

# JURNAL

---

# PERMUKIMAN

**Reformulasi Grafik Kuat Tekan Beton dengan Hammer Test Tipe-N untuk Meningkatkan Akurasi Hasil Uji Kubus dan Silinder**

*I Gusti Ngurah Eka Partama*

**Evaluasi Kinerja Struktur Pada Desain Struktural Gedung Rumah Sakit dengan Metode Pushover**

*Seto Ditosurya Aranta, Inggar Septhia Irawati*

**Desain Hunian Adaptif Perubahan Iklim di Pesisir Kota Pekalongan**

*Suzanna Ratih Sari, Fadhil Muhammad, Muhammad Fariz Hilmy, Djoko Indrasaptono*

**Stratrgi Pemulihan Kondisi Pasca Bencana oleh Penghuni melalui Penyesuaian Rumah pada Huntap RISHA Cianjur**

*Desty Ayu Setia Hidayati, Joko Adianto*

**Pengklastran Potensi Pembangunan di Kabupaten Subang: Strategi Penguatan Peran Desa Penyangga Metropolitan Rebana, Jawa barat**

*Musthafa Halim*

JURNAL PERMUKIMAN	VOL. 20	NO. 1	HAL 1 - 60	BANDUNG MEI 2025	E-ISSN 2339 - 2975
Terakreditasi KEMDIKTISAINTEK No. 10/C/C3/DT.05.00/2025 Peringkat 4 (S4)					

**Akreditasi Jurnal Ilmiah Nomor: 10/c/c3/dt.05.00/2025, Tanggal 21 Maret 2025**

Jurnal Permukiman ditetapkan sebagai Jurnal Ilmiah **TERAKREDITASI PERINGKAT 4**  
Berdasarkan Kutipan Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan  
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia

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

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

Direktorat Bina Teknik Bangunan Gedung dan Penyehatan Lingkungan  
Jenderal Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum  
Jalan Panyawungan, Cileunyi Wetan, Kabupaten Bandung 40393  
Tlp. 022-7798393 (4 saluran)  
<http://jurnalpermukiman.pu.go.id>

**Daftar Isi**

Halaman Daftar Isi	ii
Pengantar Redaksi	iii
Reformulasi Grafik Kuat Tekan Beton dengan Hammer Test Tipe-N untuk Meningkatkan Akurasi Hasil Uji Kubus dan Silinder <i>Reformulation Of Concrete Compressive Strength Graphics With N-Type Hammer Test to Improve the Accuracy Of Cube and Cylinder Test Results</i> <i>I Gusti Ngurah Eka Partama</i>	1–10
Evaluasi Kinerja Struktur Pada Desain Struktural Gedung Rumah Sakit dengan Metode Pushover <i>Structure Performance Evaluation of the Design of a Hospital Building Using the Pushover Method</i> <i>Seto Ditosurya Aranta, Inggar Septhia Irawati</i>	11–21
Desain Hunian Adaptif Perubahan Iklim di Pesisir Kota Pekalongan <i>Climate Change Adaptive Residential Design in The Coastal City of Pekalongan</i> <i>Suzanna Ratih Sari, Fadhil Muhammad, Muhammad Fariz Hilmy, Djoko Indrosaptono</i>	22–31
Strategi Pemulihan Kondisi Pasca Bencana oleh Penghuni melalui Penyesuaian Rumah pada Huntap RISHA Cianjur <i>Post Disaster Recovery Strategy by Residents Through Housing Adjustment At RISHA Settlement Cianjur</i> <i>Desti Ayu Setia Hidayati, Joko Adianto</i>	32–42
Pengklasteran Potensi Pembangunan di Kabupaten Subang: Strategi Penguatan Peran Desa Penyangga Metropolitan Rebana, Jawa Barat <i>District Clustering in Subang Regency: A Strategy for Developing Buffer Village of Rebana Metropolitan, West Java</i> <i>Musthafa Halim</i>	43–53
Kumpulan Abstrak	54–59
Indeks Subjek	60

### Pengantar Redaksi

Rasa syukur kami panjatkan kepada Allah SWT, dengan izin-Nya kami dapat menyelesaikan penerbitan Jurnal Permukiman edisi pertama tahun 2025. Pada edisi ini, kami menyajikan 5 (lima) pokok bahasan yang mencakup reformulasi grafik kuat tekan beton untuk meningkatkan akurasi uji, evaluasi kinerja struktur bangunan rumah sakit terhadap beban gempa, perancangan hunian adaptif terhadap perubahan iklim di kawasan pesisir, strategi pemulihan pascabencana melalui penyesuaian hunian oleh penghuni, serta pengklasteran wilayah sebagai strategi pengembangan desa penyangga kawasan metropolitan.

Artikel pertama, yang ditulis oleh I Gusti Ngurah Eka Partama, berjudul "Reformulasi Grafik Kuat Tekan Beton dengan Hammer Test Tipe-N untuk Meningkatkan Akurasi Hasil Uji Kubus dan Silinder". Artikel ini membahas bagaimana metode Hammer Test Tipe-N dapat digunakan untuk meningkatkan akurasi dalam pengujian kuat tekan beton, sebagai alternatif dalam menguji kualitas beton di lapangan.

Selanjutnya, Seto Ditosurya Aranta dan Inggar Septhia Irawati menyajikan artikel berjudul "Evaluasi Kinerja Struktur pada Desain Struktural Gedung Rumah Sakit dengan Metode *Pushover*". Dalam artikel ini, penulis mengevaluasi kekuatan struktur rumah sakit terhadap beban gempa dengan menggunakan metode *pushover*, yang menjadi langkah penting dalam memastikan ketahanan gedung terhadap bencana alam.

Suzanna Ratih Sari, Fadhil Muhammad, Muhammad Fariz Hilmy, dan Djoko Indrosaptono dalam artikel "Desain Hunian Adaptif Perubahan Iklim di Pesisir Kota Pekalongan" menawarkan solusi desain hunian yang dapat beradaptasi dengan perubahan iklim, khususnya di pesisir. Desain ini dirancang untuk menghadapi tantangan yang disebabkan oleh ancaman banjir dan kenaikan muka air laut.

Artikel selanjutnya, "Strategi Pemulihan Kondisi Pascabencana oleh Penghuni melalui Penyesuaian Rumah pada Huntap RISHA Cianjur" karya Desti Ayu Setia Hidayati dan Joko Adianto, membahas bagaimana penghuni RISHA di Cianjur melakukan penyesuaian rumah sebagai bagian dari strategi pemulihan setelah bencana. Studi ini menekankan peran aktif masyarakat dalam menyesuaikan hunian untuk memperbaiki kondisi pascabencana, yang berkontribusi pada pemulihan kehidupan sosial dan ekonomi secara berkelanjutan.

Terakhir, Musthafa Halim dalam artikel "Pengklasteran Potensi Pembangunan di Kabupaten Subang: Strategi Penguatan Peran Desa Penyangga Metropolitan Rebana, Jawa Barat" membahas strategi pengklasteran wilayah di Kabupaten Subang untuk memperkuat peran desa penyangga dalam mendukung pengembangan kawasan metropolitan Rebana.

Kami berharap, setiap artikel yang dipublikasikan dalam edisi ini dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan solusi permasalahan dalam bidang perencanaan perumahan, perancangan bangunan, dan pemulihan pascabencana.

Selamat membaca.

Bandung, Mei 2025  
Redaksi

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Redaksi pelaksana Jurnal Permukiman mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi, khususnya para Mitra Bestari Jurnal Permukiman Volume 20 Nomor 1, Mei 2025:

1. Prof. Iswandi Imran
2. Dr. Sri Astuti, MSA
3. Dr. Eng Aris Aryanto
4. Dr. Ir. Purnama Salura, MT. MBA

## REFORMULASI GRAFIK KUAT TEKAN BETON DENGAN HAMMER TEST TIPE-N UNTUK MENINGKATKAN AKURASI HASIL UJI KUBUS DAN SILINDER

### *Reformulation of Concrete Compressive Strength Graphics With N-Type Hammer Test to Improve the Accuracy of Cube and Cylinder Test Results*

I Gusti Ngurah Eka Partama

Prodi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Ngurah Rai  
Jalan Padma, Br. Tembau, Penatih, Denpasar Timur, Denpasar, Bali  
Surel: epartama@gmail.com

