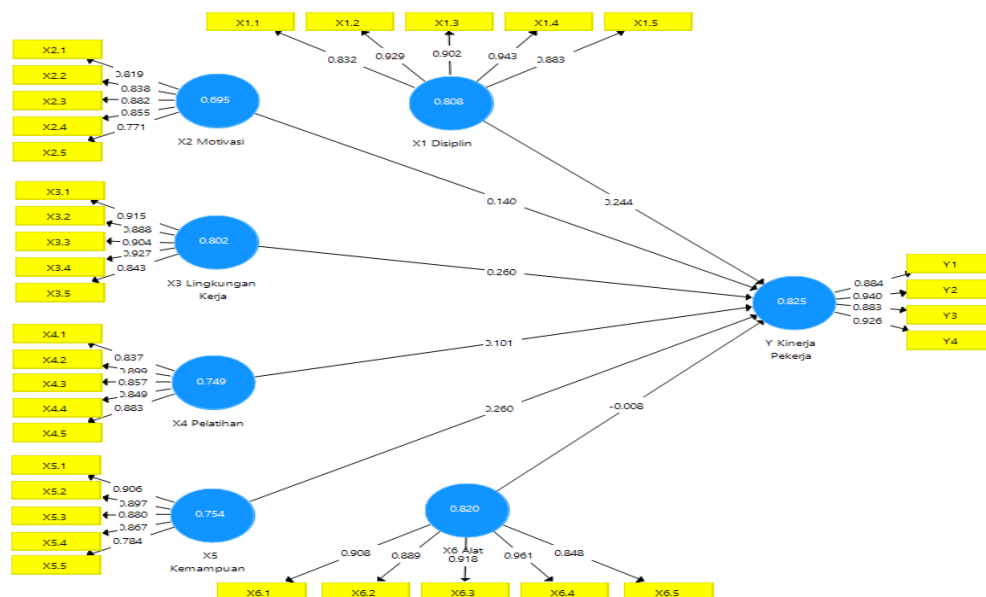
Pengukuran reliabilitas dapat dilakukan dengan one shot atau pengukuran sekali saja. SPSS versi 16,0 for windows memberikan fasilitas untuk mengukur reliabilitas dengan uji statistic Cronbach Alpha (α). Kriteria pengujian yaitu:

- Jika nilai alpha > 0,60 berarti pernyataan reliabel
- Jika nilai alpha < 0,60 berarti pernyataan tidak reliabel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Konstruk Model

Pada tahap awal perhitungan dilakukan pengujian outer model yang disajikan pada gambar 4.2. Uji ini dilakukan agar dapat mengetahui jika data yang digunakan valid atau tidak valid. Namun, jika terdapat data tidak valid maka akan dilakukan pengujian ulang. Di dapatkan model perhitungan model awal dengan software SmartPLS 3.0, sebagai berikut:



Gambar 1 . Hasil konstruk model

a. Uji Validitas konvergen

Tujuan uji validitas ini adalah untuk mengukur validitas kuesioner dalam penelitian. (Putra et al., 2024)

Validitas konvergen dilihat dari nilai outer loading dan AVE. Suatu indikator dikatakan valid jika nilai outer loading > 0.7 dan AVE > 0.5. Tabel Outer Loading (nilai > 0.7 untuk semua indikator, valid):

Tabel 1 . Hasil *outer loading*

	X1 Disiplin	X2 Motivasi	X3 Lingkungan Kerja	X4 Pelatihan	X5 Kemampuan	X6 Alat	Y Kinerja Pekerja
X1.1	0,832						
X1.2	0,929						
X1.3	0,902						
X1.4	0,943						
X1.5	0,883						
X2.1		0,819					
X2.2		0,838					
X2.3		0,882					
X2.4		0,855					
X2.5		0,771					
X3.1			0,915				
X3.2			0,888				
X3.3			0,904				
X3.4			0,927				
X3.5			0,843				
X4.1				0,837			
X4.2				0,899			
X4.3				0,857			
X4.4				0,849			
X4.5				0,883			
X5.1					0,906		
X5.2					0,897		
X5.3					0,880		
X5.4					0,867		
X5.5					0,784		
X6.1						0,908	
X6.2						0,889	
X6.3						0,918	
X6.4						0,961	
X6.5						0,848	
Y1							0,884
Y2							0,940
Y3							0,883
Y4							0,926

Berdasarkan Tabel 1, nilai *outer loading* telah > 0,7 sehingga disimpulkan seluruh *indicator* pada *variable* laten sudah valid dan bisa menjelaskan masing-masing *variable* dengan baik.

Tabel 2 . Hasil *Average Variance Extracted (AVE)*

	<i>Average Variance Extracted (AVE)</i>
X1 Disiplin	0,808
X2 Motivasi	0,695
X3 Lingkungan Kerja	0,802
X4 Pelatihan	0,749
X5 Kemampuan	0,754
X6 Alat	0,820
Y Kinerja Pekerja	0,825

Semua nilai AVE > 0.5, ini membuktikan bahwa seluruh konstruk telah memenuhi syarat dan dapat dinyatakan valid. Dengan sudah diketahuinya seluruh hasil indikator dari hasil perhitungan outer loading dan AVE dapat dinyatakan valid karena memiliki nilai outer loading > 0.7 dan AVE > 0.5. Dengan demikian, indikator dapat digunakan untuk analisis model lanjutan

b. Uji Reliabilitas Konstruk

Uji reliabilitas digunakan untuk mengetahui apakah alat pengukur yang digunakan dapat diandalkan dan konsisten selama pengukuran yang diulang. Uji reliabilitas bertujuan untuk menentukan seberapa jauh instrumen penelitian yang digunakan dapat meyakinkan. (Aritonang et al., 2023) Reliabilitas konstruk diukur menggunakan *Cronbach Alpha* dan *Composite Reliability* (CR). Konstruk dikatakan reliabel jika nilai Cronbach Alpha > 0.6 dan CR > 0.7.

Tabel 3 . Hasil uji realbilitas

Variabel	Cronbach Alpha	Composite Reliability	Keterangan
Disiplin (X1)	0,940	0,954	Reliabel
Motivasi (X2)	0,890	0,919	Reliabel
Lingkungan Kerja (X3)	0,938	0,953	Reliabel
Pelatihan (X4)	0,916	0,937	Reliabel
Kemampuan (X5)	0,918	0,938	Reliabel
Alat (X6)	0,945	0,958	Reliabel
Kinerja pekerja (Y)	0,929	0,950	Reliabel

Hasil nilai uji Cronbach Alpha > 0,6 dan Composite Reliability > 0,7 melebihi batas minimum, menunjukkan bahwa seluruh indikator dalam setiap konstruk konsisten dan dapat diandalkan dalam mengukur variabel laten. Seluruh variable ini dapat dinyatakan reliabel

c. Uji Reliabilitas Multikolinearitas

Tabel 4 . Hasil multikolinearitas

Konstruk	Inner VIF
Disiplin (X1)	2,711
Motivasi (X2)	3,111
Lingkungan Kerja (X3)	7,125
Pelatihan (X4)	3,883
Kemampuan (X5)	4,307
Alat (X6)	5,711

Hasil ini menunjukkan bahwa sebagian besar konstruk memiliki nilai VIF di bawah batas kritis 5, menandakan bahwa multikolinearitas tidak menjadi masalah signifikan. Namun, nilai VIF pada Lingkungan Kerja (X3) dan Alat (X6) mendekati atau sedikit melebihi batas 5, yang mengindikasikan potensi korelasi tinggi dengan konstruk lainnya

d. Uji R-Square (R^2)**Tabel 5 . Hasil r-square (R^2)**

	<i>R Square</i>	<i>R Square Adjusted</i>
Y Kinerja Pekerja	0,806	0,781

Berdasarkan hasil analisa tersebut, di dapatkan Kinerja pekerja (Y) memiliki R^2 sebesar 0.806, termasuk dalam kategori kuat. Artinya, variabel-variabel SDM yang diteliti (Disiplin, Motivasi, Lingkungan Kerja, Pelatihan, Kemampuan, dan Alat) secara bersama-sama mampu menjelaskan 80.6% perubahan atau variasi terhadap Kinerja pekerja. Sisanya (19.4%) dapat disebabkan oleh

faktor lain di luar model penelitian ini, seperti budaya organisasi, sistem reward, atau faktor eksternal proyek.

e. Uji Signifikan Jalur

Tabel 6 . Hasil uji signifikan jalur

Hipotesis	Jalur	Original Sample (O)	T Statistics (O/STDEV)	P Values
H1	X1 Disiplin -> Y Kinerja Pekerja	0,244	2,089	0,037
H2	X2 Motivasi -> Y Kinerja Pekerja	0,140	1,023	0,307
H3	X3 Lingkungan Kerja -> Y Kinerja Pekerja``	0,260	1,454	0,147
H4	X4 Pelatihan -> Y Kinerja Pekerja	0,101	0,618	0,537
H5	X5 Kemampuan -> Y Kinerja Pekerja	0,260	1,518	0,130
H6	X6 Alat -> Y Kinerja Pekerja	-0,008	0,045	0,964

Berdasarkan hasil dari Tabel 6, di dapatkan:

1. H1 (Diterima): Disiplin memiliki pengaruh langsung dan signifikan terhadap Kinerja pekerja dengan nilai koefisien 0,244 dan nilai P sebesar 0,037 ($< 0,05$). Ini berarti bahwa semakin tinggi tingkat kedisiplinan pekerja, maka semakin baik kualitas kinerja yang dihasilkan. Disiplin menjadi aspek penting dalam menjaga konsistensi dan ketepatan waktu dalam pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan.
2. H2 (Ditolak): Motivasi tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap Kinerja pekerja, dengan nilai P sebesar 0,307 ($> 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun pekerja memiliki motivasi, mereka tetap mungkin menghadapi hambatan lain seperti kurangnya pelatihan, keterbatasan keterampilan, atau alat kerja yang kurang memadai, sehingga kinerja belum optimal.
3. H3 (Ditolak): Lingkungan Kerja tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap Kinerja pekerja, dengan nilai P sebesar 0,147 ($> 0,05$). Artinya, suasana atau kondisi kerja yang baik belum cukup berdampak langsung pada peningkatan kinerja tanpa diikuti dengan faktor pendukung lainnya seperti disiplin atau kemampuan teknis pekerja.
4. H4 (Ditolak): Pelatihan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap Kinerja pekerja, dengan nilai P sebesar 0,537 ($> 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa pelatihan yang diberikan belum sepenuhnya efektif atau belum sesuai dengan kebutuhan teknis di lapangan, sehingga belum mampu meningkatkan kualitas kinerja secara langsung.
5. H5 (Ditolak): Kemampuan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap Kinerja pekerja, dengan nilai P sebesar 0,130 ($> 0,05$). Meskipun kemampuan teknis diperlukan, hasil ini mengindikasikan bahwa aspek kemampuan pekerja belum menjadi faktor utama yang mendorong peningkatan kinerja secara langsung dalam proyek pemeliharaan bangunan.
6. H6 (Ditolak): Alat tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap Kinerja pekerja, dengan nilai P sebesar 0,964 ($> 0,05$). Ini menunjukkan bahwa ketersediaan atau kondisi alat kerja belum

secara langsung berdampak pada kualitas kinerja. Hal ini bisa disebabkan karena alat yang tersedia belum dimanfaatkan secara optimal atau belum sesuai dengan jenis pekerjaan yang dilakukan

4. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh aspek-aspek sumber daya manusia (SDM) terhadap kualitas Kinerja pekerja pada proyek pemeliharaan bangunan, dengan menggunakan metode *Structural Equation Modeling Partial Least Squares* (SEM-PLS), software SmartPLS 3.0. Berdasarkan hasil analisis dan menjawab masalah yang telah dirumuskan, maka kesimpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Dari enam variabel SDM yang diuji (Disiplin, Motivasi, Lingkungan Kerja, Pelatihan, Kemampuan, dan Alat), hanya Disiplin (X1) yang terbukti berpengaruh positif dan signifikan terhadap Kinerja pekerja, dengan hasil Koefisien jalur: 0.244, T-statistik: 2.089, dan P-value: 0.037. Lima variabel lainnya (Motivasi, Lingkungan Kerja, Pelatihan, Kemampuan, dan Alat) menunjukkan arah pengaruh positif, namun tidak signifikan secara statistik ($P > 0.05$)
2. Secara keseluruhan, model ini memiliki R^2 sebesar 0.806, artinya 80,6% variasi Kinerja pekerja dijelaskan oleh enam aspek SDM tersebut secara simultan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anam, M. C., & Nasihien, R. D. (2019). Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja Sumberdaya Manusia Menggunakan Metode Diskriptif Dan Diskriminan Pada Proyek Konstruksi Di PT.X. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 1(2), 48–56. <https://doi.org/10.26740/proteksi.v1n2.p48-56>
2. Aritonang, F. N. F., Amin, M., & Susetyo, B. (2023). Analisis Faktor-Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Penurunan Risiko Kecelakaan Kerja. *Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil*, 28(2), 266–276. <https://doi.org/10.32497/wahanats.v28i2.5242>
3. Bunyamin, Heru Pramanda, Wahyu Diara, & David Sarana. (2024). Analisis Pengaruh Pengalaman dan Karakter Sumber Daya Manusia Terhadap Kualitas Pekerjaan Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Kecamatan Kuta Alam dan Syiah Kuala). *Tameh*, 13(1), 55–66. <https://doi.org/10.37598/tameh.v13i1.145>
4. Dewanto, D., & Herbawani, C. K. (2022). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kinerja pekerja Proyek Konstruksi: Systematic Review. *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 21(2), 142–147. <https://doi.org/10.14710/mkmi.21.2.142-147>
5. Ghattas, M. S., Bassioni, H. A., & Gaid, E. F. (2022). Human Resources Management Influence on Projects Performance: A Study of Contractors Professionals Working on Construction Projects in Egypt. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1056(012039), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1056/1/012039>
6. Muka, I. W., & Wijaya, I. M. H. (2019). Pengaruh Pengalaman Tenaga Kerja Terhadap Kinerja Kontraktor Pada Proyek Konstruksi Villa (Study Kasus : Pembangunan Villa Menaro's House, PT. Cipta Kreasi Bangun Pratama). *Academia.Edu*, 12(1), 61–78.
7. Suprabowo, T. setiawan, Anwar, M. ruslin, & Wijatmiko, I. (2017). Analisa Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja Sumber Daya Manusia Dalam Pelaksanaan Pekerjaan Bekisting Semi

- Modern Pada Konstruksi Bangunan Gedung. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 15(1), 63–73.
<https://doi.org/10.22219/jmts.v15i1.4493>
8. Sarumaha, E., & Dewita, H. (2023). Analisis Sumber Daya Manusia Terhadap Kinerja Pekerja Konstruksi Pada Proyek Konstruksi. *Jurnal Jasa Konstruksi*, 2(1), 1–8.
 9. Putra, R. D., Arifin, Z., & Isradi, M. (2024). Analysis of the Level of Public Satisfaction with the Performance of Services and Facilities at Tambun Station after Revitalization. *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation*, 5(5), 49–56.
 10. Tulasi, D., & Manurung, M. H. (2022). Analisis Pengaruh Kualitas Jasa Dan Motivasi Kerja Terhadap Kinerja pekerja (Studi Kasus: Pada Karyawan PT Duta Heksa Nusa). *Jurnal Kewirausahaan, Akuntansi, Dan Manajemen TRI BISNIS*, 4(1), 112–145.
<https://ejurnal.stietribhakti.ac.id/index.php/TRIBISNIS/article/download/153/109>
 11. Willy, Y., & Sekarsari, J. (2020). Analisis Aspek Sumber Daya Manusia Terhadap Kinerja Pekerja Proyek Konstruksi. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 3(3), 523–532.
<https://doi.org/10.24912/jmts.v3i3.8392>



EFEK DINDING BATA TERHADAP *SOFT STORY* SISTEM RANGKA BANGUN GEDUNG BETON BERTULANG BERATURAN BERDASARKAN ASCE 41-17

Nasywa Amirah Fathinah¹, Enno Yuniarto¹, Zulfikar Djauhari^{2*}

¹Program Studi S1 Teknik Sipil, Universitas Riau

²*Corresponding author*, email address: zulfikar.djauhari@lecturer.unri.ac.id

ARTICLE IN FO

Article History:

Received
9 November 2025
Accepted
25 Desember 2025
Online
31 Desember 2025

ABSTRAK

Dinding bata pada bangunan umumnya digolongkan sebagai elemen non-struktural sehingga tidak diperhitungkan dalam proses perencanaan struktur. Pada bangunan dengan karakteristik *soft story*, pengabaian terhadap kontribusi dinding bata menjadi penting untuk dikaji lebih lanjut mengingat *soft story* meningkatkan kerentanan struktur saat terjadi gempa. *Soft story* terjadi akibat perbedaan kekakuan antar tingkat yang signifikan menyebabkan deformasi lebih besar pada tingkat bawah dibandingkan tingkat di atasnya. Kondisi ini dapat memicu ketidakstabilan struktur sehingga berpotensi keruntuhan parsial maupun total. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh konfigurasi dinding bata terhadap respons *soft story* pada struktur beton bertulang. Pemodelan dilakukan pada gedung beraturan dengan empat variasi konfigurasi dinding pengisi yang direpresentasikan sebagai elemen strut berdasarkan ASCE 41-17. Variasi model tersebut terdiri atas: Model 1 tanpa dinding bata, Model 2 dengan dinding bata pada tingkat dua hingga enam, Model 3 dengan dinding bata pada tingkat tiga hingga enam serta, Model 4 dengan dinding bata pada tingkat dua hingga lima. Seluruh model kemudian dianalisis secara linier. Hasil analisis menunjukkan bahwa Model 3 memiliki perbedaan kekakuan paling besar sehingga memicu *soft story* pada dua tingkat terbawah dengan rasio kekakuan masing-masing sebesar 0,65% dan 0,51%. Model 2 dan Model 4 memiliki nilai yang sama pada tingkat pertama dengan rasio kekakuan 0,35%. Sementara itu, Model 1 memiliki distribusi kekakuan yang meningkat secara bertahap antar tingkat dengan rasio kekakuan 0,69%–1,13%. Maka, dapat disimpulkan bahwa distribusi dinding pengisi yang tidak merata dapat mengakibatkan ketidakaturan dalam kekakuan struktur. Hal ini menyebabkan konsentrasi deformasi yang besar pada tingkat bawah yang berpotensi membentuk mekanisme *soft story*.

Kata Kunci: Dinding Bata, *Soft Story*, Gedung Beraturan, ASCE 41-17

ABSTRACT

Masonry walls in buildings are generally classified as non-structural elements and are therefore not accounted for in the structural design. In buildings with soft-story characteristics, neglecting the effect of masonry infill walls needs to be studied further, since soft-story behavior can increase the vulnerability of the structure during an earthquake. A soft story occurs when there is a significant difference in stiffness between floors, causing greater deformation at the lower level than at the upper ones. This condition can lead to structural instability and may cause partial or total collapse. This research to analyze the influence of masonry wall configuration on the soft-story response of reinforced concrete structures. Modeling was performed on a regular building with four variations of infill wall configurations,

represented as strut elements based on ASCE 41-17. The model variations consisted of: Model 1 without masonry walls, Model 2 with masonry walls from the second to the sixth stor, Model 3 with masonry walls from the third to the sixth story, and Model 4 with masonry walls from the second to the fifth story. All models were then analyzed using a linear static procedure. Model 3 created the most severe stiffness irregularity, producing a soft-story condition in the two lowest levels, with inter-story stiffness ratios of just 0,65% and 0,51%. Model 2 and Model 4 had the same value on the first story, with a stiffness ratio of 0,35%. Meanwhile, Model 1 had a gradually increasing stiffness distribution between stories, with stiffness ratios ranging from 0,69% to 1,13%. Therefore, it can be concluded that an uneven distribution of infill walls leads to structural stiffness irregularity. This causes a concentration of large deformation in the lower stories, potentially forming a soft-story mechanism.

Keywords: Masonry Infill Wall, Soft Story, Regular Buildings, ASCE 41-17

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan aktivitas gempa yang tinggi karena berada di pertemuan empat lempeng tektonik aktif. Kondisi ini membuat perancangan bangunan tahan gempa menjadi sangat penting. Salah satu permasalahan struktural yang dijumpai akibat ketidaksesuaian perencanaan terhadap kondisi gempa adalah fenomena *soft story*, yaitu kondisi di mana tingkat bawah suatu bangunan memiliki kekakuan lateral yang jauh lebih rendah dibandingkan tingkat di atasnya. Ketidakteraturan kekakuan ini terjadi karena adanya perbedaan geometri seperti ketinggian dan bukaan. Akibatnya, gaya lateral dari gempa terkonsentrasi di tingkat yang lemah, sehingga meningkatkan risiko deformasi berlebih dan berpotensi kegagalan struktur.

Fenomena tersebut tidak hanya dipengaruhi oleh elemen struktural utama, tetapi juga dapat berkaitan dengan keberadaan elemen lain pada bangunan seperti, dinding pengisi. Dalam praktik konstruksi, dinding bata biasanya digunakan sebagai dinding pengisi yang dipasang di antara kolom dan balok. Selama ini, dinding bata dianggap hanya sebagai komponen non-struktural sehingga kontribusi kekakuannya terhadap perilaku bangunan kerap diabaikan. Padahal, keberadaan dinding bata terbukti memengaruhi kekakuan, kekakuan, dan perilaku seismik struktur secara signifikan (Dehankar dan Ambadekar, 2020). Penelitian tentang pengaruh dinding terhadap kekakuan struktur beton bertulang membuktikan bahwa kekakuan lateral dari struktur rangka beton bertulang dengan dinding bata lebih besar dibandingkan dengan struktur rangka beton bertulang tanpa dinding bata (Putra dan Tanjung, 2020). Kuat tekan bata adalah beban maksimum yang dapat diterima batu bata tersebut per satuan luas permukaan yang dikenai tekanan, dimana kemampuan material dalam menahan beban atau gaya mekanis tersebut sampai terjadinya kegagalan (Utari dkk., 2014). Dari segi keamanan, infilled frame jauh lebih aman dibandingkan dengan open framedan sangat memenuhi syarat untuk digunakan pada daerah yang beresiko gempa tinggi. (Pascanawaty dan Ernawati, 2020)

Struktur bangunan biasanya memiliki bukaan besar pada tingkat tertentu misalnya, tingkat satu untuk fungsi seperti area parkir, garasi, atau lobi berkaca. Sementara itu, tingkat-tingkat lainnya tetap dilengkapi dinding pengisi. Penelitian (Bastian, 2020) membuktikan bahwa struktur yang menggunakan konfigurasi rangka dengan dinding pengisi memiliki kapasitas lateral dan kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan struktur rangka kosong. Oleh karena itu, penelitian ini

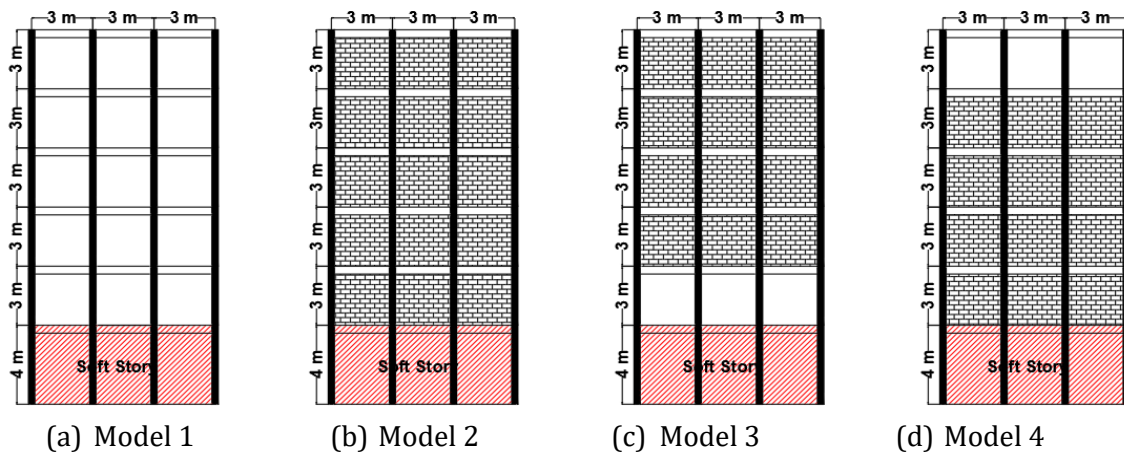
bertujuan untuk mengetahui pengaruh keberadaan dinding pengisi pada struktur bangunan yang memiliki *soft story* dengan menggunakan bantuan program metode elemen hingga.

2. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini bersifat kuantitatif. Program elemen hingga digunakan untuk memodelkan bangunan, melakukan simulasi gempa, dan memeriksa keamanan desain bangunan. Semua proses ini bisa dilakukan dalam satu aplikasi dan hasilnya bisa dilihat dalam bentuk gambar, grafik, atau tabel. Dengan bantuan program ini, hasil simulasi diharapkan bisa menunjukkan kondisi bangunan yang hampir sama seperti di dunia nyata.

2.1 Data Model

Penelitian ini mengkaji gedung beraturan dua dimensi (2D) dengan tinggi total 19 meter yang terdiri atas enam tingkat. Elemen struktur utama seperti, kolom dan balok menggunakan ukuran dan konfigurasi yang sama pada setiap pemodelan. Analisis difokuskan terhadap empat variasi konfigurasi dinding bata pada bangunan yang berkarakteristik *soft story* di tingkat pertama. Setiap variasi mewakili posisi dinding bata yang berbeda pada struktur bangunan. Model satu tanpa dinding bata. Model dua memiliki dinding bata pada tingkat dua sampai enam. Model tiga memiliki dinding bata pada tingkat tiga sampai enam. Model empat memiliki dinding bata pada tingkat dua sampai lima.



Gambar 1. Potongan struktur bangunan

Struktur bangunan dimodelkan dengan bantuan program metode elemen hingga berdasarkan data yang tercantum sebagai berikut.

1. Fungsi gedung : Perkantoran
2. Jenis tanah : Tanah Sedang
3. Sistem struktur : SRPM K
4. Lokasi : Pekanbaru
5. Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
6. Tulangan ulir : BJTS 420B fy 420 Mpa
7. Tulangan polos : BJTP 280 fy 280 Mpa
8. Dimensi balok : 30 cm x 35 cm
9. Dimensi kolom : 30 cm x 30 cm

Selain itu, parameter material bata yang digunakan sebagai dinding bata dalam pemodelan ini dapat dilihat pada data berikut.

1. Jenis Bata : Bata merah
2. Dimensi Bata : 14 cm x 7 cm x 3,5 cm
3. Kuat tekan bata, f_m : 1,082 MPa

2.2 Pembebanan

Pembebanan yang digunakan dalam memodelkan struktur bangunan meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

a. Beban mati

Beban mati yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua macam yaitu, beban mati struktural dan beban mati tambahan. Beban mati struktural merupakan total berat dari seluruh komponen bangunan yang bersifat permanen, termasuk elemen seperti kolom dan balok yang menjadi bagian dari struktur bangunan sehingga perhitungannya dilakukan secara otomatis oleh program analisis struktur. Sedangkan, beban mati tambahan adalah beban tetap berasal dari elemen non-struktural bangunan, seperti lapisan *finishing* dan instalasi, yang berkontribusi terhadap beban total yang ditahan elemen struktural.

b. Beban hidup

Beban hidup pada bangunan ditentukan berdasarkan fungsi penggunaannya. Dalam penelitian ini, bangunan difungsikan sebagai perkantoran sehingga sesuai SNI 1727:2020 diasumsikan menahan beban hidup setara area publik sebesar 4,79 kN/m².

c. Beban gempa

Perhitungan beban gempa mengacu pada SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung. Proses perhitungan beban gempa dilakukan melalui beberapa tahapan, dimulai dari penentuan klasifikasi situs dan kategori risiko struktur. Selanjutnya ditetapkan faktor keutamaan gempa serta respons spektrum sesuai wilayah dan karakteristik tanah. Tahap akhir meliputi penentuan sistem pemikul gaya gempa yang digunakan dalam perencanaan struktur.

2.3 Strut Dinding Bata

Dinding pengisi dianggap bekerja sebagai elemen tekan diagonal (*strut*) yang membantu menahan gaya lateral pada struktur. Model *strut* digunakan untuk merepresentasikan kontribusi dinding pengisi dalam sistem bangunan. Berdasarkan pedoman ASCE 41-17, perhitungan lebar efektif *strut* dilakukan menggunakan rumus empiris yang telah teruji sebagaimana ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$\alpha_{strut} = \frac{K_{Solid}^{Un} - 2K_{col}}{d_w \cos^2 \theta_{strut} E_m} L_{strut} \quad (1)$$

Keterangan:

- K_{Solid}^{Un} : Kekakuan dinding pengisi yang belum retak, N/mm
 K_{col} : Kekakuan lentur setiap rangka kolom, N/mm
 d_w : Ketebalan dinding pengisi, mm
 θ_{strut} : Sudut *strut* terhadap arah horizontal, derajat (°)
 L_{strut} : Panjang *strut*, mm
 E_m : Modulus elastisitas material dinding (*Masonry*), Mpa

2.4 Analisa Struktur

Analisis struktur gedung dilakukan menggunakan metode statik linier berdasarkan SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung. Pemodelan struktur dibantu dengan perangkat lunak berbasis metode elemen hingga untuk mempermudah proses analisis. Tahapan analisis diawali dengan memasukkan data material serta properti penampang elemen, kemudian dilanjutkan dengan analisis pembebanan dan data *strut*. Hasil dari setiap model dibandingkan berdasarkan nilai periode getar, gaya geser antar tingkat (*story shear*), simpangan antar tingkat (*story drift*), kekakuan antar tingkat (*story stiffness*), serta potensi terjadinya *soft story*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

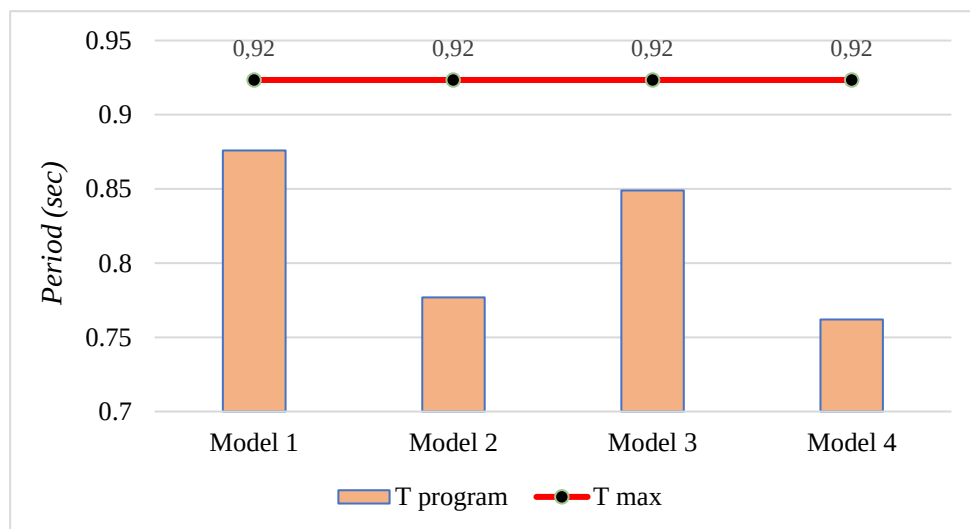
3.1 Periode Getar Struktur

Periode getar struktur mencerminkan respons dinamis bangunan terhadap beban gempa. Hasil perhitungan periode getar untuk masing-masing model ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi periode getar struktur

Model	Period (sec)	
	T program	T max
Model 1	0,876	0,92
Model 2	0,780	0,92
Model 3	0,852	0,92
Model 4	0,765	0,92

Untuk memperjelas hasil analisis, nilai periode getar dari setiap model struktur ditampilkan secara grafik pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik periode getar struktur

Berdasarkan tabel dan gambar di atas, Model 1 memiliki periode getar terpanjang, diikuti oleh Model 3 dan Model 2, sedangkan Model 4 memiliki periode getar terpendek. Perbedaan ini menunjukkan bahwa perbedaan letak dinding bata yang membuat tiap model memiliki karakteristik periode getar yang berbeda. Nilai periode getar semua pemodelan masih berada dibawah batas periode getar maksimum.

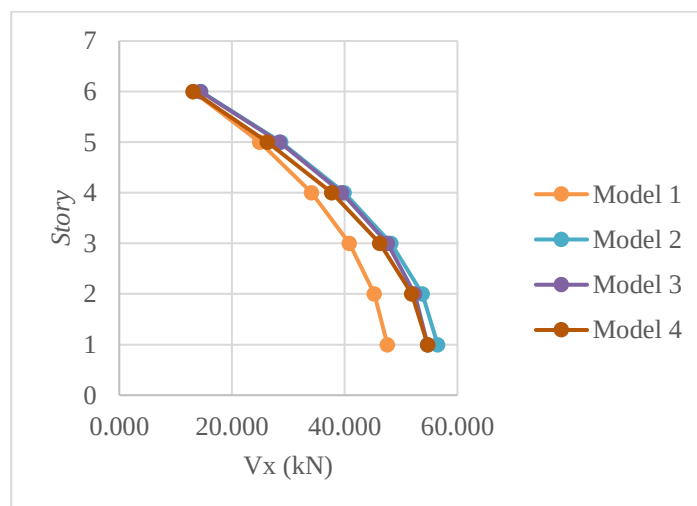
3.2 Story Shear

Story shear (gaya geser antar tingkat) merupakan gaya lateral yang harus dipikul oleh setiap tingkat bangunan akibat pengaruh beban gempa. Nilai gaya geser pada masing-masing model hasil analisis ditunjukkan pada Tabel 2.