Diterima : 15 Agustus 2024 ; Disetujui : 24 Maret 2025

#### **Abstrak**

Salah satu pengujian kuat beton non-destructive test yaitu menggunakan Original Hammer Test Tipe-N yang sangat tergantung pada ketelitian saat menarik garis, menentukan titik dan membaca nilai kuat tekan pada kurva maupun sumbu pada grafik yang disiapkan. Kelemahan ini akan diatasi dengan menyusun persamaan matematis yang menyatakan hubungan nilai pantul ( $R_n$ ) dan kuat tekan ( $f'_c$ ). Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi grafik dan menentukan formulasi yang menyatakan korelasi  $R_n$ - $f'_c$ . Kajian dilakukan dengan analisis regresi berdasarkan korelasi  $R_n$ - $f'_c$  pada grafik yang tersedia pada badan alat maupun buku panduannya dan mensimulasi ulang menggunakan  $R_n = 2$  sampai 60. Data hasil simulasi dianalisis ulang untuk menentukan koreksi persamaan regresi dan modifikasi grafik aslinya. Penelitian ini menyimpulkan bahwa dalam pengujian menggunakan Original Hammer Test Tipe-N kuat tekan dapat ditentukan dengan persamaan regresi polinom derajat 2 yaitu: Kuat tekan yang setara spesimen kubus arah horisontal, kebawah dan keatas masing-masing menggunakan formulasi  $f'_{C_{cu}} = 0,0113R_n^2 + 0,8569R_n - 12,615$ ;  $f'_{C_{cu}} = 0,011R_n^2 + 0,8845R_n - 8,1916$ ;  $f'_{C_{cu}} = 0,0156R_n^2 + 0,5544R_n - 14,081$ , sedangkan untuk spesimen silinder menggunakan persamaan  $f'_{C_{ci}} = 0,0077R_n^2 + 0,8557R_n - 7,9264$ ;  $f'_{C_{ci}} = 0,0074R_n^2 + 0,8875R_n - 12,663$ ;  $f'_{C_{ci}} = 0,0083R_n^2 + 0,877R_n - 19,679$ , dengan  $f'_c$  dalam MPa dan  $R_n =$  Nilai pantul palu.

**Kata Kunci:** Beton, hammer test Tipe-N, kuat tekan, nilai pantul palu, non-destructive test, regresi polinom derajat 2

#### **Abstract**

One of the non-destructive test concrete strength tests is using N-Type Original Hammer Test which really depends on accuracy when drawing lines, determining points and reading compressive strength values on curves and axes on the prepared graph. This weakness will be overcome by compiling a mathematical equation that states the relationship between reflective value ( $R_n$ ) and compressive strength ( $f'_c$ ). This research aims to modify the graph and determine a formulation that expresses the  $R_n$ - $f'_c$  correlation. The study was carried out using regression analysis based on the  $R_n$ - $f'_c$  correlation on the graphs available on the tool body and in the manual and re-simulating using  $R_n = 2$  to 60. The simulation data was re-analyzed to determine corrections to the regression equation and modifications to the original graph. This research concludes that in testing using the N-Type Original Hammer test the compressive strength can be determined using the 2nd degree polynomial regression equation, namely: The equivalent compressive strength of a cube specimen in horizontal, downward and upward directions respectively using the formulation  $f'_{C_{cu}} = 0.0113R_n^2 + 0.8569R_n - 12.615$ ;  $f'_{C_{cu}} = 0.011R_n^2 + 0.8845R_n - 8.1916$ ;  $f'_{C_{cu}} = 0.0156R_n^2 + 0.5544R_n - 14.081$ , while for cylindrical specimens respectively  $f'_{C_{ci}} = 0.0077R_n^2 + 0.8557R_n - 7.9264$ ;  $f'_{C_{ci}} = 0.0074R_n^2 + 0.8875R_n - 12.663$ ;  $f'_{C_{ci}} = 0.0083R_n^2 + 0.877R_n - 19.679$ , with  $f'_c$  in MPa and  $R_n =$  hammer rebound number.

**Keywords:** Concrete, N-Type hammer test, compressive strength, hammer rebound number, non-destructive test, polynomial regression of degree 2

#### **PENDAHULUAN**

Beton yang sudah dikerjakan perlu dilakukan pengujian untuk memastikan mutu beton yang dicapai. Pengujian beton dapat dikelompokkan

menjadi 2 yaitu pengujian merusak (*Destructive test*) dan pengujian tidak merusak (*Nondestructive test*). Pengujian yang bersifat merusak yaitu pengujian tekan menggunakan spesimen yang diambil saat pelaksanaan pengecoran maupun hasil

pengeboran inti (*Core drilled*) pada elemen struktur. Untuk pengujian yang tidak merusak dapat dilakukan dengan uji pantul palu (*Hammer Test*) dan uji rambat gelombang ultrasonik (*Ultrasonic Velocity Pulse Test*)

*Hammer Test* (HT) adalah salah satu metode pengujian tidak merusak yang paling lazim digunakan karena mempunyai keunggulan yaitu ukurannya kecil dan ringan sehingga mudah dimobilisasi (*portable*), mudah dioperasikan berdampak pada biaya penjaminan mutu lebih rendah (Saremi, Goulias, dan Akhter, 2022), (Wang dan Wan, 2019), (Onyeka, 2020). Keunggulan lain yaitu mampu memberi informasi kuat tekan lebih cepat, sehingga evaluasi capaian mutu beton yang dikerjakan dengan cepat bisa disimpulkan, hal ini berdampak pada tindakan-tindakan korektif yang diperlukan dengan cepat dapat dieksekusi.

*Schmidt Hammer Test* tersedia dalam berbagai jenis atau model yaitu *Original*, *original live*, *Silver* dan *Rock Rebound*. Model *original* dan *original live* adalah jenis *hammer* yang sama, dimana *original live* dilengkapi dengan pencatatan dan pengolahan nilai pantulan secara elektronik sehingga dapat lebih cepat menginformasikan dan melaporkan kuat tekan beton secara digital karena menggunakan konektivitas berbasis *cloud*. Model *Silver* menggunakan *encoder optic*, sehingga lebih presisi dalam mengukur energi pantulan dari pendorong dan digunakan sebagai penguat hasil pengujian menggunakan instrumen kecepatan pulsa (*ultrasonic Pulse Velocity (UPV)*) dalam Metode *Sonic Rebound (SONREB)*. Tipe *Rock Rebound* dirancang untuk aplikasi geologi dan geoteknik dalam mengklasifikasikan karakteristik kekerasan dan kekuatan formasi batuan alami. Semua model tersedia dalam Tipe N, NR, L dan LR, dengan NR

serta LR dilengkapi dengan komponen pencatat data pantulan. Tipe N dan NR memiliki luaran energi 1,63ft-lbf (2,207Nm) yang diperuntukkan menguji elemen beton dengan ketebalan minimal 4 inci (100mm), sedangkan Tipe L dan LR memiliki luaran energi 0,54ft-lbf (0,735Nm) elemen beton dengan ketebalan dibawah 4 inci (100mm) (Proceq, 2002).

Model *Original Hammer Test* Tipe N dan NR dapat dilihat seperti Gambar 1. Tipe N adalah yang paling umum digunakan untuk menguji elemen beton. Di Indonesia pengujian pantulan palu diatur sesuai SNI ASTM C805:2012 Metode Uji Angka Pantul Beton Keras (ASTM C 805-02, IDT) yang diadopsi dari Standar Amerika Serikat. Kaitan dengan hal tersebut negara-negara Eropa, Inggris, Jerman, Prancis, Belgia dan China masing-masing menerbitkan standar: EN 12 504-2, BS 1881 : part 202, DIN 1048 : part 2, NFP 18-417, B 15-225 dan JGJ/ T 23-2011 (Proceq, 2002).

Pedoman pelaksanaan *Hammer test* di Indonesia ditetapkan berdasarkan SNI ASTM C805-02 : 2012 yang diadopsi dari ASTM 805-02 (Badan Standardisasi Nasional, 2012). Alat sebelum digunakan harus dikalibrasi menggunakan *Anvil* penguji dengan kekerasan material standar  $80 \pm 2$  (Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 2012). Ratio rerata bacaan nilai pantul saat kalibrasi (ASTM International, 2022) dibandingkan dengan nilai pantul standar digunakan sebagai pembagi dalam melakukan koreksi hasil pengujian di lapangan. Standar oprasional pengujian sesuai SNI ASTM C805-02 : 2012 diawali dengan pemilihan lokasi pengujian dengan memilih bidang pengujian minimal seluas 150x150 cm dengan ketebalan elemen tidak kurang dari 100 mm. Permukaan dengan tekstur yang kasar, lunak atau terkelupas



a. Tipe N

Sumber :

<https://www.humboldt-mfg.com/schmidt-hammer-type-n.html>

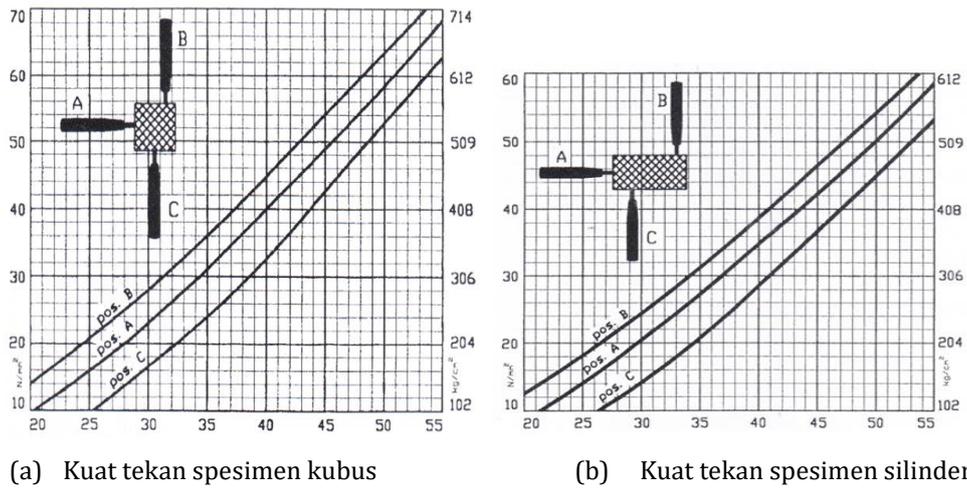


b. Tipe NR

Sumber:

<https://www.mtm-pre.com.my/showproducts/productid/5011545/cid/376617/proceq-concrete-test-hammer-schmidt-hammer-type-n/>

**Gambar 1** *Original Hammer Test*



**Gambar 2** Grafik Hubungan  $R_n$  dan  $f_c$  Sesuai Panduan Alat

Sumber: Matest-2017, Humboldt-2005, Proceq- 2002

mortarnya harus diratakan dengan batu penggosok terlebih dahulu, kemudian disiapkan minimal 10 titik pengujian dengan jarak tidak kurang dari 25 mm satu dengan yang lainnya. Pengujian dilakukan dengan memegang alat sedemikian hingga posisi hulu palu tegak lurus dengan permukaan beton yang diuji. Pengujian dilakukan dengan menekan alat secara perlahan ke arah permukaan uji sampai palu menumbuk hulu palu dan tombol pengunci ditekan untuk menahan pada posisinya. Nilai pantulan dibaca pada skala yang tercantum pada badan alat dan selanjutnya dicatat pada lembar atau formulir pengujian

sampai seluruh titik pengujian dicatat nilai pantulnya. Nilai pantul pada setiap lokasi pengujian dipilih dengan mengabaikan nilai pantul yang berselisih 6 satuan terhadap rerata seluruh nilai pantul yang diambil di lokasi pengujian. Hasil rerata nilai pantul yang dipilih selanjutnya dikoreksi dengan membaginya menggunakan angka kalibrasi. Untuk menentukan kuat tekan, angka rerata nilai pantul setelah dikoreksi diplot pada grafik sumbu horisontal (nilai pantul) dan menarik garis vertikal sehingga berpotongan dengan kurva sesuai sudut arah pantulan (inklinasi), selanjutnya menarik garis ke kiri atau ke kanan

**Tabel 1** Data  $R_n$  dan  $f_c$  Spesimen Kubus Menurut Gambar 2(a)

Nilai Pantul ( $R_n$ )	Kuat tekan ( $f_c$ )					
	Pos. A ( $\alpha=0^\circ$ )		Pos. B ( $\alpha=-90^\circ$ )		Pos. C ( $\alpha=+90^\circ$ )	
	MPa	Kg/cm <sup>2</sup>	MPa	Kg/cm <sup>2</sup>	MPa	Kg/cm <sup>2</sup>
20	-	-	14,00	143	-	-
22	12,00	122	16,50	168	-	-
25	16,00	163	21,00	214	-	-
27	18,50	189	23,75	242	12,50	128
30	23,00	235	28,00	286	16,75	171
32	26,00	265	31,00	316	19,50	199
35	31,00	316	36,00	367	24,00	245
37	34,75	355	39,50	403	27,50	281
40	40,00	408	45,00	459	32,75	334
42	43,50	444	48,50	495	36,50	372
45	49,00	500	54,00	551	42,75	436
47	52,50	536	58,00	592	47,00	480
50	58,50	597	63,75	651	53,00	541
52	62,50	638	67,00	684	57,00	582
55	68,50	699	-	-	63,00	643

Sumber: Matest-2017, Humboldt-2005, Proceq-2002

**Tabel 2** Persamaan  $Rn-f'c$  untuk Spesimen Kubus Menurut Gambar 2(a)

No.	Posisi Hammer	Satuan $f'c$	Persamaan Regresi	$r^2$	Jenis
1	Pos. A, ( $\alpha=0$ )	MPa	$f'c_{cu} = 0,0113Rn^2 + 0,8559Rn - 12,606$	0,9998	Polinom Kwadratik
		Kg/cm <sup>2</sup>	$f'c_{cu} = 0,1154Rn^2 + 8,7341Rn - 128,63$		
2	Pos. B, ( $\alpha=-90^\circ$ )	MPa	$f'c_{cu} = 0,011Rn^2 + 0,882Rn - 8,176$	0,9998	Polinom Kwadratik
		Kg/cm <sup>2</sup>	$f'c_{cu} = 0,1127Rn^2 + 8,9995Rn - 83,429$		
3	Pos. C, ( $\alpha=+90^\circ$ )	MPa	$f'c_{cu} = 0,0156Rn^2 + 0,5517Rn - 14,055$	0,9995	Polinom Kwadratik
		Kg/cm <sup>2</sup>	$f'c_{cu} = 0,1595Rn^2 + 5,6297x - 143,42$		

Sumber: Matest-2017, Humboltd-2005, Proceq- 2002

sesuai satuan kuat tekan yang diinginkan. Akurasi pembacaan sangat tergantung pada ketelitian membuat garis dan membaca nilai kuat tekan pada kurva yang disiapkan. (Badan Standardisasi Nasional, 2012), (American Concrete Institute, 2019).

Sampai saat ini penggunaan grafik cukup representatif untuk kuat tekan ( $f'c$ ) diatas 15 MPa, sedangkan untuk dibawahnya kuat tekan tidak sepenuhnya dapat ditentukan berdasarkan nilai

pantul. Pada Gambar 2 (a) untuk spesimen kubus, Posisi A, B dan C tidak bisa menginformasikan kuat tekan saat  $Rn$  dibawah 21, 20 dan 26, sedangkan pada Gambar 2 (b) untuk spesimen silinder kuat tekan tidak bisa diinformasikan bila  $Rn$  dibawah 22, 20 dan 27 (Matest, 2017), (Benjeddou et al., 2022), (Humboltd, 2005), (Proceq, 2002). Nilai  $Rn$  hasil rerata sangat mungkin menghasilkan nilai pantul dalam angka desimal merupakan salah satu faktor kesulitan dalam membaca kuat tekan dengan cepat dan tepat.

**Tabel 3** Data  $Rn$  dan  $f'c$  Spesimen Silinder Menurut Gambar 2(b)

Nilai Pantul (Rn)	Kuat tekan ( $f'c$ )					
	Pos. A ( $\alpha=0^\circ$ )		Pos. B ( $\alpha=-90^\circ$ )		Pos. C ( $\alpha=+90^\circ$ )	
	MPa	Kg/cm <sup>2</sup>	MPa	Kg/cm <sup>2</sup>	MPa	Kg/cm <sup>2</sup>
20	-	-	12,50	128	-	-
22	10,75	110	14,75	151	-	-
25	14,00	143	18,25	186	-	-
27	16,50	168	20,75	212	10,50	107
30	20,50	209	24,50	250	14,00	143
32	23,00	235	27,00	276	16,50	168
35	27,50	281	31,00	316	20,75	212
37	30,25	309	34,50	352	23,75	242
40	35,00	357	39,00	398	28,75	293
42	38,00	388	42,00	429	31,75	324
45	42,25	431	46,50	474	36,75	375
47	45,00	459	49,50	505	40,00	408
50	50,00	510	54,25	554	45,00	459
52	53,50	546	57,00	582	48,50	495
55	58,50	597	-	-	53,00	541

Sumber: Matest-2017; Humboltd-2005; Proceq-2002

**Tabel 4** Persamaan  $Rn-f'c$  untuk Spesimen Silinder Menurut Gambar 2(b)

No.	Posisi Hammer	Satuan $f'c$	Persamaan Regresi	$r^2$	Jenis
1	Pos. A ( $\alpha=0$ )	MPa	$f'c_{ci} = 0,0074Rn^2 + 0,8875Rn - 12,663$	0,9998	Polinom Kwadratik
		Kg/cm <sup>2</sup>	$f'c_{ci} = 0,0753Rn^2 + 9,0566Rn - 129,21$		
2	Pos. B, ( $\alpha=-90^\circ$ )	MPa	$f'c_{ci} = 0,0077Rn^2 + 0,8557Rn - 7,9264$	0,9998	Polinom Kwadratik
		Kg/cm <sup>2</sup>	$f'c_{ci} = 0,0789Rn^2 + 8,7317Rn - 80,882$		
3	Pos. C, ( $\alpha=+90^\circ$ )	MPa	$f'c_{ci} = 0,0083Rn^2 + 0,8769Rn - 19,679$	0,9995	Polinom Kwadratik
		Kg/cm <sup>2</sup>	$f'c_{ci} = 0,0842Rn^2 + 8,9481Rn - 200,8$		