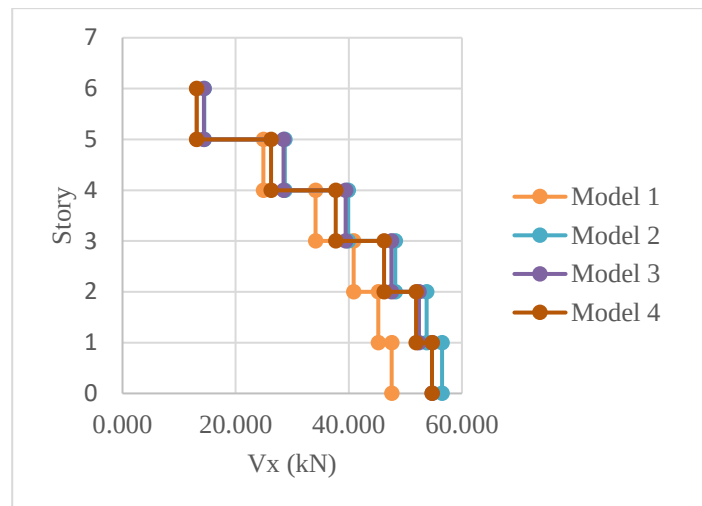
Tabel 2. Rekapitulasi *story shear*

Story	V _x (kN)			
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
6	13,144	14,459	14,388	13,106
5	24,911	28,678	28,450	26,269
4	34,106	39,900	39,465	37,716
3	40,838	48,220	47,556	46,220
2	45,245	53,761	52,391	51,899
1	47,579	56,493	54,711	54,711

Untuk memperjelas hasil analisis, nilai *story shear* dari setiap model struktur ditampilkan secara grafik pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Kurva *Story Shear*



Gambar 4. Diagram Base Shear

Berdasarkan tabel dan gambar di atas, dapat dilihat bahwa pola grafik yang menurun dari tingkat satu ke tingkat paling atas pada semua model. Grafik memperlihatkan bahwa Model 2 memiliki gaya geser tertinggi, sedangkan Model 1 memiliki gaya geser terendah. Grafik menunjukkan Model 4 memiliki nilai gaya geser paling rendah di tingkat enam dibanding model lainnya. Hal ini disebabkan strut tidak digunakan di tingkat atas sehingga gaya lateral yang diteruskan ke tingkat tersebut menjadi lebih kecil.

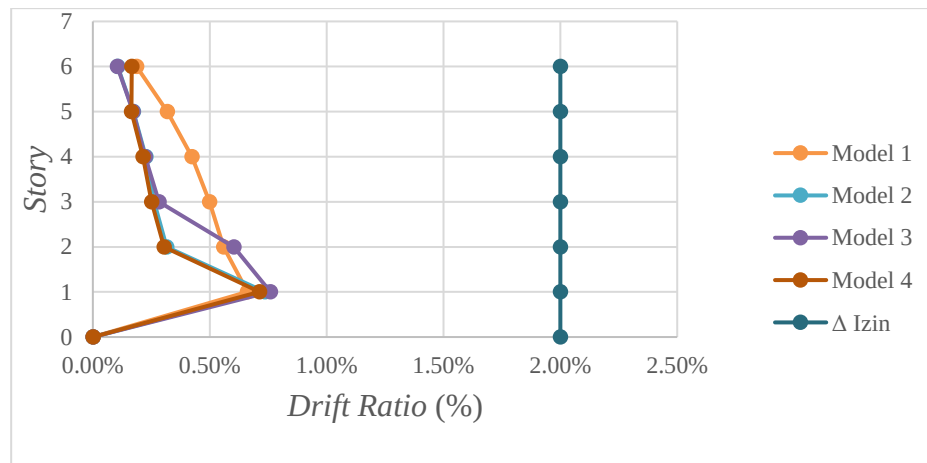
3.3 Story Drift

Story drift atau simpangan antar tingkat adalah perbedaan perpindahan lateral antara dua tingkat yang berdekatan pada suatu bangunan. Nilai *drift ratio* yang diperoleh dari hasil analisis masing-masing model disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi *story drift*

Story	Drift Ratio (%)				Δ Izin (mm)
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	
6	0,19%	0,11%	0,11%	0,17%	60
5	0,32%	0,17%	0,17%	0,17%	60
4	0,42%	0,23%	0,22%	0,21%	60
3	0,50%	0,26%	0,28%	0,25%	60
2	0,56%	0,32%	0,60%	0,31%	60
1	0,66%	0,74%	0,76%	0,71%	80
Base	0%	0%	0%	0%	0

Untuk memperjelas hasil analisis, nilai *story drift* dari setiap model struktur ditampilkan secara grafik pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik story drift

Berdasarkan tabel dan gambar di atas, Model 1 menunjukkan *drift* yang stabil di seluruh tingkat karena tidak menggunakan dinding bata, sehingga deformasi relatif merata. Model 2 mengalami *drift* lebih tinggi pada tingkat pertama dibandingkan tingkat di atas yang dilengkapi dinding bata penuh. Model 3 menunjukkan *drift* terbesar pada tingkat satu dan dua akibat tidak adanya dinding bata di dua tingkat terbawah, sementara tingkat atas yang diperkuat dinding bata sehingga deformasi terkonsentrasi di bagian bawah. Model 4 memperlihatkan *drift* tertinggi pada tingkat satu, serta tambahan nilai drift pada tingkat enam karena absennya dinding bata, sehingga deformasi juga terkonsentrasi di tingkat lima.

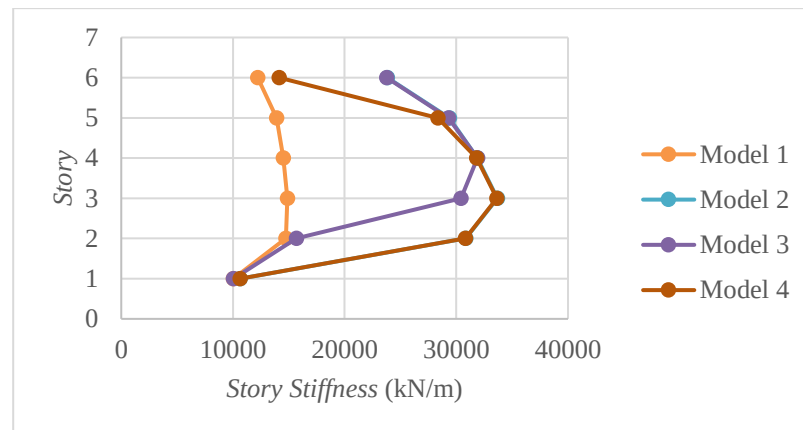
3.4 Story Stiffness

Story stiffness (kekakuan antar tingkat) adalah kemampuan struktur menahan gaya lateral pada setiap tingkat. Rekapitulasi nilai kekakuan untuk masing-masing model bangunan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi *story stiffness*

Story	Story Stiffness (kN/m)			
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
6	12192	23826	23758	14141
5	13888	29380	29309	28366
4	14489	31871	31895	31829
3	14843	33677	30423	33631
2	14709	30857	15683	30817
1	10023	10642	10054	10630

Untuk memperjelas hasil analisis, nilai *story stiffness* dari setiap model struktur ditampilkan secara grafik pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik *story stiffness*

Berdasarkan tabel dan gambar di atas, terlihat bahwa Model 2 memiliki kekakuan paling tinggi di semua tingkat, sedangkan Model 1 memiliki kekakuan terendah di semua tingkat. Model 1, Model 2, dan Model 4 terjadi kenaikan kekakuan sampai tingkat tiga namun turun di tingkat empat ke atas. Sementara, Model 3 terjadi kenaikan kekakuan sampai tingkat empat namun turun di tingkat lima dan enam.

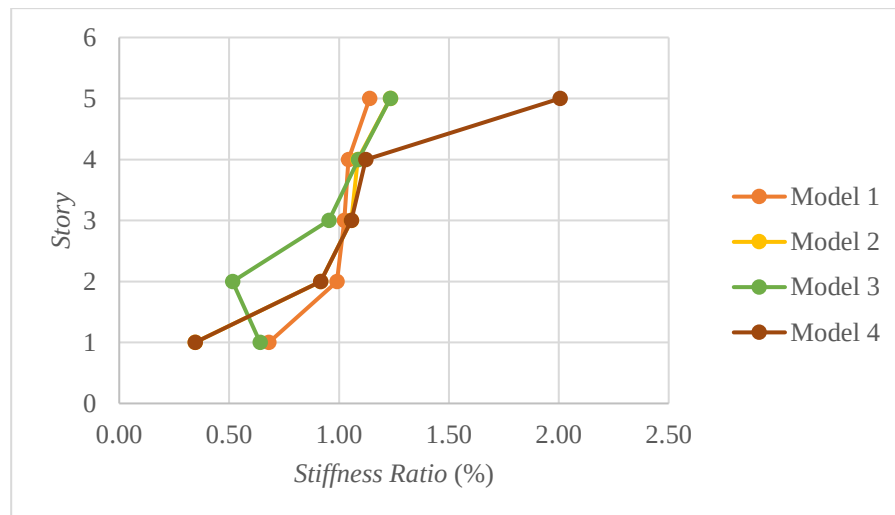
3.5 Soft Story

Untuk menganalisis potensi terjadinya *soft story*, dilakukan perhitungan rasio kekakuan antar tingkat (*stiffness ratio*) pada masing-masing model bangunan. Rasio ini menunjukkan tingkat yang mengalami penurunan kekakuan relatif terhadap tingkat di atasnya. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi *soft story*

Story	Stiffness Ratio (%)			
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
6	-	-	-	-
5	1,14	1,23	1,23	2,01
4	1,04	1,08	1,09	1,12
3	1,02	1,06	0,95	1,06
2	0,99	0,92	0,52	0,92
1	0,68	0,34	0,64	0,34

Untuk memperjelas hasil analisis, nilai *soft story* dari setiap model struktur ditampilkan secara grafik pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Soft Story

Berdasarkan tabel dan gambar di atas, Model 1 memperlihatkan rasio kekakuan yang relatif merata di seluruh tingkat. Pada Model 2 dan Model 4, rasio kekakuan rendah terjadi di tingkat satu kemudian naik secara bertahap hingga tingkat teratas. Pada Model 3, rasio kekakuan dua tingkat terbawah lebih kecil dibandingkan tingkat di atasnya, sehingga kekakuan lebih terkonsentrasi di bagian atas. Semua model menunjukkan potensi *soft story* di tingkat satu.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan terhadap pengaruh dinding bata terhadap *soft story* sistem rangka bangun gedung beton bertulang beraturan berdasarkan ASCE 41-17, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

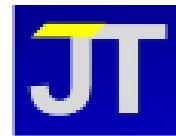
1. Berdasarkan hasil analisis modal, Model 1 tanpa dinding bata memiliki periode getar terpanjang 0,876 detik yang menunjukkan respons struktur yang lambat sehingga berpotensi *soft story* pada tingkat bawah. Model 2 memiliki dinding bata pada tingkat dua sampai enam sehingga periode getarnya menurun menjadi 0,834 detik. Model 3 memiliki dinding bata pada tingkat tiga sampai enam sehingga menurunkan periode menjadi 0,794 detik. Model 4 memiliki dinding bata pada tingkat dua sampai lima yang menghasilkan periode terpendek 0,762 detik. Penurunan periode ini mengindikasikan penempatan dinding bata dapat mempengaruhi respons struktur secara global dan risiko *soft story* pada tingkat bawah.
2. Berdasarkan analisa seismik bangunan (*story shear*), Model 1 paling fleksibel dengan gaya geser terendah, sehingga tingkat bawah lebih rawan mengalami *soft story*. Model 2, dengan gaya geser tertinggi akibat dinding bata di hampir semua tingkat, menunjukkan resistensi yang lebih baik terhadap *soft story*. Model 3 dan 4 lebih fleksibel daripada Model 2, tetap menunjukkan potensi *soft story* pada tingkat bawah karena distribusi dinding bata yang tidak merata.
3. Semua model memiliki *drift ratio* di bawah batas izin, namun tingkat pertama tetap menunjukkan *drift* tertinggi akibat ketiadaan dinding bata, sehingga lebih rentan terhadap *soft story*. Model 3 mengalami konsentrasi deformasi terbesar pada dua tingkat terbawah akibat perbedaan kekakuan signifikan, sehingga potensi *soft story* paling tinggi. Model 2 dan 4 menunjukkan perbedaan deformasi antar tingkat satu dan dua, menandakan adanya risiko *soft story*. Model 1 memiliki distribusi deformasi paling merata, sehingga potensi *soft story* lebih

rendah meskipun tetap ada pada tingkat pertama.

4. Berdasarkan analisis kekakuan antar tingkat (*story stiffness*), kekakuan antar tingkat menunjukkan pola yang memengaruhi risiko *soft story*. Model 2 terbukti paling kaku, sehingga mengurangi potensi *soft story*, sementara Model 1 paling lemah. Pada Model 3, kekakuan meningkat hingga tingkat empat yang menyebabkan konsentrasi deformasi di tingkat bawah dan memperkuat potensi *soft story*.
5. Berdasarkan kriteria *soft story* pada SNI 1726:2019, Model 3 memiliki potensi *soft story* paling tinggi karena dua tingkat terbawah tidak menggunakan dinding bata, sementara tingkat di atasnya menggunakan dinding bata penuh, sehingga terjadi perbedaan kekakuan yang cukup besar. Model 2 dan 4 juga mengalami *soft story* di tingkat satu akibat distribusi dinding bata yang tidak merata. Model 1 tidak menggunakan dinding bata sama sekali, namun tingkat satunya tetap tergolong *soft story* karena kekakuannya berada di bawah batas yang diizinkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Utari, R., Sugianto, & Taer, E. (2014). Penentuan Kualitas Batu Bata Merah Berdasarkan Konduktivitas Termal. *Media Neliti*.
2. Bastian, E. (2020), Analisis Pengaruh Infilled Frame Terhadap Displacement Struktur Rangka. *MENARA Ilmu*.
3. Dehankar, V., & Ambadekar, Dr. S. (2020). Effect of Infill Wall on Reinforced Concrete Frame using ETABS. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 8(5), 2600–2604.
4. Yolisa Putra, M., & Tanjung, J. (2020). Studi Analitikal Pengaruh Dinding terhadap Kekuatan Struktur Beton Bertulang. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 7(2354–8452).
5. Pascanawaty, S, M., dan Ernawati, A, (2021). Analisis Perkuatan Struktur Kerangka Bangunan Bertingkat Terhadap Beban Gempa Dengan Infilled Frame. *Jurnal Ulul Albab*, 24(2621–7716).
6. Peni, A. F., S. Pah, J. J., & Karels, D. W. (2022). Perencanaan Komponen Struktur Beton Bangunan Tingkat Tinggi Yang Mengalami Mekanisme Soft-Storey Dengan Variasi Dinding Pengisi. *Jurnal Teknik Sipil*, 11.
7. Ramachandra, S., Ramakrishna, V. B., Vasantha, & Vedant, V. (2020). The Influence of Infill Masonry Wall in RC Frames Subjected to Seismic Load for Sustainable Structure. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 955(1).
8. Payghan, S., Shivankar, G., Tikone, P., & Kalbhor, S. (2021). Seismic Analysis of Reinforced Concrete Frame Building with Infill Wall using ETABS. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 10(05).
9. ASCE. (2017). ASCE/SEI 41-17: Seismic evaluation and retrofit of existing buildings. American Society of Civil Engineers.
10. Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.



EVALUASI PENERAPAN SISTEM MANAJEMEN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (SMK3) PADA PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN KRUENG KEURETO ACEH UTARA

Sudirman¹, Richard Mareno^{2,*}, Royanna Sakura³, Maysa Fitri⁴, Cut Azizah⁵

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Almuslim

⁴Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Almuslim

⁵Program Magister Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Universitas Almuslim

*Corresponding author, email address: richardmareno43@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History:

Received
15 September 2025
Accepted
25 Desember 2025
Online
31 Desember 2025

ABSTRAK

Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari sistem perlindungan tenaga kerja. Pada pekerjaan jasa konstruksi, penerapan SMK3 berperan penting dalam meminimalkan risiko kerugian moral dan material, kehilangan jam kerja, serta potensi bahaya terhadap keselamatan manusia dan lingkungan sekitar, sehingga mendukung peningkatan kinerja proyek secara efektif dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penerapan SMK3 pada Proyek Pembangunan Bendungan Krueng Keureuto di Kabupaten Aceh Utara. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan pengumpulan data melalui kuesioner kepada 30 responden yang terdiri dari manajer proyek, manajer konstruksi, pelaksana K3, administrasi teknis, document control, humas, quality control, site engineer, pelaksana lapangan, logistik, warehouse, dan project control. Variabel penelitian meliputi penerapan K3, peraturan dan prosedur K3, komitmen manajemen terhadap K3, lingkungan kerja, serta evaluasi K3. Analisis data dilakukan menggunakan metode pembobotan (scoring) yang mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan SMK3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat penerapan SMK3 pada Proyek Pembangunan Bendungan Krueng Keureuto di Kabupaten Aceh Utara mencapai nilai 94,22%, yang termasuk dalam kategori memuaskan sesuai dengan ketentuan PP No. 50 Tahun 2012.