Sumber: Matest-2017; Humboltd-2005; Proceq-2002

**Tabel 5** Data  $Rn-f'c$  Spesimen Kubus Hasil Simulasi

Nilai Pantul (Rn)	Kuat tekan ( $f'c$ )					
	Pos. A ( $\alpha=0^\circ$ )		Pos. B ( $\alpha=-90^\circ$ )		Pos. C ( $\alpha=+90^\circ$ )	
	MPa	Kg/cm <sup>2</sup>	MPa	Kg/cm <sup>2</sup>	MPa	Kg/cm <sup>2</sup>
2	-10,85	-111	-6,37	-65	-12,89	-132
5	-8,04	-82	-3,49	-36	-10,91	-111
7	-6,06	-62	-1,46	-15	-9,43	-96
10	-2,92	-30	1,75	18	-6,98	-71
12	-0,71	-7	4,00	41	-5,19	-53
15	2,78	28	7,54	77	-2,27	-23
17	5,21	53	10,01	102	-0,17	-2
20	9,03	92	14,00	143	3,22	33
22	12,00	122	16,50	168	5,63	57
25	16,00	163	21,00	214	9,49	97
27	18,50	189	23,75	242	12,50	128
30	23,00	235	28,00	286	16,75	171
32	26,00	265	31,00	316	19,50	199
35	31,00	316	36,00	367	24,00	245
37	34,75	355	39,50	403	27,50	281
40	40,00	408	45,00	459	32,75	334
42	43,50	444	48,50	495	36,50	372
45	49,00	500	54,00	551	42,75	436
47	52,50	536	58,00	592	47,00	480
50	58,50	597	63,75	651	53,00	541
52	62,50	638	67,00	684	57,00	582
55	68,50	699	73,66	752	63,00	643
57	72,89	744	77,89	795	68,08	695
60	79,43	810	84,40	861	75,21	767

Sumber: Hasil simulasi-2024

**Tabel 6** Persamaan  $Rn-fc$  untuk Spesimen Kubus Hasil Modifikasi

No.	Posisi Hammer	Satuan $f'c$	Persamaan Regresi	$r^2$	Jenis
1	Pos. A ( $\alpha=0$ )	MPa	$f'c_{cu} = 0,0113Rn^2 + 0,8559Rn - 12,606$	1,0000	Polinom Kwadrat
		Kg/cm <sup>2</sup>	$f'c_{cu} = 0,1154Rn^2 + 8,7341Rn - 128,63$		
2	Pos. B, ( $\alpha=-90^\circ$ )	MPa	$f'c_{cu} = 0,011Rn^2 + 0,882Rn - 8,176$	1,0000	Polinom Kwadrat
		Kg/cm <sup>2</sup>	$f'c_{cu} = 0,1127Rn^2 + 8,9995Rn - 83,429$		
3	Pos. C, ( $\alpha=+90^\circ$ )	MPa	$f'c_{cu} = 0,0156Rn^2 + 0,5517Rn - 14,055$	0,9999	Polinom Kwadrat
		Kg/cm <sup>2</sup>	$f'c_{cu} = 0,159Rn^2 + 5,657Rn - 143,69$		

Sumber: Hasil analisis-2024

Pada sisi lain nilai pantul yang terbaca pada skala sering menunjukkan nilai dibawah 25 untuk arah pantul keatas dan 20 untuk arah kebawah dan horisontal, namun tidak bisa ditentukan kuat tekannya karena grafik yang tersedia tidak memungkinkan untuk membacanya.

Bagaimana agar hasil bacaan *Original Hammer Test* Tipe-N dapat memberikan informasi yang cepat dan dapat mengakomodir bacaan dengan nilai pantul pada rentang  $Rn < 20$  dan  $Rn > 55$  seperti Gambar 2(a) dan 2(b)?. Penelitian ini dilakukan untuk memodifikasi grafik asli serta melengkapinya dengan persamaan matematis yang merepresentasikan korelasi kuat tekan beton ( $f'c$ ) dan nilai pantulan palu ( $Rn$ ).

**METODE**

Penelitian ini dilakukan dengan metode studi literatur. Data-data yang disiapkan berupa grafik, nilai pantul dan kuat tekan untuk spesimen kubus dan silinder. Nilai pantul palu (*Rebound number*) dan kuat tekan dikumpulkan dari grafik yang tersedia pada badan alat maupun buku panduan penggunaan alat, selanjutnya dianalisis secara regresi dengan mensimulasikan berbagai jenis persamaan regresi yang menyatakan hubungan  $Rn$  dan  $f'c$ . Persamaan regresi dengan faktor determinasi ( $r^2$ ) tertinggi adalah persamaan yang mempresentasikan hubungan nilai pantul dan kuat tekan yang paling sesuai dengan grafik yang tersedia pada alat maupun pada buku panduan. Berdasarkan persamaan yang didapat disusun tabel simulasi nilai pantul mulai dari  $Rn=2$  sampai kuat tekan mencapai maksimum yang tercantum pada grafik yang tersedia.

Teori statistik yang menyatakan korelasi dua buah data atau lebih disebut regresi, dimana satu variabel terikat (*dependent variable*) dapat dipengaruhi oleh satu atau lebih variabel bebas (*independent variable*) yang presentasikan dalam

satu persamaan matematis (Sudjana, 2005), (Kartiningrum et al., 2022), (Winarno, 2024). Persamaan 1 – 5 adalah persamaan regresi yang mempresentasikan korelasi 1 variabel terikat ( $y$ ) dan 1 variabel bebas ( $x$ ). Dalam penelitian ini kuat tekan merupakan variabel terikat sedangkan nilai pantulan palu sebagai variabel terikat.

- a. Regresi linear sederhana  
 $y = a + bx$  ..... (1)
- b. Regresi eksponensial  
 $y = ae^{bx}$  ..... (2)
- c. Regresi Logaritma  
 $y = a + b \ln(x)$  ..... (3)
- d. Regresi polinom kwadrat  
 $y = ax^2 + bx + c$  ..... (4)
- e. Regresi geometrik  
 $y = ax^b$  ..... (5)

Dimana:

- $y$  = Varaibel terikat, Kuat tekan ( $f'c$ )
- $x$  = Variabel bebas, nilai pantulan palu ( $Rn$ )
- $a, b$  = Koefesien regresi
- $c$  = Konstanta.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

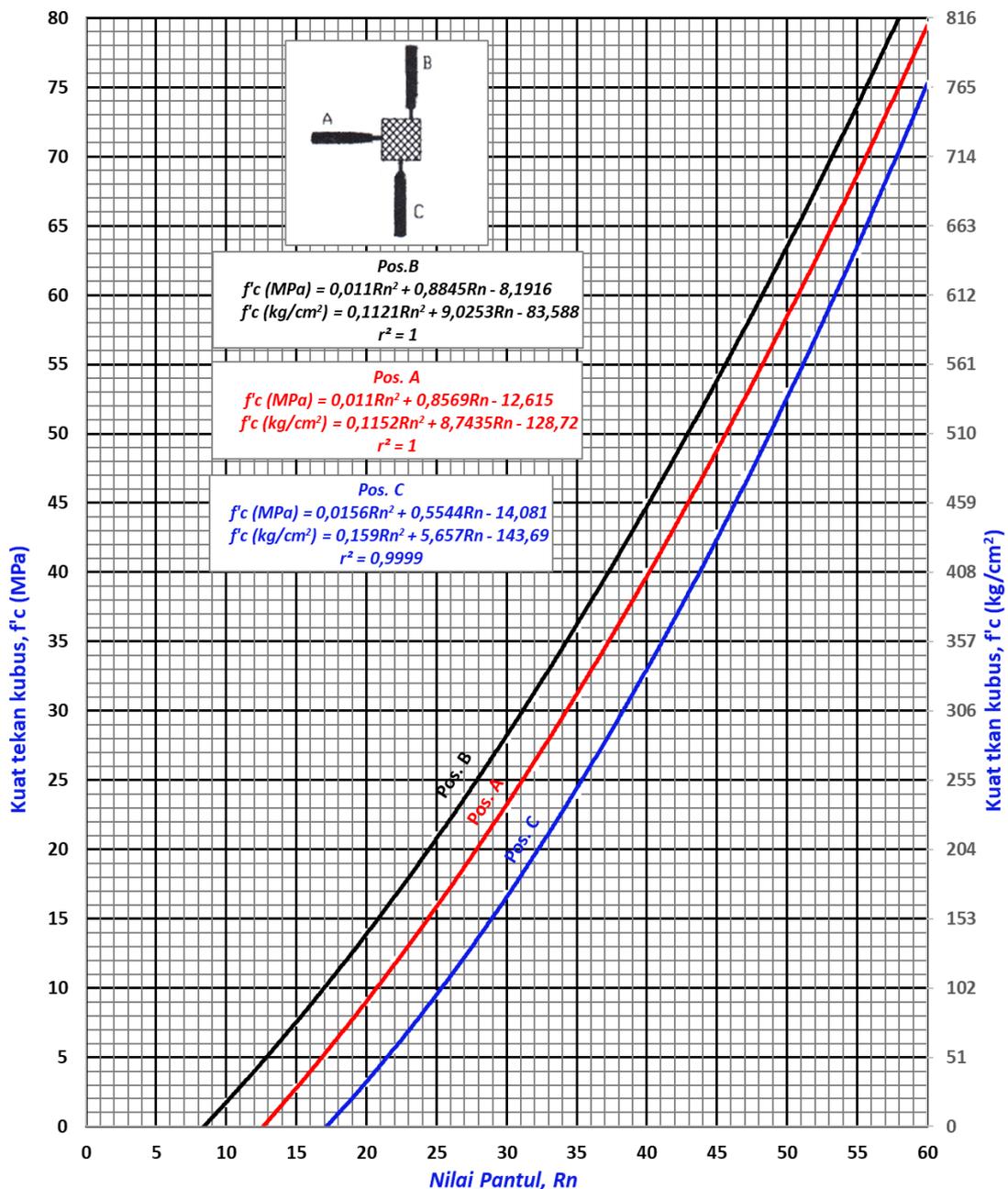
Data  $Rn$  dan  $f'c$  untuk masing-masing grafik spesimen kubus dan silinder ditabulasi dan disajikan pada Tabel 1 dan 3. Persamaan yang mempresentasikan korelasi antara  $Rn$  dan  $f'c$  didapat berdasarkan analisis regresi menggunakan fitur Graph pada Microsoft Excel. Persamaan-persamaan yang didapat selanjutnya disajikan dalam Tabel 2 dan 4 dan disimulasi ulang dengan

nilai pantul  $R_n = 2$  sampai 60 untuk mendapatkan data kuat tekan, sehingga data Tabel 1 dan 3 dilengkapi menjadi Tabel 5 dan 6. Dalam Tabel 2 dan 4 dapat dibaca faktor determinasi ( $r^2$ ) mendekati 1 yang dimaknai kuat tekan beton sepenuhnya dapat ditentukan berdasarkan nilai pantul palu ( $R_n$ ) (Sudjana, 2005), (Kartiningrum et al., 2022).

Hasil modifikasi grafik dan persamaan tiap kurva pada Tabel 6 serta Gambar 3 dan 4 jika dikomparasi dengan beberapa data saat evaluasi dan investigasi mutu beton menggunakan *Hammer Test* pada beberapa bangunan seperti: pelaksanaan *Hammer Test* saat investigasi keandalan struktur beton pada

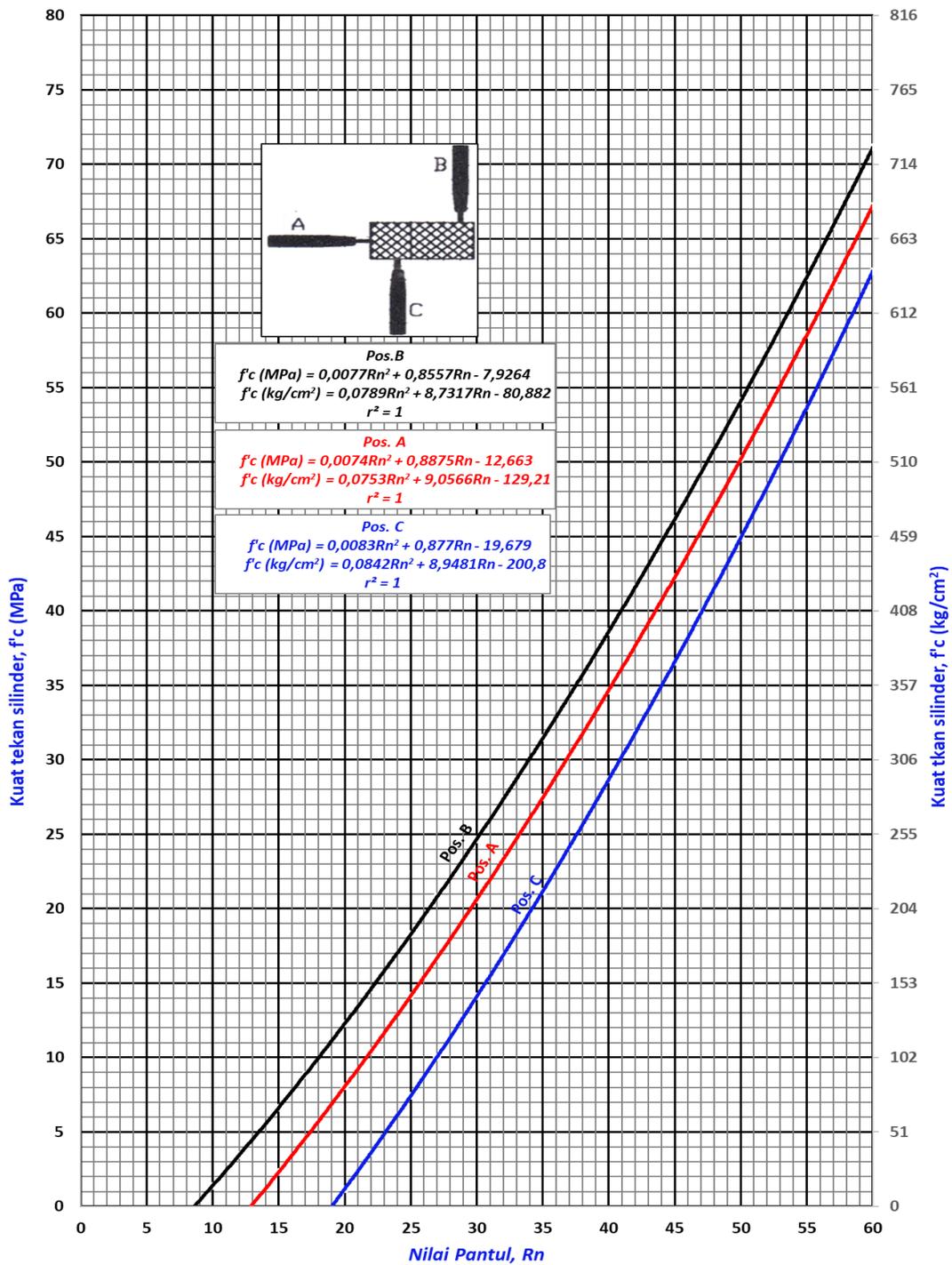
Stadion Utama Riau, nilai pantul palu ( $R_n$ ) berturut-turut 37; 38; 39; 40; 41; 42; 44 dan 45 dalam arah horisontal (Pos. A,  $a=0$ ) diterjemahkan dari grafik spesimen kubus (Gambar 2 (a)) menjadi kuat tekan ( $f_c$ ) berturut-turut 357; 374; 390; 408; 426; 442; 479 dan 497  $\text{kg/cm}^2$  (Apriani, 2016). Nilai yang ditampilkan adalah nilai pantul tunggal sehingga saat menempatkan nilai  $R_n$  pada grafik mudah ditentukan namun saat menetapkan  $f_c$  dapat memberikan nilai yang berbeda saat orang lain mengerjakannya.

Saat nilai  $R_n$  tersebut diatas dimasukkan ke persamaan pada Tabel 5 untuk posisi horisontal (Pos. A) didapat nilai kuat tekan berturut-turut



Gambar 3 Grafik Modifikasi Korelasi  $R_n$ - $f_c$  untuk Spesimen Kubus

Sumber: Hasil analisis-2024



**Gambar 4** Grafik Modifikasi Korelasi  $R_n-f_c$  untuk Spesimen Silinder

Sumber: Hasil analisis-2024

352,50; 369,88; 387,50; 405,34; 423,41; 441,72; 479,02; 498,02. Jika keduanya dicari reratanya untuk hasil plotting grafik secara langsung dan menggunakan persamaan hasil modifikasi yaitu 421,63 dan 419,67 kg/cm², hasil modifikasi lebih kecil 1,95 kg/cm² atau 0,46%.

Hasil komparasi ini menunjukkan persamaan modifikasi cukup representatif untuk dapat digunakan dalam menghitung kuat tekan

berdasarkan *original hammer test* tipe-N dan dengan mudah juga bisa mengkonversinya ke kuat tekan sesuai spesimen kubus atau silinder karena masing-masing sudah tersedia persamaan dan grafik yang sudah dimodifikasi untuk bisa menginformasikan kuat tekan dengan  $R_n$  minimal 8 (Alshaikh, I.M.H., Zeyad, 2022).