Kata Kunci: SMK3, Bendungan, Keselamatan Kerja; Proyek Konstruksi

ABSTRACT

The Occupational Safety and Health Management System (SMK3) is an integral part of the labor protection system. In construction services, the implementation of SMK3 plays a crucial role in minimizing moral and material losses, reducing loss of working hours, and preventing risks to human safety and the surrounding environment, thereby supporting effective and efficient project performance. This study aims to evaluate the implementation of SMK3 in the Krueng Keureuto Dam Construction Project in North Aceh Regency. A quantitative research approach was employed, with data collected through questionnaires distributed to 30 respondents, including

the project manager, construction manager, safety officers, technical administration staff, document controllers, public relations officers, quality control staff, site engineers, field supervisors, logistics staff, warehouse staff, and project controllers. The research variables include occupational safety and health implementation, occupational safety and health regulations and procedures, management commitment to safety, work environment, and evaluation of occupational safety and health practices. Data were analyzed using a scoring (weighting) method based on Government Regulation of the Republic of Indonesia No. 50 of 2012 concerning the Implementation of Occupational Safety and Health Management Systems. The results indicate that the level of SMK3 implementation in the Krueng Keureuto Dam Construction Project reached a score of 94.22%, which falls into the “satisfactory” category according to Government Regulation No. 50 of 2012.

Keywords: SMK3; Dam; Occupational Safety and Health; Construction Project

1. PENDAHULUAN

Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) merupakan elemen fundamental dalam struktur perlindungan tenaga kerja yang mengintegrasikan kebijakan, prosedur, dan praktik keselamatan ke dalam manajemen organisasi secara menyeluruh. Menurut Octavian & Septiawan (2022), SMK3 bukan sekadar pelengkap administratif, melainkan bagian yang tidak terpisahkan dari upaya pemenuhan hak pekerja atas lingkungan kerja yang aman dan sehat. Dengan menempatkan SMK3 sebagai prioritas utama, perusahaan menunjukkan komitmen terhadap standar operasional yang manusiawi dan berkelanjutan.

SMK3 diartikan sebagai bagian dari sistem manajemen secara keseluruhan yang meliputi struktur organisasi, perencanaan, tanggung jawab, pelaksanaan, prosedur, proses dan sumber daya yang dibutuhkan bagi pengembangan penerapan, pencapaian, pengkajian dan pemeliharaan kebijakan keselamatan dan kesehatan kerja dalam rangka pengendalian risiko yang berkaitan dengan kegiatan kerja yang aman, efisien dan produktif (Mentang et al., 2013; Sirayan et al., 2024). Implementasi SMK3 yang efektif di lapangan masih menghadapi berbagai tantangan. Faktor-faktor seperti kurangnya kesadaran akan urgensi K3, keterbatasan sumber daya, atau hambatan dalam proses implementasi dapat mempengaruhi efektivitas penerapan SMK3. Akibatnya, tingkat kecelakaan kerja di sektor konstruksi masih tergolong signifikan, menunjukkan adanya kebutuhan untuk evaluasi dan perbaikan berkelanjutan dalam praktik SMK3.

Dalam konteks industri jasa konstruksi yang memiliki karakteristik risiko tinggi, penerapan SMK3 menjadi instrumen krusial untuk mitigasi berbagai potensi bahaya. menjelaskan bahwa sistem ini berperan vital dalam mencegah kerugian yang bersifat moral maupun material, seperti cedera fisik, kehilangan nyawa, hingga kerusakan aset perusahaan. Selain itu, manajemen keselamatan yang ketat berfungsi untuk melindungi lingkungan sekitar proyek dan meminimalisir kehilangan waktu kerja akibat kecelakaan, sehingga operasional tetap berjalan sesuai rencana.

Lebih lanjut, efektivitas penerapan SMK3 berkontribusi langsung terhadap keberhasilan parameter proyek secara keseluruhan. Widi Hartono et al. (2016) menekankan bahwa integrasi keselamatan kerja yang baik mendukung peningkatan kinerja proyek secara optimal selama masa pembangunan. Dengan berkurangnya gangguan akibat insiden kerja, produktivitas tenaga kerja cenderung meningkat dan efisiensi biaya dapat terjaga, yang pada akhirnya menciptakan stabilitas dalam proses pencapaian target proyek konstruksi.

Proyek Pembangunan Bendungan Krueng Keureuto di Kabupaten Aceh Utara merupakan salah satu proyek strategis nasional yang bertujuan untuk mengatasi masalah banjir di kawasan dataran rendah Aceh Utara dan Kota Lhokseumawe, sekaligus memenuhi kebutuhan irigasi pertanian, penyediaan air baku, dan potensi pembangkit listrik tenaga air (BAPPENAS, 2021). Dengan kapasitas tampung lebih dari 200 juta meter kubik, bendungan ini diharapkan mampu mengurangi frekuensi dan dampak banjir, meningkatkan ketahanan pangan, serta memberikan manfaat ekonomi dan sosial bagi masyarakat sekitar (Kementerian PUPR, 2022).

Namun demikian, skala pekerjaan yang besar, kondisi lokasi yang menantang, serta potensi bahaya kerja yang tinggi menjadikan proyek bendungan sebagai salah satu jenis pekerjaan konstruksi dengan tingkat risiko kecelakaan yang signifikan. Oleh karena itu, penerapan SMK3 yang ketat dan terstruktur menjadi kebutuhan mutlak. Regulasi di Indonesia, seperti Undang-Undang No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja, Peraturan Pemerintah No. 50 Tahun 2012 tentang Penerapan SMK3, serta Peraturan Menteri PUPR No. 5 Tahun 2014 tentang SMK3 Konstruksi, mewajibkan setiap proyek konstruksi berskala besar untuk menerapkan SMK3 guna meminimalkan risiko kecelakaan kerja dan dampak negatif terhadap kesehatan tenaga kerja.

Keselamatan dan kesehatan kerja merupakan hal yang penting tidak hanya di perusahaan saja namun dimanapun berada seperti lembaga pendidikan sekolahan maupun universitas khususnya di bidang konstruksi, karena dampak kecelakaan dan penyakit kerja tidak hanya merugikan karyawan/pekerja saja, tetapi juga menyebabkan kerugian pada perusahaan baik secara langsung maupun tidak langsung. Terdapat beberapa pengertian tentang keselamatan dan kesehatan kerja yang telah didefinisikan oleh beberapa ahli, dan pada dasarnya definisi tersebut mengarah pada interaksi pekerja dengan mesin atau peralatan yang digunakan, interaksi pekerja dengan lingkungan kerja, dan interaksi pekerja dengan mesin dan lingkungan kerja. Keselamatan dan kesehatan kerja menunjuk kepada kondisi-kondisi fisiologis, fisik dan psikologis tenaga kerja yang diakibatkan oleh lingkungan kerja yang disediakan oleh perusahaan.

Meskipun demikian, kajian empiris yang secara khusus mengevaluasi tingkat penerapan SMK3 pada proyek pembangunan bendungan berskala besar, khususnya di wilayah Aceh Utara, masih relatif terbatas. Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi penerapan SMK3 pada Proyek Pembangunan Bendungan Krueng Keureuto di Kabupaten Aceh Utara dengan mengacu pada ketentuan Peraturan Pemerintah No. 50 Tahun 2012. Evaluasi ini penting untuk memastikan bahwa penerapan SMK3 telah berjalan sesuai dengan peraturan dan standar yang berlaku, sehingga potensi kecelakaan kerja dapat diminimalkan dan kinerja proyek dapat lebih optimal. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi bagi perbaikan berkelanjutan pada proyek-proyek konstruksi sejenis serta berkontribusi terhadap peningkatan keselamatan dan kesejahteraan tenaga kerja di sektor konstruksi (Prasetyo & Widodo, 2020; Hartanto, 2019).

2. METODE PENELITIAN

2.1 TEKNIK PENGAMBILAN DATA

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang bertujuan untuk mengevaluasi penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) pada Proyek Pembangunan Bendungan Krueng Keureuto di Kabupaten Aceh Utara. Pengumpulan data dilakukan melalui data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui penyebaran kuesioner kepada 30 responden yang terlibat langsung

dalam pelaksanaan proyek, meliputi manajer proyek, manajer konstruksi, pelaksana K3, administrasi teknis, document control, public relations, quality control, site engineer, pelaksana lapangan, logistik, warehouse, dan project control. Data sekunder dikumpulkan dari dokumen proyek berupa laporan administrasi K3, prosedur K3 yang berlaku, serta dokumentasi lapangan.

Instrumen penelitian berupa kuesioner tertutup yang terdiri dari 31 butir pertanyaan, disusun berdasarkan elemen penerapan SMK3 yang mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Variabel penelitian meliputi penerapan K3, peraturan dan prosedur K3, komitmen manajemen terhadap K3, lingkungan kerja, serta evaluasi K3. Setiap butir pertanyaan dinilai menggunakan skala Likert lima tingkat. Analisis data dilakukan dengan metode pembobotan (scoring) untuk menentukan tingkat penerapan SMK3 pada proyek penelitian.

2.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian digunakan sebagai indikator untuk mengevaluasi tingkat penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) pada Proyek Pembangunan Bendungan Krueng Keureuto di Kabupaten Aceh Utara. Penelitian ini bersifat deskriptif evaluatif, sehingga variabel penelitian diposisikan sebagai indikator penilaian penerapan SMK3, bukan sebagai variabel kausal. Variabel-variabel tersebut disusun berdasarkan elemen penerapan SMK3 yang mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Variabel penelitian meliputi penerapan K3, peraturan dan prosedur K3, komitmen manajemen terhadap K3, lingkungan kerja, serta evaluasi K3. Masing-masing variabel dioperasikan ke dalam sejumlah indikator yang dituangkan dalam butir pertanyaan kuesioner sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Faktor Penelitian	Variabel	Nomor Butir Pernyataan
Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)	X1	1–8
Peraturan dan Prosedur Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)	X2	9–15
Komitmen Manajemen terhadap K3	X3	16–20
Lingkungan Kerja	X4	21–27
Evaluasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)	X5	28–31

Instrumen penelitian ini dirancang secara sistematis dengan membagi fokus pengamatan ke dalam lima variabel utama yang mencakup aspek teknis dan manajerial dalam SMK3. Variabel tersebut dimulai dari Penerapan K3 (X1) yang terdiri dari 8 butir pernyataan untuk mengukur implementasi praktis di lapangan, diikuti oleh Peraturan dan Prosedur K3 (X2) dengan 7 butir pernyataan untuk menilai aspek legalitas dan standarisasi kerja. Selain itu, aspek kepemimpinan diukur melalui variabel Komitmen Manajemen terhadap K3 (X3) dengan 5 butir pernyataan, sementara aspek fisik dan psikososial dinilai melalui variabel Lingkungan Kerja (X4) yang mencakup 7 butir pernyataan. Terakhir, variabel Evaluasi K3 (X5) dengan 4 butir pernyataan digunakan untuk mengukur sejauh mana sistem kontrol dan perbaikan berkelanjutan dijalankan dalam proyek tersebut.

Struktur pembagian variabel ini mencerminkan pendekatan komprehensif dalam mengevaluasi keberhasilan Sistem Manajemen K3 sesuai dengan prinsip *Plan-Do-Check-Act* (PDCA). Penggunaan nomor butir pernyataan yang terdistribusi secara spesifik pada setiap variabel (total 31 butir) memungkinkan peneliti untuk menggali data yang mendalam dan terukur dari responden. Dengan adanya klasifikasi variabel yang jelas, analisis dapat difokuskan pada area tertentu, seperti mengidentifikasi apakah kendala keselamatan lebih dominan pada faktor prosedural (X2), dukungan manajerial (X3), atau kondisi fisik di lapangan (X4), sehingga rekomendasi perbaikan yang dihasilkan dapat lebih tepat sasaran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 HASIL

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Bendungan Krueng Keureuto di Kabupaten Aceh Utara. Responden penelitian berjumlah 30 orang yang terdiri dari berbagai posisi dan peran dalam proyek, meliputi manajer proyek, manajer konstruksi, pelaksana K3, administrasi teknis, document control, public relations, quality control, site engineer, pelaksana lapangan, logistik, warehouse, dan project control. Data primer diperoleh melalui penyebaran kuesioner yang terdiri dari 31 butir pertanyaan yang mencakup lima faktor utama penerapan SMK3. Data yang terkumpul selanjutnya dianalisis menggunakan metode pembobotan (scoring) untuk menentukan tingkat penerapan dan keberhasilan SMK3 pada proyek penelitian berdasarkan ketentuan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012.

Tabel 2. Profil Responden

Jabatan Responden	Jumlah
Manajer Proyek	1
Manajer Konstruksi	1
Pelaksana K3	4
Administrasi Teknis	2
Document Control	2
Humas	2
Quality Control	4
Site Engineer	4
Pelaksana Lapangan	3
Logistik	2
Warehouse	2
Project Control	3
Total	30

Berdasarkan hasil pengolahan data kuesioner, diperoleh skor untuk masing-masing variabel penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3). Responden dalam penelitian ini berjumlah 30 orang yang berasal dari berbagai latar belakang jabatan dalam organisasi proyek konstruksi. Distribusi responden mencakup level manajerial hingga staf teknis, yang terdiri dari Manajer Proyek (1 orang), Manajer Konstruksi (1 orang), Pelaksana K3 (4 orang), Quality Control (4 orang), Site Engineer (4 orang), Project Control (3 orang), dan Pelaksana Lapangan (3

orang). Selain itu, keterwakilan dari sektor pendukung juga terpenuhi melalui partisipasi Administrasi Teknis, Document Control, Humas, Logistik, dan bagian Warehouse yang masing-masing berjumlah 2 orang. Komposisi responden yang beragam ini menunjukkan bahwa pengambilan data telah mencakup seluruh fungsional proyek yang terlibat langsung maupun tidak langsung dalam penerapan SMK3. Kehadiran responden dari berbagai lini, mulai dari penentu kebijakan di tingkat manajer hingga pelaksana teknis di lapangan, sangat penting untuk memberikan gambaran yang menyeluruh dan objektif mengenai efektivitas perlindungan tenaga kerja.

Tingkat penerapan dan keberhasilan SMK3 dihitung menggunakan metode pembobotan (scoring), kemudian diklasifikasikan ke dalam kategori tingkat penerapan SMK3 berdasarkan ketentuan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012. Hasil perhitungan tingkat keberhasilan masing-masing variabel selanjutnya disajikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Tingkat Keberhasilan Masing-Masing Variabel

Variabel	Nilai (%)	Kategori
Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)	93.75	Memuaskan
Peraturan dan Prosedur K3	94.30	Memuaskan
Komitmen Manajemen terhadap K3	95.00	Memuaskan
Lingkungan Kerja	92.50	Memuaskan
Evaluasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)	95.50	Memuaskan

Berdasarkan hasil pengolahan data, seluruh variabel dalam Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) menunjukkan capaian yang sangat positif dengan predikat "Memuaskan". Variabel Evaluasi K3 menempati urutan tertinggi dengan nilai 95,50%, disusul oleh Komitmen Manajemen terhadap K3 sebesar 95,00%, dan Peraturan serta Prosedur K3 sebesar 94,30%. Sementara itu, variabel Penerapan K3 dan Lingkungan Kerja juga mencatatkan nilai yang tinggi, masing-masing sebesar 93,75% dan 92,50%. Tingginya angka pada seluruh variabel ini mengindikasikan bahwa organisasi telah menjalankan standar keselamatan kerja secara sistematis dan terstruktur di setiap lini operasional.

Capaian nilai di atas 90% pada semua kategori mencerminkan keberhasilan perusahaan dalam mengintegrasikan budaya keselamatan ke dalam aktivitas konstruksi. Tingginya nilai pada aspek komitmen manajemen dan evaluasi menunjukkan adanya dukungan kuat dari pimpinan serta sistem pengawasan yang berjalan efektif untuk meminimalisir risiko kecelakaan kerja. Hal ini sejalan dengan teori bahwa efektivitas SMK3 sangat bergantung pada sinergi antara regulasi yang jelas, lingkungan kerja yang terkendali, dan evaluasi berkelanjutan untuk memastikan peningkatan kinerja proyek secara optimal dan perlindungan tenaga kerja yang maksimal.

3.2 PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis data, penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) pada Proyek Pembangunan Bendungan Krueng Keureuto mencapai skor keseluruhan sebesar 94,22%. Mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan SMK3, nilai tersebut termasuk dalam kategori "memuaskan" ($\geq 85\%$), yang menunjukkan bahwa penerapan SMK3 pada proyek telah memenuhi ketentuan regulatif dan

berjalan secara efektif. Seluruh variabel yang dievaluasi menunjukkan tingkat pencapaian di atas 90%, yang mengindikasikan bahwa sistem manajemen K3 telah diterapkan secara konsisten pada berbagai aspek pelaksanaan proyek.

Berdasarkan kriteria penilaian yang diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan SMK3, total skor tersebut masuk ke dalam kategori “memuaskan” ($\geq 85\%$). Hal ini menegaskan bahwa proyek telah sepenuhnya memenuhi ketentuan regulatif yang ditetapkan oleh pemerintah. Seluruh variabel penelitian yang dievaluasi secara konsisten berada di atas angka 90%, yang membuktikan efektivitas sistem manajemen K3 di berbagai lini pelaksanaan pembangunan.