Grafik yang sedang dibahas adalah terbatas pada memodifikasi dan menyempurnakan grafik aslinya,

namun terkait dengan faktor-faktor yang mempengaruhinya, beberapa penelitian telah mencoba melakukan kajian dengan melibatkan faktor-faktor yang mempengaruhi hasil pengujian *Original Hammer Test* Tipe-N. Perbedaan mutu beton salah satu yang mempengaruhi akurasi kuat tekan yang diinformasikan berdasarkan nilai pantul, dimana untuk masing-masing tingkatan mutu beton (*grade*) rendah, sedang, tinggi, sangat tinggi mempunyai hubungan linear antara nilai pantul dan kuat tekannya, berbeda dengan grafik yang sedang dibahas yaitu grafik dalam korelasi non-linear (polinom) derajat 2 (Elrazek dan Shafy Gamal, 2021), (Atoyebi, Ayanrinde, dan Oluwafemi, 2019). Kondisi ini menggiring para ahli untuk melakukan kajian dalam rangka menyiapkan grafik tersendiri untuk masing-masing *grade* beton.

Penelitian ini fokus untuk menawarkan alternatif untuk mempermudah menentukan kuat tekan berdasarkan hasil pengujian dengan *Original Hammer Test* Tipe-N, menggunakan persamaan matematis yang dapat memberikan informasi kuat tekan beton dengan nilai pantul ( $R_n$ ) dari 8-60 atau nilai kuat tekan ( $f_c$ ) mulai 2-80 MPa.

Akurasi hasil pengujian tergantung pada kondisi spesimen dan keterampilan dalam menggunakan alat, oleh karena itu disarankan agar sebelum melakukan pengujian di lapangan dilakukan kalibrasi terlebih dahulu dengan operator yang sama. Hal ini disarankan agar pengoperasian alat saat kalibrasi dengan saat pengujian menjadi konsisten.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menyimpulkan untuk menyempurnakan pelaksanaan pengujian *Original Hammer test* Tipe-N dapat menggunakan grafik hasil modifikasi dengan persamaan regresi polinom derajat 2 (kwadrat) yaitu: Kuat tekan hasil *Hammer Test* yang setara spesimen kubus arah horisontal, kebawah dan keatas masing-masing formulasi  $f'_{cu} = 0,0113R_n^2 + 0,8569R_n - 12,615$ ;  $f'_{cu} = 0,011R_n^2 + 0,8845R_n - 8,1916$ ;  $f'_{cu} = 0,0156R_n^2 + 0,5544R_n - 14,081$ , sedangkan untuk spesimen silinder dengan persamaan  $f'_{ci} = 0,0077R_n^2 + 0,8557R_n - 7,9264$ ;  $f'_{ci} = 0,0074R_n^2 + 0,8875R_n - 12,663$ ;  $f'_{ci} = 0,0083R_n^2 + 0,877R_n - 19,679$ , dengan  $f_c$  dalam MPa dan  $R_n$  = Nilai pantul palu. Nilai  $R_n$  adalah parameter utama dalam persamaan diatas dan disarankan untuk menggunakan dan mengoperasikan *Hammer Test* sesuai ASTM C805. Hasil modifikasi dan persamaan yang direkomendasikan pada tingkat kewajaran yang diterima untuk rentang  $R_n = 8-60$  atau  $f_c = 1-80$  MPa.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada seluruh jajaran Civitas Akademika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Ngurah Rai yang telah memberikan dukungan moril dan pendanaan sehingga penelitian ini terselesaikan dan dapat terpublikasi pada waktu dan jurnal yang ditargetkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alshaikh, I.M.H., Zeyad, A.M. (2022). "Reliability of the Tests' Results of Schmidt Hammer and Core Cutting for Assessing Actual Compressive Strength of Concrete." *Springer Link* 7 (70). <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s41024-022-00211-z>.
- American Concrete Institute. (2019). *ACI 228.1R-19, Report on Methods for Estimating In-Place Concrete Strength*. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- Apriani, Widya. (2016). "Aplikasi Non Destructive Test Pada Investigasi Keandalan Struktur Beton (Studi Kasus: Kolom Basement-K4 Pada Bangunan Stadion Utama Riau)." *Jurnal Teknik Sipil Siklus 2* (2): 95-103.
- ASTM International. (2022). *ASTM E18-22, Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials*. West Conshohocken: American Standard Testing Material.
- Atoyebi, O. D., O. P. Ayanrinde, and J. Oluwafemi. (2019). "Reliability Comparison of Schmidt Rebound Hammer as a Non-Destructive Test with Compressive Strength Tests for Different Concrete Mix." *Journal of Physics: Conference Series* 1378 (3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1378/3/032096>.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). "SNI ASTM C805:2012 Metode Uji Angka Pantul Beton Keras (ASTM C 805-02, IDT)." *Badan Standardisasi Nasional*, 1-10.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (2012). *Metode Uji Angka Pantul Beton Keras (ASTM C 805-02, IDT)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional Indonesia. [https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/357/preview\\_357-1-5.pdf](https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/357/preview_357-1-5.pdf).
- Benjeddou, Omrane, Malek Jedidi, Mohamed Amine Khadimallah, Gobinath Ravindran, and Jayaprakash Sridhar. (2022). "Effect of Posidonia Oceanica Fibers Addition on the

- Thermal and Acoustic Properties of Cement Paste." *Buildings* 12 (7). <https://doi.org/10.3390/buildings12070909>
- Elrazek, Mostafa Abd, and Yasser Abdel Shafy Gamal. 2021. "The Reliable Concrete Compression Strength Assessment by SCHMIDT Hammer for Different Concrete Grades." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1171 (1): 012004. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1171/1/012004>.
- Humboldt. (2005). *Product Manual H-2987 Concrete Rebound Hammer*. Illinois: Humboldt Mfg. Co.
- Kartiningrum, Eka Diah, Hari Basuki, Notobroto Bambang, Widjanarko Otok, Endah Nurul, and Kumarijati Endang Yuswatiningsih. (2022). *Aplikasi Regresi Dan Korelasi Dalam Analisis Data Hasil Penelitian*. Edited by Rifaatul Laila Mahmuhda. *E-Book Penerbit STIKes Majapahit*. Mojokerto: STIKes Majapahit. <https://ejournal.stikesmajapahit.ac.id/index.php/EBook/article/view/807>.
- Matest. (2017). "Operating Manual Concrete Test Hammer Type N C-380" 1 (1): 4766.
- Onyeka, Festus Chukwudi. (2020). "A Comparative Analysis of the Rebound Hammer and Pullout as Non-Destructive Method in Testing Concrete." *European Journal of Engineering Research and Science* 5 (5): 554-58. <https://doi.org/10.24018/ejers.2020.5.5.1903>.
- Proceq. (2002). *Beton Prüfhammer, Concrete Test Hammer, Scléromètre à Béton N / NR - L / LR*. Zürich: PROCEQ SA. [https://www.pcte.com.au/images/pdf/Original\\_Schmidt\\_Hammer/Schmidt-Hammer-Type-N-L-NR-LR-Manual.pdf](https://www.pcte.com.au/images/pdf/Original_Schmidt_Hammer/Schmidt-Hammer-Type-N-L-NR-LR-Manual.pdf).
- Saremi, Setare G., Dimitrios G. Goulias, and Anjuman Ara Akhter. (2022). "Non-Destructive Testing in Quality Assurance of Concrete for Assessing Production Uniformity." *Sage Journals* 2677 (1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/03611981221103871>.
- Sudjana. (2005). *Metoda Statistika*. Edisi 6. Bandung: PT. Tarsito Bandung.
- Wang, Min, and Wen Wan. (2019). "A New Empirical Formula for Evaluating Uniaxial Compressive Strength Using the Schmidt Hammer Test." *Elsevier* 123. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijrmm.2019.104094>.
- Winarno, Wing Wahyu. (2024). *Mengenal 350+ Jenis Regresi*. Pertama. Yogyakarta: UPP STIM YPKN.

## EVALUASI KINERJA STRUKTUR PADA DESAIN STRUKTURAL GEDUNG RUMAH SAKIT DENGAN METODE *PUSHOVER*

### *Structure Performance Evaluation of the Design of a Hospital Building Using the Pushover Method*

**Seto Ditosurya Aranta, Inggar Septhia Irawati**

Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada

Jalan Grafika 2 Yogyakarta, Indonesia

Surel: setodito@mail.ugm.ac.id; inggar\_septhia@ugm.ac.id

Diterima : 6 Januari 2025

; Disetujui : 25 Maret 2025

#### **Abstrak**

*Desain struktur gedung rumah sakit rawat inap 10 lantai di Kota Magelang telah selesai dilakukan dengan metode analisis linear dinamik. Mempertimbangkan bahwa Indonesia termasuk negara yang rawan terhadap gempa maka evaluasi kinerja struktur hasil desain penting untuk dilakukan. Dengan mempertimbangkan fungsi bangunan untuk rumah sakit dan saat ini masih dalam tahap desain maka tujuan evaluasi ini untuk mengetahui apakah target kinerja Immediate Occupancy dan Life Safety tercapai untuk level seismik BSE-1N dan BSE-2N. Evaluasi kinerja kemudian dilakukan berdasarkan ASCE 41-17 dengan menggunakan metode nonlinear statik. ASCE 41-17 ini dirujuk dalam penyusunan rancangan SNI tentang Evaluasi dan Rehabilitasi Seismik untuk Bangunan Gedung Eksisting. Pemodelan geometri struktur menggunakan pemodelan hasil desain. Pemodelan tersebut kemudian dilengkapi dengan parameter nonlinear, yang terdiri dari parameter nonlinear material, nonlinear penampang, dan nonlinear elemen. Arah beban lateral pushover pada analisis ini terbagi menjadi 4 arah, yaitu X positif, X negatif, Y positif, dan Y negatif. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa kinerja struktur tidak memenuhi persyaratan ASCE 41-17 baik pada level seismik BSE-1N maupun BSE-2N. Berdasarkan hasil pengecekan nilai rasio kekuatan elastis perlu terhadap nilai rasio kekuatan maksimum, direkomendasikan untuk melanjutkan analisis dengan menggunakan metode nonlinear dinamik.*