Variabel komitmen manajemen terhadap K3 mencatat skor yang impresif sebesar 95,00%. Nilai ini mencerminkan bahwa pimpinan proyek tidak hanya menetapkan kebijakan secara formal, tetapi juga aktif dalam menyediakan fasilitas K3 serta melakukan pengawasan langsung di lapangan. Sebagaimana amanat PP No. 50 Tahun 2012, keterlibatan manajemen merupakan fondasi utama yang menjamin seluruh program keselamatan memiliki landasan operasional dan dukungan sumber daya yang kuat. Temuan mengenai tingginya komitmen manajemen ini juga memperkuat studi terdahulu, salah satunya penelitian Prasetyo dan Widodo (2020), yang menempatkan komitmen pimpinan sebagai faktor determinan keberhasilan SMK3 di sektor konstruksi. Dukungan manajerial yang nyata memberikan pengaruh psikologis positif bagi pekerja, sehingga mereka merasa lebih aman dan terlindungi saat menjalankan tugas-tugas berisiko tinggi di area bendungan. Dari sisi administratif dan operasional, variabel peraturan dan prosedur K3 memperoleh nilai 94,30%, didukung oleh variabel evaluasi K3 yang mencapai skor tertinggi yakni 95,50%. Angka ini mengindikasikan bahwa aturan keselamatan telah disusun dan disosialisasikan dengan baik kepada seluruh personel. Adanya proses pemantauan rutin dan evaluasi berkala memastikan bahwa setiap potensi penyimpangan prosedur dapat dideteksi dan diperbaiki secara cepat sesuai dengan siklus peningkatan berkelanjutan. Terakhir, aspek fisik dan partisipasi di lapangan yang mencakup variabel lingkungan kerja dan penerapan K3 juga berada dalam kategori memuaskan. Hal ini terlihat dari kondisi lingkungan yang tertata, sistem ventilasi dan penerangan yang memadai, serta ketersediaan Alat Pelindung Diri (APD) yang sesuai standar. Kepatuhan pekerja dalam mengikuti *briefing* K3 dan penggunaan APD secara konsisten menunjukkan bahwa kesadaran akan keselamatan kerja telah terbentuk dengan baik di Proyek Bendungan Krueng Keureuto.

Secara umum, hasil penelitian ini konsisten dengan penelitian Hartanto (2019) yang menunjukkan adanya hubungan positif antara penerapan SMK3 yang baik dengan penurunan angka kecelakaan kerja, serta dengan temuan Syamsuddin et al. (2018) yang menyebutkan bahwa pelatihan intensif dan pengawasan yang berkelanjutan berkontribusi signifikan terhadap keberhasilan SMK3. Meskipun demikian, upaya peningkatan secara berkelanjutan tetap diperlukan untuk mempertahankan capaian tersebut, antara lain melalui pelatihan K3 secara berkala, pembaruan prosedur sesuai dengan perkembangan regulasi, serta peningkatan kesadaran tenaga kerja terhadap pentingnya SMK3 bagi keselamatan dan kesehatan kerja.

4 PENUTUP

4.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai evaluasi penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) pada Proyek Pembangunan Bendungan Krueng Keureuto di Kabupaten Aceh Utara, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penerapan SMK3 pada proyek ini telah berjalan dengan baik dan mencapai nilai keseluruhan sebesar 94,22%. Mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan SMK3, nilai tersebut termasuk dalam kategori tingkat penerapan “memuaskan”.
2. Kelima variabel yang dievaluasi, yaitu penerapan K3, peraturan dan prosedur K3, komitmen manajemen terhadap K3, lingkungan kerja, serta evaluasi K3, seluruhnya memperoleh nilai di atas 90%, yang menunjukkan penerapan SMK3 telah dilaksanakan secara konsisten dan sesuai dengan elemen penerapan SMK3 sebagaimana diatur dalam PP No. 50 Tahun 2012.
3. Variabel dengan pencapaian tertinggi adalah evaluasi K3 sebesar 95,50% dan komitmen manajemen terhadap K3 sebesar 95,00%, yang menunjukkan bahwa peran manajemen dalam pengawasan, evaluasi, dan peningkatan kinerja K3 telah dilaksanakan dengan sangat baik.
4. Secara keseluruhan, temuan penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan SMK3 pada Proyek Pembangunan Bendungan Krueng Keureuto telah memenuhi ketentuan peraturan perundang-undangan terkait, khususnya PP No. 50 Tahun 2012, dan dapat menjadi contoh penerapan SMK3 yang efektif pada proyek konstruksi berskala besar.

4.2 SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Meskipun penerapan SMK3 pada proyek telah mencapai kategori memuaskan, pihak manajemen disarankan untuk terus melakukan perbaikan berkelanjutan melalui peningkatan fasilitas K3, pembaruan prosedur kerja, serta penyuluhan rutin guna mengantisipasi potensi risiko kerja baru sesuai dengan prinsip peningkatan berkelanjutan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012.
2. Pelatihan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) bagi seluruh tenaga kerja perlu dilaksanakan secara periodik untuk mempertahankan tingkat kesadaran, kepatuhan, dan kompetensi pekerja dalam menerapkan SMK3 di lapangan.
3. Pihak manajemen disarankan untuk melakukan evaluasi dan audit internal SMK3 secara berkala agar penerapan sistem dapat terus disesuaikan dengan perkembangan teknologi, pembaruan regulasi, serta dinamika kondisi kerja di lapangan.
4. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi proyek-proyek konstruksi lainnya, khususnya proyek infrastruktur berskala besar, dalam menerapkan SMK3 secara konsisten dan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS). (2021). *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2020–2024*. Jakarta: Kementerian PPN/Bappenas.

2. Hartanto, S. (2019). Peran sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja dalam mengurangi kecelakaan kerja pada proyek bendungan di Jawa Barat. *Jurnal Teknik Sipil*.
3. Kamdhari, E., Pratama, A., & Nugroho, R. (2018). Penerapan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (SMK3) pada proyek konstruksi. *Jurnal K3 Konstruksi*.
4. Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia. (2012). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*.
5. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2014). *Peraturan Menteri PUPR Nomor 5 Tahun 2014 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Konstruksi*.
6. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2022). *Laporan progres pembangunan Bendungan Krueng Keureuto*. Jakarta: Kementerian PUPR.
7. Mentang, M. I. F., Tjakra, J., Langi, J. E. Ch., & Walangitan, D. R. O. (2013). Evaluasi Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Pada Peningkatan Fasilitas PT. Trakindo Utama Balikpapan. *Jurnal Sipil Statik*, Vol.1 No.5(April 2013), 318–327.
8. Octavian, V., & Septiawan, P. (2022). Perlindungan keselamatan dan kesehatan kerja bagi pekerja proyek konstruksi menurut Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2003 tentang ketenagakerjaan di PT Cipta Mutu Konstruksi Kota Depok. *Pamulang Law Review*, 4(2), 243–256.
9. Prasetyo, D., & Widodo, A. (2020). Evaluasi implementasi sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (SMK3) pada Proyek Bendungan Jatigede. *Jurnal Rekayasa Sipil*.
10. Sirayan, R. A. N., Betaubun, R. J., & Jakob, J. C. (2024, October). PERENCANAAN SALURAN DRAINASE PADA RUAS JALAN WASU–OMA KABUPATEN MALUKU TENGAH. In *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)* (Vol. 10, No. 1, pp. 201-208).
11. Syamsuddin, A., Rahman, H., & Fadli, M. (2018). Penerapan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja pada Proyek Bendungan Batang Toru. *Jurnal K3*.
12. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja.
13. Widi Hartono, A., Nugroho, S., & Kurniawan, A. (2016). *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Andi.



PENINGKATAN USAHA PEMANFAATAN RENCANA TATA RUANG DALAM MEKANISME PERENCANAAN PROGRAM PEMBANGUNAN DI KABUPATEN BEKASI

Nana Suryana,^{1*} Muh. Usuf Al Buhori², Tasya Margareta Sinaga³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi PLN

**Corresponding author, email address: nanasuryana@itpln.ac.id*

ARTICLE INFO

Article History:

Received
25 Desember 2025
Accepted
28 Desember 2025
Online
31 Desember 2025

ABSTRAK

Hasil evaluasi yang dilakukan Bapeka Kabupaten Bekasi terhadap kesesuaian antara program pembangunan dengan rencana tata ruang hanya 45,7%. Disimpulkan bahwa pemanfaatan rencana tata ruang untuk program pembangunan di Kabupaten Bekasi masih rendah. Penyusunan program pembangunan dilaksanakan pemerintah Kabupaten Bekasi melalui forum musyawarah rencana pembangunan. Rendahnya pemanfaatan rencana tata ruang dalam program pembangunan, diperkirakan terjadi pada proses penyusunan usulan program pembangunan. Ada indikasi bahwa forum Musyawarah Rencana Pembangunan kurang memperhatikan rencana tata ruang. Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan upaya peningkatan pemanfaatan rencana tata ruang dalam mekanisme perencanaan program pembangunan di Kabupaten Bekasi. Penggalan faktor penyebab kurang dimanfaatkannya rencana tata ruang untuk pemrograman pembangunan dilakukan dengan studi pustaka dan penelitian lapangan. Studi pustaka digunakan untuk mencari faktor-faktor umum, sedangkan wawancara terhadap para pelaku forum musyawarah rencana pembangunan digunakan untuk mencari faktor-faktor penyebab secara khusus di Kabupaten Bekasi. Analisa dilakukan secara kualitatif.

Kata kunci: Pemanfaatan rencana tata ruang, Perencanaan, program pembangunan.

ABSTRACT

The evaluation conducted by Bapeka Bekasi Regency regarding the alignment between development programs and spatial planning yielded only 45.7%. It can be concluded that the utilization of spatial planning for development programs in Bekasi Regency is still low. The preparation of development programs is carried out by the government of Bekasi Regency through the Development Planning Forum. The low utilization of spatial planning in development programs is believed to occur during the process of formulating development program proposals. There are

indications that the Development Planning Forum may not adequately consider spatial planning. This research aims to formulate efforts to enhance the utilization of spatial planning in the mechanism of development program planning in Bekasi Regency. The identification of factors leading to the underutilization of spatial planning for development programming is conducted through literature review and field research. Literature review is used to identify general factors, while interviews with stakeholders in the development planning forum are employed to pinpoint specific factors in Bekasi Regency. The analysis is conducted qualitatively.

Keyword: Spatial planning utilization, Development program planning.

1. PENDAHULUAN

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang mengatur secara komprehensif mengenai perencanaan, pemanfaatan, dan pengendalian ruang sebagai satu kesatuan sistem pembangunan wilayah. Pasal 26 ayat (2) menegaskan bahwa rencana tata ruang wilayah kabupaten berfungsi sebagai pedoman dalam penyusunan rencana pembangunan jangka panjang daerah, rencana pembangunan jangka menengah daerah, pemanfaatan dan pengendalian ruang wilayah kabupaten, perwujudan keterpaduan dan keseimbangan antarsektor, penetapan lokasi dan fungsi ruang bagi kegiatan investasi, serta penataan ruang kawasan strategis kabupaten. Selanjutnya, Pasal 26 ayat (3) menyatakan bahwa rencana tata ruang wilayah kabupaten menjadi dasar dalam penerbitan perizinan lokasi pembangunan dan administrasi pertanahan, sehingga setiap kegiatan pembangunan secara normatif wajib merujuk pada ketentuan tata ruang yang telah ditetapkan.

Ketentuan tersebut dipertegas dalam Pasal 32 ayat (1) yang menyatakan bahwa pemanfaatan ruang dilaksanakan melalui program pemanfaatan ruang beserta pembiayaannya. Dalam penjelasan undang-undang ditegaskan bahwa pelaksanaan program pemanfaatan ruang merupakan aktivitas pembangunan yang dilakukan oleh pemerintah maupun masyarakat dalam rangka mewujudkan rencana tata ruang. Dengan demikian, konsistensi antara rencana tata ruang dan program pembangunan menjadi prasyarat utama untuk mencegah konflik pemanfaatan ruang dan ketidakaturan pembangunan wilayah. Hal ini sejalan dengan pedoman terbaru yang dikeluarkan Kementerian ATR/BPN (2021) yang menekankan pentingnya evaluasi kesesuaian program pembangunan terhadap struktur dan pola ruang RTRW sebagai instrumen pengendalian pemanfaatan ruang di tingkat kabupaten/kota.

Rencana tata ruang pada hakikatnya merupakan pedoman pelaksanaan pembangunan yang memuat kebijakan strategis dan arahan program pemanfaatan ruang dalam jangka panjang dan menengah. Oleh karena itu, rencana tata ruang harus bersifat realistis dan operasional serta mampu berfungsi sebagai alat koordinasi berbagai program pembangunan lintas sektor dan lintas sumber pendanaan (Kartasasmita, 1996). Dalam konteks perencanaan pembangunan terkini, Bappenas (2020) menegaskan bahwa integrasi antara rencana tata ruang dan dokumen perencanaan pembangunan daerah, seperti RPJMD dan RKPD, merupakan kunci untuk mewujudkan pembangunan wilayah yang berkelanjutan dan berdaya saing.

Pelaksanaan pembangunan oleh pemerintah daerah diawali dengan penyusunan rencana program pembangunan tahunan yang berpedoman pada rencana pembangunan jangka menengah sebagai penjabaran perspektif rencana jangka panjang (Tjokroamidjoyo, 1990). Rencana program pembangunan tahunan tersebut selanjutnya dijabarkan ke dalam kegiatan pembangunan daerah sesuai dengan tahun anggaran. Dengan demikian, pemanfaatan rencana tata ruang secara nyata tercermin dalam rencana program pembangunan tahunan yang berisi program dan kegiatan pembangunan yang membutuhkan ruang. Sutriadi

dan Anggoro (2021) menekankan bahwa lemahnya integrasi antara rencana tata ruang dan perencanaan pembangunan tahunan sering menyebabkan rencana tata ruang bersifat normatif dan kurang operasional dalam implementasinya.

Mekanisme penyusunan rencana program pembangunan dilaksanakan melalui penyelenggaraan musyawarah perencanaan pembangunan daerah (Musrenbang) sebagaimana diatur dalam Surat Edaran Menteri Dalam Negeri Nomor 050/987/2003 tentang Pedoman Penyelenggaraan Musyawarah Perencanaan Pembangunan Partisipatif. Musrenbang diselenggarakan secara berjenjang melalui Musrenbang Desa, Musrenbang Kecamatan, dan Musrenbang Kabupaten. Forum ini memiliki peran strategis dalam meningkatkan konsistensi dan sinkronisasi kebijakan, tujuan, sasaran, serta program pembangunan daerah melalui pengambilan keputusan secara partisipatif yang berpedoman pada dokumen perencanaan pembangunan daerah.

Musrenbang Kabupaten menghasilkan usulan program pembangunan yang menjadi dasar penyusunan Rencana Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah (RAPBD). Dalam proses tersebut dilakukan seleksi terhadap usulan program pembangunan dari tingkat kecamatan serta usulan program dari perangkat daerah di tingkat kabupaten. Demikian pula pada Musrenbang Kecamatan dan Musrenbang Desa, proses seleksi dilakukan secara berjenjang dan partisipatif. Namun demikian, berbagai kajian menunjukkan bahwa kesesuaian usulan program pembangunan terhadap rencana tata ruang sering kali belum menjadi pertimbangan utama dalam proses Musrenbang, sehingga berpotensi menimbulkan inkonsistensi pemanfaatan ruang (Wicaksono & Nugroho, 2022).

Program pembangunan yang membutuhkan ruang seharusnya disusun dengan berpedoman pada rencana tata ruang sebagaimana diamanatkan dalam UU Nomor 26 Tahun 2007. Nusi (1994) menyatakan bahwa rencana tata ruang belum sepenuhnya terintegrasi ke dalam sistem pelaksanaan pembangunan daerah, sehingga kurang operasional dalam penerapannya. Kondisi ini masih relevan hingga saat ini, sebagaimana ditunjukkan oleh berbagai studi empiris yang menemukan adanya ketidaksesuaian antara lokasi program pembangunan dan struktur maupun pola ruang yang direncanakan (Rahmawati et al., 2023). Kesesuaian atau ketidaksesuaian usulan program pembangunan terhadap rencana tata ruang umumnya ditentukan oleh kesesuaian lokasi kegiatan dengan arahan pemanfaatan ruang (Oetomo, 1998).

Ketidaksesuaian antara program pembangunan dan rencana tata ruang berpotensi menimbulkan inkonsistensi pemanfaatan ruang serta menurunkan efektivitas pengendalian pembangunan wilayah. Untuk mendalami permasalahan tersebut, Kabupaten Bekasi dipilih sebagai lokasi studi. Pemerintah Kabupaten Bekasi dalam melaksanakan pembangunan terlebih dahulu menyusun rencana program pembangunan melalui mekanisme perencanaan pembangunan daerah. Kabupaten Bekasi telah memiliki Rencana Tata Ruang Wilayah yang ditetapkan melalui Peraturan Daerah Kabupaten Bekasi Nomor 7 Tahun 1996. Dalam peraturan tersebut dinyatakan bahwa RTRW berfungsi sebagai rumusan kebijakan pokok pembangunan yang memanfaatkan ruang dan sebagai arahan alokasi ruang kegiatan.

Selain RTRW, Pemerintah Kabupaten Bekasi juga memiliki rencana tata ruang yang bersifat hierarkis di bawah RTRW, seperti rencana detail tata ruang dan rencana teknik ruang. Pada tahun 2007, Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Bekasi melakukan evaluasi terhadap kesesuaian antara program pembangunan yang membutuhkan ruang dengan rencana tata ruang wilayah. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa hanya 39,7% program pembangunan yang sesuai dengan rencana tata ruang, yang diukur berdasarkan struktur pemanfaatan ruang, sistem pusat pelayanan, sistem jaringan transportasi, dan sistem jaringan utilitas. Temuan ini menunjukkan bahwa tingkat pemanfaatan rencana tata ruang dalam program pembangunan di Kabupaten Bekasi masih tergolong rendah, sejalan dengan temuan nasional yang

menyoroti lemahnya konsistensi pemanfaatan ruang akibat rendahnya integrasi perencanaan tata ruang dan perencanaan pembangunan daerah (Bappenas, 2020; Kementerian ATR/BPN, 2021).

2. METODE PENELITIAN

Studi ini menggunakan metoda kualitatif yang bersifat eksploratif, deskriptif, kausal dan preskriptif. Metode kualitatif berusaha untuk memahami dan menafsirkan makna suatu peristiwa interaksi tingkah laku manusia. Metode kualitatif lebih berdasarkan pada filsafat fenomenologis yang mengutamakan penghayatan dan pemaknaan perilaku manusia dari pikiran-pikiran mereka. Metode kualitatif di sini menggunakan logika induktif yaitu pola berpikir yang berawal dari permasalahan khusus, guna mendapatkan kesimpulan yang bersifat umum (Moleong, 2001). Penggunaan metode kualitatif dalam studi ini, karena sesuai dengan tujuan dan sasaran studi. Datanya bersifat kualitatif berbentuk kalimat berdasarkan hasil komunikasi dengan responden yang dalam hal ini peserta musyawarah rencana pembangunan melalui wawancara.

Analisis eksploratif dilakukan pada penetapan faktor potensial yang berpengaruh terhadap pemanfaatan rencana tata ruang, membuat desain wawancara, dan pelaksanaan survai lapangan dalam rangka pengumpulan data. Analisis deskriptif dilakukan pada penyusunan hasil wawancara dan pada waktu menemukan faktor sebagai penyebab peserta musyawarah rencana pembangunan tidak menggunakan rencana tata ruang pada proses penyusunan usulan rencana program pembangunan. Analisis kausal (sebab akibat) dilakukan dalam merumuskan faktor yang menyebabkan peserta musyawarah rencana pembangunan tidak menggunakan rencana tata ruang serta pada merumuskan upaya peningkatan pemanfaatan rencana tata ruang dalam mekanisme perencanaan program pembangunan. Analisis deskriptif digunakan untuk merumuskan tindakan untuk memecahkan masalah, Dalam studi, ini dilakukan pada waktu merumuskan upaya peningkatan pemanfaatan rencana tata ruang melalui mekanisme perencanaan program pembangunan di Kabupaten Bekasi.

2.1 Pendekatan Studi

Studi ini dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu pendekatan teoritis dan pendekatan empiris. Pendekatan teoritis dilakukan melalui studi kepustakaan, sedangkan pendekatan empiris dilakukan dengan mencermati pemikiran manusia yang dalam hal ini peserta musyawarah rencana pembangunan melalui survai lapangan. Studi kepustakaan bertujuan untuk menghasilkan kerangka dasar pemahaman teoritis yang menjadi pijakan dasar dalam penelitian ini. Berdasarkan pendekatan teoritis ini, menghasilkan pengertian dan pemahaman tentang pemanfaatan rencana tata ruang, perencanaan program pembangunan, mekanisme perencanaan program pembangunan dan faktor-faktor potensial yang berpengaruh dalam pemanfaatan rencana tata ruang. Temuan faktor-faktor potensial yang mempengaruhi pemanfaatan rencana tata ruang digunakan sebagai dasar dalam kajian empiris.

Pendekatan empiris bertujuan untuk melihat kondisi yang sebenarnya tentang faktor-faktor penyebab peserta musyawarah rencana pengembangan tidak menggunakan rencana tata ruang, pada proses penyusunan usulan program pembangunan. Penggalan faktor-faktor yang mempengaruhi rendahnya pemanfaatan rencana tata ruang dalam mekanisme perencanaan program pembangunan di Kabupaten Bekasi. Pendekatan didasarkan atas temuan faktor potensial yang berpengaruh dalam pemanfaatan rencana tata ruang. Penggalan faktor-faktor penyebab tidak

dimanfaatkan rencana tata ruang diperoleh melalui persepsi peserta musyawarah rencana pembangunan. Berdasarkan hasil penggalian terhadap faktor penyebab tidak digunakannya rencana tata ruang dirumuskan upaya-upaya peningkatan pemanfaatan rencana tata ruang.

2.2 Tahap Pelaksanaan Studi

Untuk mencapai tujuan studi, maka dalam studi ini disusun melalui tahapan-tahapan sebagai berikut

1. Tahap pertama : Menetapkan faktor-faktor potensial yang berpengaruh terhadap pemanfaatan rencana tata ruang. Faktor-faktor potensial, yaitu sebagai berikut :
 - a. Peserta mengetahui adanya rencana tata ruang;
 - b. Peserta memahami isi rencana tata ruang;
 - c. Kualitas dokumen rencana tata ruang ;
 - d. Kualitas aparat dan kelembagaan;
 - e. Perubahan dan kecenderungan (trend) perkembangan;
 - f. Penyebarluasan dokumen rencana tata ruang;
 - g. Penggunaan rencana tata ruang;
 - h. Perumusan pemanfaatan rencana tata ruang
2. Tahap kedua : Perumusan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap rendahnya pemanfaatan rencana tata ruang dalam mekanisme perencanaan program pembangunan di Kabupaten Bekasi.

Untuk memilih dan menetapkan wilayah penelitian tingkat kecamatan ditentukan berdasarkan penilaian terhadap jumlah usulan program/proyek pembangunan yang paling banyak dan yang paling sedikit disetujui pada tingkat atasnya. Penilaian dilakukan berdasarkan :

1. Jumlah usulan program/proyek yang disetujui forum Musrenbang Kabupaten
2. Jumlah usulan program/proyek yang disetujui forum Musrenbang Kecamatan
3. Prosentase jumlah usulan yang disetujui Musrenbang Kabupaten dengan hasil Musrenbang Kecamatan.

Berdasarkan hasil perhitungan ditetapkan Kecamatan Cikarang Pusat dan Kecamatan Cikarang Selatan sebagai wilayah penelitian. Untuk memilih dan menetapkan wilayah penelitian tingkat Desa ditentukan berdasarkan penilaian terhadap jumlah usulan program/proyek pembangunan yang paling banyak dan yang paling sedikit disetujui pada tingkat atasnya. Penilaian dilakukan berdasarkan:

1. Jumlah usulan program/proyek yang disetujui forum Musrenbang Kecamatan
2. Jumlah usulan program/proyek yang disetujui forum Musrenbang Desa
3. Prosentase jumlah usulan yang disetujui forum Musrenbang Kecamatan dengan hasil Musrenbang Desa.

Di masing-masing kecamatan terpilih, di pilih dan ditetapkan dua desa sebagai wilayah penelitian tingkat kecamatan. Berdasarkan hasil perhitungan di pilih dan ditetapkan untuk Kecamatan Cikarang Pusat adalah Desa Sukamahi dan Desa Jayamukti. Untuk Kecamatan Cikarang Selatan adalah Desa Pasirsari dan Desa Sukaesmi sebagai wilayah penelitian. Setelah menentukan wilayah penelitian, langkah berikutnya adalah menentukan responden yang akan diwawancarai guna menemukan faktor yang mempengaruhi rendahnya pemanfaatan rencana tata ruang.

Responden yang representatif terhadap kelompok stakeholders, untuk itu terlebih dahulu dilakukan analisis stakeholders.

2.3 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dipergunakan dalam suatu studi berhubungan dengan tujuan dan keluaran yang diharapkan. Dalam studi ini, data yang diperlukan adalah data untuk mencari penyebab/alasan tidak digunakannya rencana tata ruang dalam mekanisme perencanaan program pembangunan di Kabupaten Bekasi. Data tersebut berupa kata-kata atau transkrip jawaban dari hasil berkomunikasi dengan responden yang merupakan representasi dari stakeholders, selain itu juga data dari dokumen yang berkaitan dengan pelaksanaan forum koordinasi pembangunan Kabupaten Bekasi. Eksplorasi faktor penyebab tidak digunakannya rencana tata ruang pada proses pengusulan program pembangunan dilakukan terhadap responden sebagai perwakilan dari stakeholders yang telah teridentifikasi, melalui survei primer dengan cara wawancara semi terstruktur. Tujuannya adalah mencari fenomena yang terjadi tanpa intervensi penulis, namun terarah tidak tanpa batasan. Tipe wawancara ini dilakukan secara langsung dan lebih memperhatikan keadaan lapangan (Denzin, 1994). Tipe wawancara ini lebih tepat dipergunakan dalam studi ini, karena untuk memperoleh informasi tentang alasan sebagai penyebab tidak digunakannya rencana tata ruang dalam proses pengusulan program, responden sebagai narasumber harus benar-benar bebas pengaruh dari luar dalam hal ini pewawancara/ penulis mempunyai standar untuk pertanyaan dan dapat berubah pada saat terjadinya wawancara.

Wawancara tersebut dilakukan berdasarkan pertanyaan-pertanyaan yang sesuai dengan harapan memperoleh pernyataan tentang alasan tidak digunakannya rencana tata ruang dalam proses pengusulan program pembangunan. Pertanyaan dirancang lebih fleksibel ketika melaksanakan wawancara, namun tetap mengacu pada sasaran respon yang dituju.

2.4 Metode Analisis Data

Dalam studi ini, analisis dilakukan dengan menggunakan metode analisis kualitatif. Metode ini dinilai akan dapat lebih memahami alasan peserta musyawarah rencana pembangunan tidak menggunakan rencana tata ruang dalam mekanisme perencanaan program pembangunan. Karena diperlukan pemahaman yang mendalam dan menyeluruh tentang apa yang sebenarnya terjadi dari pelaku yang terlibat langsung, analisis kualitatif seringkali lebih meyakinkan daripada analisis kuantitatif (Miles dan Huberman, 1992).

Menurut Miles dan Huberman (1992) kekuatan data kualitatif terletak bagaimana data tersebut dapat menggambarkan secara utuh kejadian alamiah dengan latar belakang yang alamiah pula, sehingga diperoleh pemahaman yang kuat tentang kehidupan yang sebenarnya. Kekuatan data juga terlihat dari informasi yang terkandung didalamnya serta potensi yang besar untuk mengungkap suatu kompleksitas, data tersebut memberikan deskripsi yang mendalam, yang benar-benar hidup dan menyentuh konteks yang sebenarnya.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis menunjukkan bahwa rendahnya pemanfaatan rencana tata ruang dalam penyusunan program pembangunan di Kabupaten Bekasi merupakan permasalahan struktural yang bersifat sistemik dan multidimensional. Rencana tata ruang belum sepenuhnya berfungsi sebagai instrumen pengendali pembangunan karena tidak terintegrasi secara kuat dalam mekanisme perencanaan program pembangunan, khususnya pada tahap seleksi usulan program di forum musyawarah perencanaan pembangunan. Kondisi ini menyebabkan rencana tata ruang cenderung diperlakukan sebagai dokumen administratif, bukan sebagai dasar utama dalam pengambilan keputusan pembangunan dan pelaksanaan proyek konstruksi.

Tidak dijadikannya rencana tata ruang sebagai kriteria seleksi usulan program pembangunan berdampak pada rendahnya motivasi aparat dan masyarakat untuk memahami serta menggunakan rencana tata ruang. Usulan program pembangunan lebih banyak disusun berdasarkan kepentingan sektoral, kebutuhan jangka pendek, dan pertimbangan politis, tanpa mempertimbangkan kesesuaian dengan struktur dan pola ruang wilayah. Dalam konteks sistem informasi manajemen konstruksi, kondisi ini menunjukkan belum optimalnya fungsi SIM sebagai sistem pendukung keputusan yang seharusnya mampu mengintegrasikan data rencana tata ruang ke dalam proses perencanaan dan seleksi program pembangunan berbasis lokasi dan pemanfaatan ruang.

Rendahnya tingkat sosialisasi rencana tata ruang semakin memperkuat lemahnya pemanfaatan dokumen tersebut. Keterbatasan kegiatan sosialisasi, baik kepada peserta forum perencanaan pembangunan maupun kepada masyarakat, menyebabkan rendahnya pemahaman terhadap substansi, tujuan, dan implikasi rencana tata ruang. Akses terhadap dokumen rencana tata ruang yang terbatas, bahasa teknis yang sulit dipahami, serta minimnya media penyampaian informasi yang efektif menyebabkan rencana tata ruang tidak menjadi referensi utama dalam perencanaan pembangunan. Dalam perspektif sistem informasi manajemen konstruksi, kondisi ini mengindikasikan bahwa SIM belum dimanfaatkan secara optimal sebagai media diseminasi informasi perencanaan yang mudah diakses, transparan, dan terintegrasi dengan data spasial dan nonspasial.

Selain itu, kualitas rencana tata ruang turut memengaruhi tingkat pemanfaatannya dalam perencanaan program pembangunan. Rencana tata ruang yang kurang mampu mengantisipasi dinamika perkembangan wilayah, perubahan kebijakan pembangunan, serta kebutuhan masyarakat menimbulkan keraguan bagi para pengambil keputusan dalam menggunakannya sebagai acuan. Keterbatasan keakuratan data, kurangnya pembaruan informasi, serta belum terakomodasinya aspirasi masyarakat menyebabkan rencana tata ruang dipersepsikan kurang relevan dengan kondisi aktual. Dalam konteks sistem informasi manajemen konstruksi, kualitas rencana tata ruang sangat ditentukan oleh kualitas data dan informasi yang dikelola dalam sistem, sehingga SIM yang tidak didukung oleh data yang mutakhir dan terintegrasi akan menghasilkan perencanaan konstruksi yang kurang adaptif dan berisiko tinggi terhadap ketidaksesuaian ruang.

Kualitas sumber daya manusia dan kelembagaan juga menjadi faktor penting yang memengaruhi pemanfaatan rencana tata ruang. Rendahnya kemampuan komunikasi dan

koordinasi antarinstansi, serta terbatasnya pemahaman aparat terhadap substansi rencana tata ruang, menyebabkan terjadinya ego sektoral dan lemahnya sinergi dalam perencanaan pembangunan. Akibatnya, keputusan pembangunan sering diambil secara parsial dan tidak mempertimbangkan keterpaduan ruang wilayah. Dalam sistem informasi manajemen konstruksi, permasalahan ini mencerminkan belum optimalnya fungsi SIM sebagai sarana koordinasi lintas sektor yang mampu menyatukan persepsi, data, dan informasi antarinstansi dalam proses perencanaan dan pelaksanaan proyek konstruksi.

Dinamika perubahan kebijakan pembangunan dan kecenderungan perkembangan wilayah yang bersifat cepat dan kompleks, termasuk pengaruh politis, semakin memperlemah posisi rencana tata ruang dalam pengambilan keputusan. Rencana tata ruang yang bersifat statis dan kurang responsif terhadap perubahan tersebut menyebabkan rendahnya tingkat kepercayaan pengambil kebijakan terhadap rencana tata ruang sebagai instrumen strategis pembangunan. Dalam hal ini, sistem informasi manajemen konstruksi memiliki peran penting dalam mendukung rencana tata ruang yang adaptif melalui penyediaan mekanisme evaluasi, pemantauan, dan pembaruan data secara berkelanjutan, sehingga rencana tata ruang dapat disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan pembangunan terkini.

Berdasarkan temuan tersebut, peningkatan pemanfaatan rencana tata ruang dalam perencanaan program pembangunan memerlukan integrasi yang kuat antara rencana tata ruang dan sistem informasi manajemen konstruksi. Integrasi ini tidak hanya berfungsi untuk meningkatkan kepatuhan terhadap rencana tata ruang, tetapi juga untuk memperkuat kualitas pengambilan keputusan, meningkatkan koordinasi antarinstansi, serta mengurangi risiko ketidaksesuaian ruang dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Dengan menjadikan rencana tata ruang sebagai bagian integral dari sistem informasi manajemen konstruksi, proses perencanaan dan pembangunan dapat dilakukan secara lebih terarah, transparan, dan berkelanjutan.

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Rendahnya pemanfaatan rencana tata ruang dalam penyusunan program pembangunan disebabkan oleh belum terintegrasinya rencana tata ruang sebagai kriteria seleksi usulan program pembangunan dalam mekanisme Musyawarah Perencanaan Pembangunan.
2. Keterbatasan sosialisasi dan akses informasi rencana tata ruang menyebabkan rendahnya pemahaman aparat dan masyarakat terhadap fungsi dan substansi rencana tata ruang.
3. Kualitas rencana tata ruang yang belum adaptif terhadap dinamika pembangunan, perubahan kebijakan, serta kebutuhan masyarakat mengurangi tingkat kepercayaan pemangku kepentingan dalam memanfaatkannya.
4. Kualitas sumber daya manusia dan kelembagaan yang masih terbatas dalam hal komunikasi, koordinasi, dan pemanfaatan informasi perencanaan memperkuat ego sektoral dan melemahkan sinergi antarinstansi.