**Kata Kunci:** *Evaluasi kinerja, kinerja struktur, struktur beton bertulang, nonlinear statik analisis, gedung rumah sakit*

#### **Abstract**

*The structural design of a 10-story inpatient hospital building in Magelang has been completed using the dynamic linear analysis method. Considering that Indonesia is an earthquake-prone country, it is essential to evaluate the structural performance of the design results. This evaluation aims to determine whether the target performance of Immediate Occupancy and Life Safety has been achieved for seismic levels BSE-1N and BSE-2N, respectively. Performance evaluation was then performed using static nonlinear methods based on ASCE 41-17, referred for the draft of the Indonesia Standard Code for Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings. Structural geometry modeling uses results from the previous design steps. Then, the modeling is assigned nonlinear material parameters, cross-sectional nonlinearity, and element nonlinearity. The direction of the pushover lateral load in this analysis is divided into 4 directions, i.e., positive X, negative X, positive Y, and negative Y. Based on the results of the analysis, it is known that the structural performance does not meet the requirements of ASCE 41-17 at both BSE-1N and BSE-2N seismic levels. Based on the results of checking the requirement ratio of the elastic strength demand to yield strength toward the maximum strength ratio, it is recommended that the analysis be continued using the dynamic nonlinear method.*

**Keywords:** *Performance evaluation, structural performance, reinforced concrete structure, nonlinear static analysis, hospital*

#### **PENDAHULUAN**

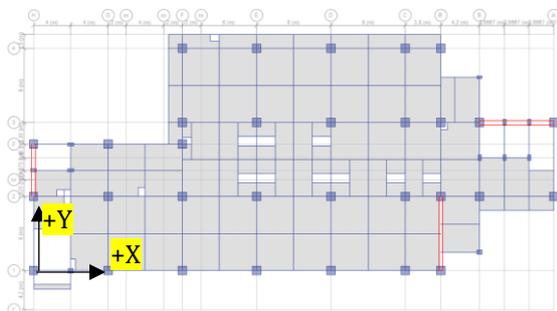
Dalam dunia rekayasa konstruksi, desain struktur beton bertulang tahan gempa bertujuan untuk menghasilkan bangunan yang kuat, aman, dan nyaman (Sarasanty dan Arifin, 2022; Sunarso et al.,

2023). Metode yang biasa digunakan dalam tahap awal desain adalah metode analisis *linear* baik analisis *linear* statik maupun analisis *linear* dinamik

(Syahputra et al., 2021; Rifai et al., 2022). Dalam analisis ini, material dianggap bersifat elastis dan besarnya deformasi hasil desain dibatasi dengan deformasi maksimal yang diijinkan. Hasil desain struktur beton bertulang menggunakan analisis *linear* berupa dimensi elemen struktur lengkap dengan penulangannya sedemikian sehingga struktur tersebut mampu menahan beban-beban yang bekerja seperti beban gravitasi, angin, dan gempa (Dewi et al., 2023). Kelebihan menggunakan analisis *linear* pada tahap awal desain adalah proses pemodelan dan analisis struktur yang sangat sederhana. Dampak positifnya adalah proses *running* lebih singkat jika analisis dilakukan dengan perangkat lunak.

Meskipun analisis *linear* dapat menghasilkan struktur yang kuat dalam menerima respon beban yang ada, namun analisis tersebut belum mampu mengetahui kinerja dari suatu struktur ketika struktur menerima beban yang secara bertahap meningkat hingga struktur mengalami keruntuhan. Kinerja struktur tersebut dapat diketahui ketika analisis dilakukan menggunakan analisis *nonlinear* (Pangestu dan Pratama, 2021; Aulia et al., 2022). Analisis ini penting untuk dilakukan mengingat Indonesia merupakan negara yang rawan terhadap gempa (Prismastanto, 2019; Anam et al., 2020; Nurrohmat et al., 2020; Usman et al., 2021).

Kinerja struktur secara umum dibagi menjadi beberapa level, meliputi *Operational (OP)*, *Immediate Occupancy (IO)*, *Life Safety (LS)*, dan *Collapse Prevention (CP)* (Sweiga, 2023). Masing-masing level kinerja tersebut menjelaskan kondisi kerusakan elemen struktural maupun non struktural yang harus dicapai setelah menerima gaya gempa yang terjadi. Penetapan level kinerja tersebut bergantung kepada kategori risiko bangunan, level risiko seismik, dan status bangunan (ASCE 41-17 2017).



**Gambar 1** Tipikal Denah Struktur Rumah Sakit

Sumber: DED-2023

Mempertimbangkan latar belakang tersebut, analisis *nonlinear* pada tahap desain yang bertujuan untuk melakukan evaluasi kinerja struktur hasil

dari suatu proses desain sangat penting untuk dilakukan, khususnya untuk bangunan-bangunan penting, contohnya seperti bangunan rumah sakit.

Evaluasi kinerja pada tahap desain ini sangat jarang dilakukan. Evaluasi ini masih banyak dilakukan pada bangunan-bangunan eksisting yang sudah terbangun (Adhitama et al., 2022; Arima et al., 2023). Pada dokumen ASCE 41:17, yang diacu dalam penyusunan rancangan dokumen SNI tentang Evaluasi Gempa dan Rehabilitasi Bangunan Eksisting (RSNI XXXX:202X), menjelaskan juga tentang prosedur untuk mengevaluasi bangunan baru dengan menggunakan analisis *nonlinear*. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja struktur hasil desain bangunan rumah sakit 10 lantai di Kota Magelang yang sebelumnya sudah dirancang sedemikian rupa dengan analisis *linear* dinamik respon spektrum.

## METODE

### Acuan Yang Digunakan

Standar/acuan yang digunakan untuk evaluasi desain struktur bangunan ini antara lain:

1. ASCE 7-16, "Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structure". ASCE ini juga diacu oleh SNI 1726:2019, "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung".
2. ASCE 41-17, "Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings". ASCE ini dirujuk dalam penyusunan rancangan dokumen RSNI XXXX:202X, "Evaluasi Gempa dan Rehabilitasi Bangunan Eksisting".

### Deskripsi Gedung

Deskripsi bangunan mengacu pada data-data *Detail Engineering Design (DED)* gedung rumah sakit rawat inap yang berada di Kota Magelang. Gedung ini direncanakan memiliki tinggi 40,05-meter dengan 9 lantai ditambah 1 lantai *basement*. Denah struktur gedung rumah sakit ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Material yang digunakan adalah beton bertulang 29,05 MPa dan baja tulangan ulir BJTS 420 MPa. Hasil desain struktur gedung rumah sakit ini terdapat 8 tipe balok induk dan 5 tipe kolom yang dapat dilihat pada Tabel 1 hingga Tabel 2.

Dengan mempertimbangkan bahwa evaluasi kinerja dilakukan terhadap hasil desain *Detail Engineering Design (DED)*, maka kriteria evaluasi *Basic Performance Objective Equivalent to New Building Standards (BPON)* digunakan dalam analisis.

**Tabel 1** Dimensi Balok Tumpuan

Tipe Balok	TB1	TB2	B1	B2	B3	B4	B5	BA1
Dimensi	500x800	500x600	500x700	500x600	500x700	500x850	250x400	300x600
Tulangan atas	8D22	5D22	9D22	7D22	10D22	9D22	4D16	5D19
Tulangan bawah	8D22	5D22	5D22	7D22	8D22	5D22	3D16	3D19
Tulangan torsi	2D16	2D16	2D13	2D13	4D13	4D13	2D13	2D10
Sengkang	3D10-100	3D10-100	3D10-100	3D10-100	3D10-100	3D10-100	D10-100	D10-100
Selimit	75 mm	75 mm	40 mm	40 mm				

Sumber: DED-2023

**Tabel 2** Dimensi Kolom Tumpuan

Tipe Kolom	K1A	K1B	K2	K3	KL1
Dimensi	900x900	900x900	500x500	300x500	300x600
Tulangan	28D25	28D22	12D19	10D19	12D22
Sengkang	5D10-100	5D10-100	3D10-100	3D10-100	3D10-100
Selimit	50 mm	50 mm	40 mm	40 mm	40 mm

Sumber: DED-2023

Mengacu pada Tabel 3, target kinerja hasil desain struktur rumah sakit diharapkan memenuhi level kinerja *Immediate Occupancy* pada level bahaya seismik BSE-1N dan *Life Safety* pada level bahaya seismik BSE-2N (ASCE 41-17 2017 dan RSNI XXXX:202X).