5. Sistem Informasi Manajemen (SIM) dalam konstruksi belum dimanfaatkan secara optimal sebagai sistem pendukung keputusan yang mengintegrasikan data rencana tata ruang dengan perencanaan dan pelaksanaan proyek konstruksi.

4.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

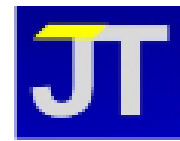
Menetapkan rencana tata ruang sebagai salah satu kriteria wajib dalam seleksi usulan program pembangunan, khususnya untuk program dan proyek konstruksi yang memanfaatkan ruang.

1. Mengembangkan dan memanfaatkan Sistem Informasi Manajemen konstruksi berbasis data spasial untuk mengintegrasikan rencana tata ruang dalam proses perencanaan dan pengambilan keputusan.
2. Meningkatkan intensitas dan kualitas sosialisasi rencana tata ruang melalui media digital dan platform SIM agar mudah diakses oleh aparat dan masyarakat.
3. Memperbaiki kualitas rencana tata ruang melalui pembaruan data secara berkala, peningkatan akurasi informasi, serta penguatan partisipasi masyarakat dalam proses perencanaan.
4. Meningkatkan kapasitas sumber daya manusia dan kelembagaan melalui pelatihan komunikasi, koordinasi, dan pemanfaatan sistem informasi manajemen konstruksi.
5. Mengembangkan rencana tata ruang yang adaptif dan responsif terhadap perubahan kebijakan serta kecenderungan perkembangan wilayah dengan dukungan sistem informasi yang dinamis.

DAFTAR PUSTAKA

1. Denzin, N. K. (1994). *Handbook of Qualitative Research*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
2. Kartasasmita, G. (1996). *Pembangunan untuk Rakyat: Memadukan Pertumbuhan dan Pemerataan*. Jakarta: Pustaka CIDESINDO.
3. Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional (ATR/BPN). (2021). *Pedoman penyusunan dan evaluasi rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota*. Jakarta: Kementerian ATR/BPN.
4. Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas). (2020). *Pedoman integrasi perencanaan tata ruang dan perencanaan pembangunan nasional dan daerah*. Jakarta: Bappenas.
5. Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1992). *Analisis Data Kualitatif: Buku Sumber tentang Metode-Metode Baru*. Jakarta: UI Press.
6. Moleong, L. J. (2001). *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
7. Nusi, S. (1994). *Perencanaan Tata Ruang dan Implementasinya dalam Pembangunan Daerah*. Jakarta: Departemen Dalam Negeri.
8. Oetomo, B. S. (1998). *Perencanaan dan Pengendalian Pemanfaatan Ruang*. Jakarta: Direktorat Jenderal Penataan Ruang.
9. Rahmawati, D., Prasetyo, L. B., & Munibah, K. (2023). Evaluasi kesesuaian pemanfaatan ruang terhadap rencana tata ruang wilayah berbasis SIG.

- Journal of Regional and City Planning*, 34(1), 45–60. Tjokroamidjoyo, B. (1990). *Perencanaan Pembangunan*. Jakarta: CV Haji Masagung.
10. Sutriadi, R., & Anggoro, Y. (2021). Integrasi perencanaan tata ruang dan pembangunan daerah dalam mewujudkan pembangunan berkelanjutan. *Jurnal Tata Loka*, 23(3), 345–357.
 11. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang.
 12. Surat Edaran Menteri Dalam Negeri Nomor 050/987/2003 tentang Pedoman Penyelenggaraan Musyawarah Perencanaan Pembangunan Partisipatif.
 13. Peraturan Daerah Kabupaten Bekasi Nomor 7 Tahun 1996 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Bekasi.
 14. Wicaksono, A., & Nugroho, R. (2022). Konsistensi pemanfaatan ruang dalam implementasi rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 33(2), 121–134.



ANALISA PENGARUH LIMBAH CANGKANG KERANG DARAH SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC)

Irfan Maulana¹, Meillyta^{2*}, Wahyuni³

^{1,2,3}Teknik Sipil, Teknik, Universitas Muhammadiyah Aceh

*Corresponding author, email address: meillyta@unmuha.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Received
25 Desember 2025
Accepted
28 Desember 2025
Online
31 Desember 2025

ABSTRAK

Self Compacting Concrete (SCC) merupakan beton inovatif yang mampu mengalir dan memadat sendiri tanpa bantuan getaran, sehingga cocok digunakan pada konstruksi dengan penulangan rapat. Namun, peningkatan kebutuhan pembangunan mengakibatkan ketersediaan agregat alami semakin menurun, sehingga diperlukan material alternatif yang ramah lingkungan. Salah satu limbah potensial adalah cangkang kerang darah (*Anadara granosa*), yang banyak ditemukan di pesisir Aceh sebagai sisa konsumsi rumah makan. Limbah ini sering terbuang dan mencemari lingkungan, padahal mengandung kalsium karbonat yang berpotensi dimanfaatkan dalam campuran beton. Permasalahan penelitian ini adalah bagaimana pengaruh limbah cangkang kerang darah sebagai substitusi sebagian agregat halus terhadap sifat beton segar dan kuat tekan SCC. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis nilai kuat tekan optimum serta variasi terbaik dari penggunaan limbah tersebut. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental di laboratorium menggunakan benda uji silinder 15 × 30 cm sebanyak 40 buah. Variasi substitusi limbah terhadap agregat halus adalah 0%, 5%, 7,5%, dan 10%. Beton direncanakan dengan kuat tekan (f'_c) 25 MPa. Pengujian meliputi sifat fisis agregat, *slump flow*, T-500, *J-Ring*, *sieve segregation*, serta kuat tekan pada umur 7 dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar persentase limbah, nilai *slump flow* menurun dari 715 mm (0%) menjadi 655 mm (10%), dan T-500 meningkat dari 3,5 detik menjadi 4,7 detik. Pada umur 7 hari kuat tekan menurun dari 18,96 MPa menjadi 10,89 MPa, sedangkan pada 28 hari kuat tekan tertinggi dicapai pada variasi 0% sebesar 28,98 MPa. Variasi 5% menghasilkan kuat tekan 26,36 MPa yang masih mendekati f'_c rencana, sementara 7,5% dan 10% jauh lebih rendah. Disimpulkan bahwa limbah cangkang kerang darah dapat digunakan maksimal 5% sebagai pengganti agregat halus pada SCC.

Kata Kunci: *Self compacting concrete*, limbah cangkang kerang darah, agregat halus, kuat tekan

ABSTRACT

Self-Compacting Concrete (SCC) is an innovative concrete that can flow and compact itself without the aid of vibration, making it suitable for use in construction with dense reinforcement. However, increasing development needs have resulted in the decreasing availability of natural aggregates, so that environmentally friendly alternative materials are needed. One potential waste is the shell of blood cockles (*Anadara granosa*), which is often found on the coast of Aceh as a leftover from restaurant consumption. This waste is often discarded and pollutes the environment, even though it contains calcium carbonate that has the potential to be used in concrete mixtures. The problem of this research is how the effect of blood clam shell waste as a partial substitute for fine aggregate on the properties of fresh concrete and the compressive strength of SCC. The purpose of this research is to analyze the optimum compressive strength value and the best variation of the use of this waste. The research was conducted using an experimental method in the laboratory using 40 cylindrical test specimens measuring 15x30 cm. Variations in waste substitution to fine aggregate were 0%, 5%, 7.5%, and 10%. The concrete was designed with a compressive strength (f'_c) of 25 MPa. Testing included aggregate physical properties, slump flow, T-500, J-Ring, sieve segregation, and compressive strength at 7 and 28 days. The results showed that with increasing waste percentage, the slump flow decreased from 715 mm (0%) to 655 mm (10%), and the T-500 increased from 3.5 seconds to 4.7 seconds. At 7 days, the compressive strength decreased from 18.96 MPa to 10.89 MPa, while at 28 days, the highest compressive strength was achieved with the 0% variation of 28.98 MPa. A 5% variation produced a compressive strength of 26.36 MPa, which was still close to the planned f'_c , while 7.5% and 10% were significantly lower. It was concluded that blood cockle shell waste can be used at a maximum of 5% as a substitute for fine aggregate in SCC.

Keywords: Self-compacting concrete, blood cockle shell waste, fine aggregate, compressive strength

1. PENDAHULUAN

Self compacting concrete (SCC) adalah beton yang mampu mengalir sendiri yang dapat dicetak pada bekisting dengan tingkat penggunaan alat pemadat yang sangat sedikit atau bahkan tidak dipadatkan sama sekali (Budi et al, 2018). Beton ini dicampur memanfaatkan pengaturan ukuran agregat, porsi agregat dan *admixture superplasticizer* untuk mencapai keenceran khusus yang memungkinkannya mengalir sendiri tanpa bantuan alat pemadat. Sekali dituang ke dalam cetakan, beton ini akan mengalir sendiri mengisi semua ruang mengikuti prinsip gravitasi, termasuk pada pengecoran beton dengan tulangan pembedaan yang sangat rapat. Beton ini akan mengalir ke semua celah di tempat pengecoran dengan memanfaatkan berat sendiri campuran beton (Sharifi et al, 2019).

Material atau bahan pembentukan beton secara garis besar dibagi menjadi dua bahan aktif dan bahan pasif (Lee & Ludwig, 2016). Kelompok aktif yaitu semen Portland dan air, sedangkan kelompok pasif (memperbesar volume) yaitu agregat yang terbagi atas agregat kasar dan agregat halus (Revilla et al, 2020). Kelompok pasif disebut sebagai perekat atau pengikat. Bahan tambahan

adalah bahan yang bukan air, agregat, maupun semen, yang ditambahkan kedalam campuran beton sesaat atau selama percampuran (Asteris et al, 2019). Penggunaan bahan tambahan bertujuan untuk mengubah sifat – sifat beton agar lebih cocok untuk pekerjaan tertentu. Agar lebih ekonomis atau untuk tujuan menghemat energi (Santos et al, 2019).

Superplasticizer ini termasuk jenis *polycarboxylate copolymer* yang secara khusus dikembangkan untuk produksi beton dengan kemudahan mengalir dan sifat mengalir yang lama (Omrane et al, 2017). Sika ViscoCrete 3115N merupakan *superplasticizer* generasi ketiga untuk beton dan mortar (Sitorus, 2018). Ini terutama dikembangkan untuk produksi beton dengan kemampuan mengalir tinggi dengan sifat retensi *workabilitas* yang sangat baik. Sika ViscoCrete 3115N bekerja dengan adsorpsi pada permukaan partikel semen yang menghasilkan efek pemisahan *sterical*. Beton yang diproduksi dengan Sika ViscoCrete 3115N (Iswahyudi, 2024) menunjukkan sifat-sifat berikut :

1. Kemampuan mengalir yang sangat baik (mengurangi usaha dalam pekerjaan penempatan dan pemadatan)
2. Kemampuan *self-compacting* yang baik
3. Pengurangan air yang sangat tinggi (menghasilkan kepadatan dan kekuatan yang tinggi)
4. Mengurangi perilaku penyusutan dan *creep*

Serbuk cangkang kerang darah berasal dari pengolahan limbah cangkang kerang yang dibersihkan kemudian dihancurkan dan dihaluskan. Kandungan senyawa kimia pada abu kulit kerang bersifat pozzolan, yaitu mengandung zat kapur (CaO), alumina dan senyawa silika sehingga dapat digunakan sebagai pengganti sebagian terhadap berat semen (Syahpoetri et al, 2013). Kemudian limbah kulit kerang merupakan bahan lokal yang mudah didapatkan serta limbah kulit kerang juga belum banyak dimanfaatkan.

Senyawa kimia yang terkandung dalam cangkang kerang adalah kitin, kalsium karbonat, kalsium hidrosiapatit dan kalsium posfat. Sebagian besar cangkang kerang mengandung kitin. Kitin merupakan suatu polisakarida alami yang memiliki banyak kegunaan, seperti bahan pengkelat, pengemulsi dan adsorben (Fitriani & Lydia, 2021). Salah satu senyawa kitin yang banyak dikembangkan adalah kitosan. Kitosan adalah suatu amina polisakarida hasil destilasi. Selain kitin cangkang kerang juga memiliki kalsium karbonat (CaCO₃) yang secara fisik mempunyai pori-pori yang memungkinkan memiliki kemampuan mengadsorpsi atau menyerap zat-zat lain ke dalam pori-pori permukaannya. Cangkang kerang darah (tempurung kerang) yang keras dan mengandung kapur, silika, mangan oksida, alumina dan lainnya yang baik untuk meningkatkan mutu beton, ditumbuk sampai halus dan disaring dengan saringan yang sesuai, sehingga diperoleh serbuk cangkang kerang mempunyai ukuran yang sama dengan agregat halus (pasir), selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan substitusi agregat halus untuk membuat beton yang kuat dan ekonomis.

Berbagai penelitian dilakukan untuk meningkatkan performa beton, terutama dengan memanfaatkan material limbah sebagai pengganti sebagian komponen beton konvensional. Pemanfaatan limbah tidak hanya menekan biaya produksi, tetapi juga berkontribusi terhadap

pengurangan pencemaran lingkungan. Salah satu limbah yang berpotensi digunakan adalah cangkang kerang darah (*Anadara granosa*), yang banyak ditemukan di pesisir Aceh namun jarang dimanfaatkan, padahal mengandung kalsium karbonat yang bermanfaat bagi industri konstruksi. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan limbah cangkang kerang darah sebagai substitusi sebagian agregat halus pada beton Self Compacting Concrete (SCC).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh. Seluruh tahapan kegiatan, meliputi pengujian material penyusun, pembuatan dan perawatan sampel, serta pengujian sampel, dilakukan sepenuhnya di laboratorium tersebut untuk memastikan konsistensi kondisi pengujian.

Penelitian menggunakan 40 benda uji berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Sebanyak 20 benda uji diuji pada umur 7 hari dan 20 benda uji lainnya pada umur 28 hari. Variasi substitusi limbah cangkang kerang darah terhadap agregat halus ditetapkan sebesar 0%, 5%, 7,5% dan 10%. Rincian data benda uji ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data benda uji penelitian

No	Kode Benda Uji	Umur Beton	Persentase Cangkang Kerang Darah	Persentase <i>Super Plasticizer</i>	Bentuk Benda Uji	Total Benda Uji
1	BSC 0%	7 Hari	0%	1,8%	Silinder	5
2	BSC 5%	7 Hari	5%	1,8%	Silinder	5
3	BSC 7,5%	7 Hari	7,5%	1,8%	Silinder	5
4	BSC 10%	7 Hari	10%	1,8%	Silinder	5
5	BSC 0%	28 Hari	0%	1,8%	Silinder	5
6	BSC 5%	28 Hari	5%	1,8%	Silinder	5
7	BSC 7,5%	28 Hari	7,5%	1,8%	Silinder	5
8	BSC 10%	28 Hari	10%	1,8%	Silinder	5
Jumlah Total Benda Uji Kuat Tekan Beton						40

Material yang digunakan dalam penelitian terdiri atas semen, agregat kasar, agregat halus, air, bahan tambahan (*superplasticizer*), serta limbah cangkang kerang darah sebagai substitusi sebagian agregat halus. Semen yang digunakan adalah Semen Portland Komposit produksi PT Semen Padang yang memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI). Agregat kasar berupa kerikil pecah dan agregat halus berupa pasir diperoleh dari Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala. Limbah cangkang kerang darah dikumpulkan dari rumah makan di Kota Banda Aceh, sedangkan air pencampur berasal dari PDAM Tirta Mountala. Bahan *admixture* yang digunakan adalah *superplasticizer* tipe ViscoCrete-3115 produksi PT Sika Indonesia.

Treatment Cangkang Kerang Darah

Dalam penelitian ini, limbah cangkang kerang darah digunakan sebagai substitusi sebagian agregat halus. Limbah diperoleh dari rumah makan di kawasan Rex Peunayong, Banda Aceh, kemudian dibersihkan dari kotoran dan tanah, dikeringkan di bawah sinar matahari selama 5–6 jam dan dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian sifat fisis. Sebelum digunakan, cangkang dihancurkan hingga lolos saringan No. 4 guna mencapai gradasi agregat halus, kemudian diuji melalui *sieve analysis* untuk menentukan distribusi ukuran butir serta pengujian berat jenis untuk mengetahui karakteristik material hasil olahan tersebut.

Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Metode perencanaan *mix design* beton *Self Compacting Concrete* (SCC) pada penelitian dihitung berdasarkan metode Standarisasi Nasional Indonesia SNI 2847-2002 untuk beton normal. Perencanaan campuran beton SCC ini dihitung untuk mencapai mutu beton 25 MPa. *Mix Design* benda uji pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. *Mix design* benda uji Material

No	Variasi	Air (kg)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Cangkang Kerang Darah (kg)	Batu Pecah (kg)	<i>Super Plasticizer</i> 1,8%
1	BSC 0%	5,430	11,31	29,59	0,00	15,93	0,204
2	BSC 5%	5,430	11,31	29,26	1,54	16,58	0,204
3	BSC 7,5%	5,430	11,31	28,65	2,32	16,67	0,204
4	BSC 10%	5,430	11,31	27,96	3,11	16,73	0,204
	Total	21,72	45,24	115,46	6,97	65,91	0,816

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan berat volume agregat dilakukan pada 3 material agregat yaitu batu pecah sebagai agregat kasar serta pasir dan limbah cangkang kerang darah sebagai agregat halus. Adapun hasil pengujian berat volume dapat dilihat pada Tabel 3 berikut

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Berat Volume Agregat

No	Jenis Agregat	Berat Volume (Kg)	Batas Izin Troxell 1968 (Kg)
1	Padat Batu Split	1,524	>1,4
2	Padat Pasir	1.631	
3	Padat Limbah Cangkang Kerang Darah	1,950	

Pengujian analisa saringan dilakukan untuk memeriksa nilai modulus kehalusan dan gradasi butiran pada material agregat penyusun beton SCC. Agregat penyusun beton SCC pada penelitian ini yaitu batu split, pasir dan limbah cangkang kerang darah. Pengujian ini juga dilakukan pada setiap variasi gabungan antara pasir dan limbah cangkang kerang darah sebagai agregat halus. Adapun hasil perhitungan modulus kehalusan setiap material agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Nilai Modulus Kehalusan Agregat

No	Jenis Agregat	Modulus Kehalusan	Standar ASTM C33	Keterangan
Agregat Kasar				
1	Batu Split	7,459	-	-
Agregat Halus + Limbah Cangkang Kerang				
2	Pasir	2,518	2,3 – 3,1	Memenuhi (Kekasaran Sedang)
3	Limbah Cangkang Kerang Darah	3,169	2,3 – 3,1	Sangat Kasar
4	Pasir 90% dan Limbah Cangkang Kerang Darah 10%	2,780	2,3 – 3,1	Memenuhi (Kekasaran Sedang)
5	Pasir 92,5% dan Limbah Cangkang Kerang Darah 7,5%	2,767	2,3 – 3,1	Memenuhi (Kekasaran Sedang)
6	Pasir 95% dan Limbah Cangkang Kerang Darah 5%	2,751	2,3 – 3,1	Memenuhi (Kekasaran Sedang)

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Nilai Berat Jenis dan Absorpsi

No	Jenis Agregat	Berat Jenis (<i>Specific Gravity</i>)		Penyerapan Air (Absorption) %
		SSD	OD	
1	Batu Split	2,745	2,733	0,437
2	Pasir	2,534	2,449	3,489
3	Limbah Cangkang Kerang Darah	2,754	2,561	7,527
4	Pasir 95% dan Limbah Cangkang Kerang Darah 5%	2,703	2,609	3,592
5	Pasir 92,5% dan Limbah Cangkang Kerang Darah 7,5%	2,708	2,612	3,663
6	Pasir 90% dan Limbah Cangkang Kerang Darah 10%	2,732	2,630	3,878

Perancangan campuran beton SCC menggunakan SNI 03-2834-2000 yang disesuaikan proporsi campuran dengan peraturan EFNARC 2002 untuk 30 benda uji silinder yang berdiameter 15 cm dengan tinggi 30 cm

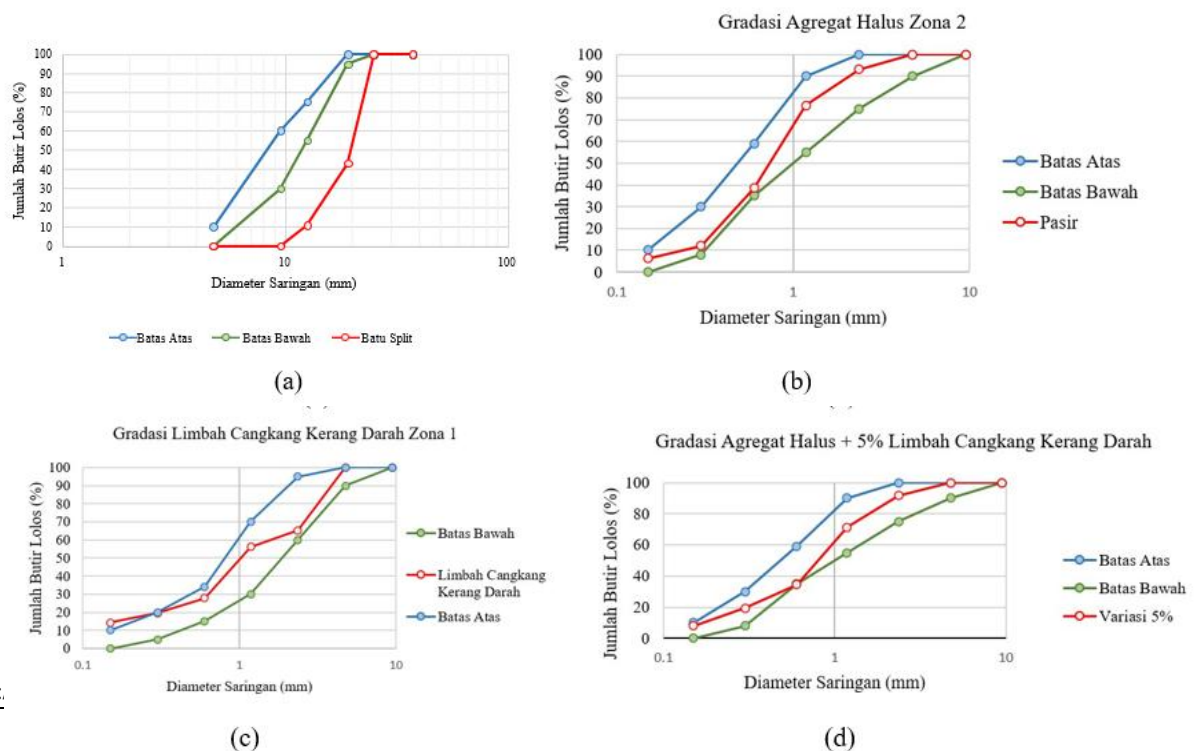
Tabel 6. Hasil Rekapitulasi Perancangan Campuran Beton (*Mix Design*)

No	Material	BSC 0%	BSC 5%	BSC 7,5%	BSC 10%
1	Air (Kg)	5,430	5,430	5,430	5,430
2	Semen (Kg)	11,31	11,31	11,31	11,31
3	Batu Split (Kg)	15,93	16,58	16,67	16,73
4	Pasir (Kg)	29,59	29,26	28,65	27,96
5	Limbah Cangkang Kerang Darah (Kg)	0	1,54	2,32	3,11
6	<i>Superplasticizer</i> 1,8% (Kg)	0,204	0,204	0,204	0,204

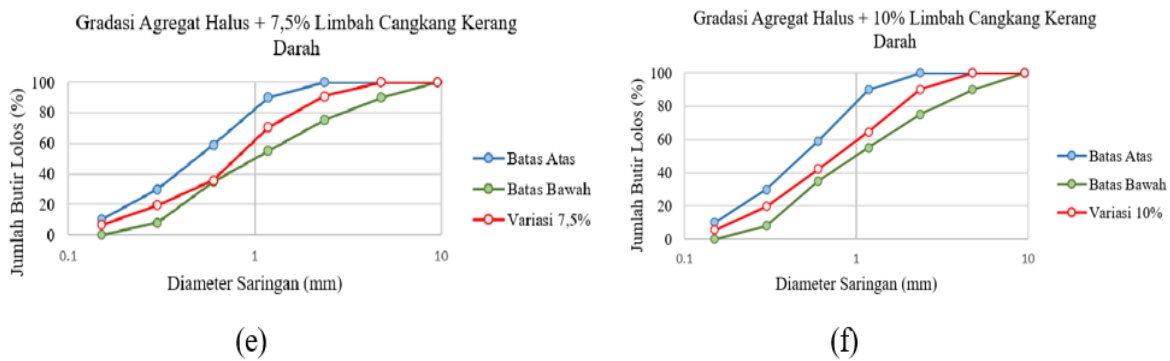
Tabel 7. Hasil Rekapitulasi *Slump Flow Test*

No	Benda Uji	Nilai <i>Slump Flow</i> (mm)	Standar EFNARC 2002 (mm)	Keterangan
1	BSC 0%	715	650 - 800	Memenuhi
2	BSC 5%	690	650 - 800	Memenuhi
3	BSC 7,5%	670	650 - 800	Memenuhi
4	BSC 10%	655	650 - 800	Memenuhi

Zona gradasi batu split, pasir, limbah cangkang kerang darah dan zona gradasi pada setiap variasi gabungan antara pasir dan limbah cangkang kerang darah sebagai agregat halus dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



<https://>



Gambar 1. (a) Grafik zona gradasi batu pecah, (b) Grafik zona gradasi pasir, (c) Grafik zona gradasi limbah cangkang kerang darah, (d) Grafik zona gradasi agregat halus variasi gabungan 5%, (e) Grafik zona gradasi agregat halus variasi gabungan 7,5%, (f) Grafik zona gradasi agregat halus variasi gabungan 10%

Pengujian T-500 ditujukan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan campuran beton SCC untuk mencapai nilai *slump flow* pada diameter 500 mm. Pengujian ini penting dilakukan untuk menguji kecepatan aliran beton SCC sebelum dan sesudah dipengaruhi oleh penambahan limbah cangkang kerang darah. Semakin cepat waktu yang diperlukan beton untuk mencapai diameter tersebut, semakin baik fluiditasnya, yang menunjukkan bahwa beton tersebut mudah mengalir dan menyebar. Sebaliknya, waktu yang lebih lama menandakan bahwa beton memiliki viskositas yang lebih tinggi atau mungkin lebih kental, sehingga alirannya lebih lambat.

Tabel 8. Hasil Rekapitulasi Nilai T-500

No	Benda Uji	Nilai <i>Slump Flow Test</i> T-500 (detik)	Standar EFNARC 2002 (detik)	Keterangan
1	BSC 0%	3,5	2 - 5	Memenuhi
2	BSC 5%	3,6	2 - 5	Memenuhi
3	BSC 7,5%	4,2	2 - 5	Memenuhi
4	BSC 10%	4,7	2 - 5	Memenuhi

J-Ring Test merupakan pengujian untuk mengetahui kemampuan melewati tulangan (*Passing Ability*) pada beton SCC. Pengujian ini dilakukan menggunakan *Abrams Cone* dan Alat *J-Ring*. EFNARC 2002 memberi Batasan maksimum untuk nilai pada pengujian ini adalah 10.

Tabel 9. Hasil Rekapitulasi Nilai *Passing Ability*

No	Benda Uji	Nilai Pj (mm)	Standar Efnarc 2002 (mm)	Keterangan
1	BSC 0%	7,50	0-10	Memenuhi
2	BSC 5%	8,00	0-10	Memenuhi
3	BSC 7,5%	6,38	0-10	Memenuhi
4	BSC 10%	8,00	0-10	Memenuhi

Pengujian Kuat Tekan ini dilakukan pada umur beton SCC 7 dan 28 hari terhitung semenjak tanggal pengecoran. Nilai kuat tekan dihasilkan dari *Universal Testing Machine* (UTM) kemudian dibagikan dengan luas permukaan benda uji

Tabel 10. Hasil Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan 7 dan 28 Hari

No	Benda Uji	f'c Rencana (MPa)	f'c Pengujian Umur 7 Hari (MPa)	f'c Pengujian Umur 28 Hari (MPa)
Variasi 0%				
1	BSC 0%	25	19,41	29,44
2	BSC 0%	25	17,68	27,17
3	BSC 0%	25	18,60	28,11
4	BSC 0%	25	19,43	29,90
5	BSC 0%	25	19,69	30,27
	Rata-rata	25	18,96	28,98
Variasi 5%				
1	BSC 5%	25	18,60	27,33
2	BSC 5%	25	16,60	25,75
3	BSC 5%	25	16,88	25,07
4	BSC 5%	25	17,44	25,58
5	BSC 5%	25	18,85	28,06
	Rata - Rata	25	17,68	26,36
Variasi 7,5%				
1	BSC 7,5%	25	16,38	24,64
2	BSC 7,5%	25	15,55	23,36
3	BSC 7,5%	25	15,82	23,79
4	BSC 7,5%	25	14,16	21,51
5	BSC 7,5%	25	14,44	21,37
	Rata - Rata	25	15,27	22,94
Variasi 10%				
1	BSC 10%	25	10,72	15,93
2	BSC 10%	25	10,27	15,05
3	BSC 10%	25	11,51	17,15
4	BSC 10%	25	9,89	15,07
5	BSC 10%	25	12,05	17,51
	Rata-Rata		10,89	16,14

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diambil dari hasil penelitian pengaruh penggunaan limbah cangkang kerang darah sebagai substitusi sebagian agregat halus pada beton *Self Compacting Concrete* (SCC) adalah sebagai berikut:

1. Penambahan limbah cangkang kerang darah sebagai pengganti sebagian pasir pada agregat halus mempengaruhi karakteristik beton segar, serta kuat tekan beton *Self Compacting*

Concrete (SCC) pada umur 7 dan 28 hari.

2. Pada sifat fisis dan karakteristik beton SCC, nilai *slump flow* mengalami penurunan dari 715 mm pada variasi 0% hingga 655 mm pada variasi 10%. Nilai T-500 meningkat dari 3,5 detik menjadi 4,7 detik. Kemampuan melewati tulangan (*passing ability*) juga mengalami penurunan, namun masih berada dalam batas standar EFNARC 2002. Nilai ketahanan terhadap segregasi justru meningkat seiring penambahan limbah, ditunjukkan dengan penurunan nilai SR dari 0,96% menjadi 0,23%.
3. Pada pengujian kuat tekan umur 7 hari, didapatkan bahwa semakin tinggi persentase limbah cangkang kerang darah maka semakin rendah nilai kuat tekan yang dihasilkan. Nilai rata-rata kuat tekan masing-masing variasi yaitu 18,96 MPa untuk variasi 0%, 17,68 MPa untuk 5%, 15,27 MPa untuk 7,5% dan 10,89 MPa untuk 10%. Hanya variasi 0% dan 5% yang mendekati kuat tekan rencana.
4. Pada pengujian kuat tekan umur 28 hari, beton dengan variasi limbah 0% menghasilkan kuat tekan tertinggi yaitu 28,98 MPa. Nilai ini menurun berturut-turut menjadi 27,51 MPa 5%, 23,19 MPa 7,5% dan terendah sebesar 17,32 MPa 10%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan limbah cangkang kerang darah secara bertahap mengurangi kekuatan tekan beton, meskipun pada umur 28 hari nilai kuat tekan meningkat signifikan dibandingkan umur 7 hari.

DAFTAR PUSTAKA

1. Asteris, P. G., Ashrafian, A., & Rezaie-Balf, M. (2019). Prediction of the compressive strength of self-compacting concrete using surrogate models. *Computers and Concrete*, 24(2), 137–150. <https://doi.org/10.12989/cac.2019.24.2.137>
2. Budi, A. S., Sangadji, S., & Insiyroh, F. R. N. (2018). Pengaruh ukuran spesimen terhadap hubungan tegangan dan regangan pada beton high volume fly ash self-compacting concrete. *Matriks Teknik Sipil*, 6(1).
3. Fitriani, R., & Lydia, E. N. (2021). The utilization of shells as a basic material for making chalk paint in gampong kuala langsa. *Global Science Society: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(2), 211-218.
4. Iswahyudhi, A. (2024). PENGARUH PENAMBAHAN SILICA FUME TERHADAP KUAT TEKAN BETON BUSA MENGGUNAKAN SIKAVISCOCRETE 3115 N. *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, 8(1), 65-74.
5. Lee, H. T., & Ludwig, H.-M. (2016). Effect of rice husk ash and other mineral admixtures on properties of self-compacting high-performance concrete. *Materials & Design*, 89, 156–166
6. Lia, A., 2017. Beton Ringan Menggunakan Limbah Cangkang Kerang.
7. Mulyono, T., 2003. *Teknologi Beton dan Baja*. Penerbit Gramedia.
8. Omrane, M., Kenai, S., Kadri, E.-H., & Aït-Mokhtar, A. (2017). Performance and durability of self-compacting concrete using recycled concrete aggregates and natural pozzolan. *Journal of Cleaner Production*, 165, 415–430.

9. Revilla-Cuesta, V., Skaf, M., Faleschini, F., Manso, J. M., & Ortega-López, V. (2020). Self-compacting concrete manufactured with recycled concrete aggregate: An overview. *Journal of Cleaner Production*, 262. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121362>
10. Santos, S., Da Silva, P. R., & De Brito, J. (2019). Self-compacting concrete with recycled aggregates—a literature review. *Journal of Building Engineering*, 22, 349–371
11. Sharifi, N. P., Jewell, R. B., Duvallet, T., Oberlink, A., Robl, T., Mahboub, K. C., & Ladwig, K. J. (2019). The utilization of sulfite-rich Spray Dryer Absorber Material in Portland cement concrete. *Construction and Building Materials*, 213, 306–312
12. Sitorus, L. R., & Sitorus, T. (2018). Analisis Kuat Tekan terhadap Umur Beton dengan Menggunakan Admixture Superplasticizer Viscocrete-3115 N. *Tugas Akhir. Universitas Sumatera Utara*
13. Syafpoetri, N. A., Olivia, M., & Darmayanti, L. (2013). Pemanfaatan Abu Kulit Kerang (Anadara grandis) Untuk Pembuatan Ekosemen. *Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru*.