**Tabel 3** Target Kinerja Struktural BPON

Kategori risiko	BSE-1N	BSE-2N
I & II	<i>Life Safety</i>	<i>Collapse Prevention</i>
III	<i>Damage Control</i>	<i>Limited Safety</i>
IV	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Life Safety</i>

Sumber: ASCE 41-17-2017

### Beban Gempa

Berdasarkan ASCE 41-17 dan RSNI XXXX:202X, evaluasi kinerja hasil desain struktur bangunan rumah sakit harus dilakukan terhadap 2 level bahaya seismik yaitu BSE-1N dan BSE-2N. Beban gempa BSE-1N dan BSE-2N dihitung dengan menggunakan kala ulang yang berbeda, seperti ditunjukkan pada Tabel 4. Kala ulang tersebut menentukan desain parameter periode pada respon spektra percepatan. Parameter periode respon spektra percepatan bangunan rumah sakit

**Tabel 4** Kala Ulang Gempa

Level seismik	Kala ulang
BSE-1N	475 tahun (10%/50 tahun)
BSE-2N	2475 tahun (2%/50 tahun)

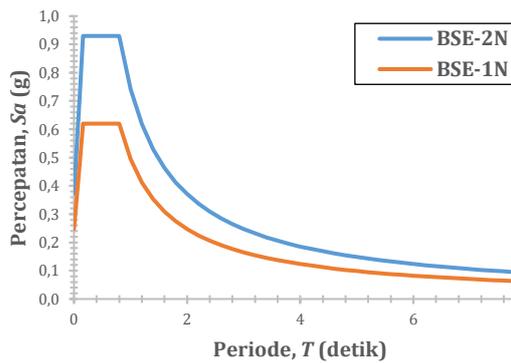
Sumber: ASCE 41-17 -2017

ditentukan dengan mempertimbangkan kelas situs tanah D yang besarnya diambil dari *website* Ciptakarya ([rsa.ciptakarya.pu.go.id](http://rsa.ciptakarya.pu.go.id)). Grafik respon spektra kemudian dibuat dengan formula yang dijelaskan pada ASCE 41-17 Pasal 2.4 RSNI XXXX:202X Pasal 2.4. Hasil perhitungan respon spektra untuk bangunan rumah sakit dapat dilihat pada Gambar 2 menyajikan beban gempa dengan level seismik BSE-1N dan BSE-2N.

### Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur gedung rumah sakit rawat inap dibuat dengan menggunakan *software* ETABS. Secara umum, pemodelan dibagi menjadi 2 tahap yaitu pemodelan tahap desain dan pemodelan tahap evaluasi kinerja.

Pada tahap desain, analisis dilakukan dengan metode *linear* dinamik. Struktur fondasi dimodelkan sebagai tumpuan jepit. Hal tersebut karena fondasi direncanakan menggunakan fondasi dalam. Elemen dinding beton bertulang dan pelat lantai juga dimodelkan. Elemen batas khusus dinding geser yang berupa kolom pada ujung-ujungnya dimodelkan terpisah dengan menambahkan Pier Label pada *software* ETABS agar kedua komponen tersebut tetap menjadi satu kesatuan dinding geser. Dinding non struktural dimodelkan sebagai beban mati struktur. Gambar pemodelan struktur dengan ETABS pada tahap desain dapat dilihat pada Gambar 3. Warna merah pada Gambar 3 menunjukkan elemen dinding beton bertulang. Hasil analisis pada tahap ini berupa dimensi elemen struktur lengkap dengan penulangannya, yang kemudian dituangkan dalam gambar Detail

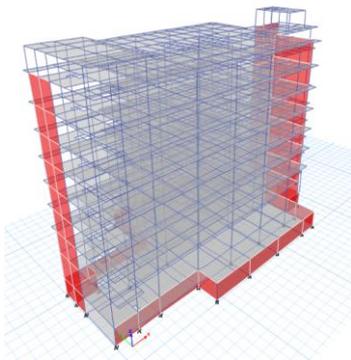


**Gambar 2** Grafik Respon Spektrum

Sumber: ASCE 41-17 -2017

Engineering Design (DED). Analisis linear dinamik dan proses desain tidak dijabarkan pada artikel ini. karena artikel ini hanya fokus membahas tentang evaluasi kinerja struktur hasil desain menggunakan metode *nonlinear*.

Pada tahap evaluasi kinerja, pemodelan geometri struktur (dimensi struktur lengkap dengan penulangannya) menggunakan pemodelan pada tahap desain. Pemodelan tersebut kemudian dilengkapi dengan parameter *nonlinear*, yang terdiri dari parameter *nonlinear* material, *nonlinear* penampang (*moment-curvature*), dan *nonlinear* elemen (*moment-rotation*). Arah beban lateral *pushover* pada analisis ini terbagi menjadi 4 arah, yaitu X positif, X negatif, Y positif, dan Y negatif. Arah tersebut searah dengan sumbu global pada *software* ETABS sesuai dengan Gambar 1. Titik kontrol untuk mengetahui hubungan gaya lateral *pushover* dan *displacement* ditentukan pada *joint* di dekat pusat massa pada lantai teratas. *Load application* kemudian dilakukan dengan menggunakan *displacement control*. Berdasarkan ASCE 41-17 Pasal 7.4.3 dan RSNI XXXX:202X Pasal 7.4.3, analisis *pushover* dilakukan hingga *displacement* titik kontrol mencapai 150% dari targetnya. Pada kasus ini, target *displacement* terbesar yaitu pada target



**Gambar 3** Overview Model 3D

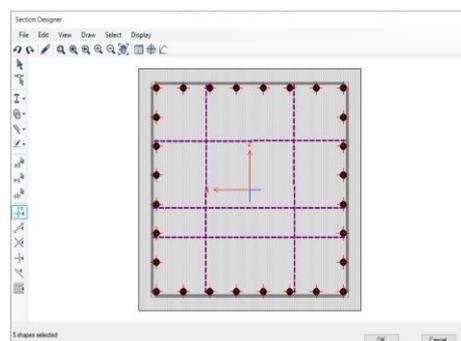
*displacement* untuk level kinerja *Life Safety*, yaitu 2% dari tinggi gedung.

### **Nonlinear Material**

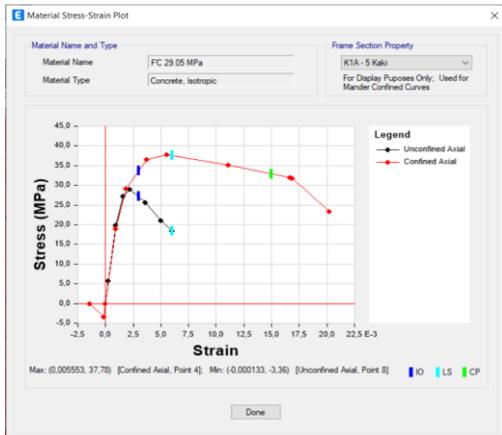
Sifat mekanika beton pada sebuah elemen struktur bergantung pada pengaturan sengkang yang diberikan. Semakin baik sengkang tidak hanya membuat sebuah elemen struktur menjadi lebih daktail, tetapi juga dapat meningkatkan nilai mutu beton,  $f_{cc}$  (Mander et al., 1988). Konsep ini telah diakomodasi *software* ETABS dalam sebuah pemodelan *nonlinear* khususnya untuk elemen dengan material beton.

*Input* data yang diperlukan untuk memperoleh kurva tegangan-regangan *nonlinear* pada *software* ETABS adalah mutu beton dan tipe kurva tegangan-regangan. Kurva tegangan-regangan beton pada ETABS kemudian didefinisikan menggunakan tipe Mander. Seperti yang telah diuraikan sebelumnya, dengan menggunakan tipe Mander, mutu beton akan dipengaruhi kekangan akibat penggunaan sengkang sehingga pendefinisian penampang melintang elemen struktur utama sangat penting untuk dilakukan. Salah satu hasil pendefinisian penampang melintang elemen struktur utama pada evaluasi ini dapat dilihat pada Gambar 4. Gambar tersebut menunjukkan bahwa pendefinisian penampang melintang kolom tipe K1A pada ETABS dilakukan dengan menggunakan *section designer*. Hal tersebut berlaku juga pada pendefinisian penampang melintang semua elemen struktural. Seluruh penampang melintang kolom utama dan balok induk didefinisikan pada ETABS menggunakan *section designer*. Dimensi penampang, tulangan longitudinal, dan tulangan sengkang didefinisikan dengan menggunakan *section designer*.

Contoh hasil pemodelan material *nonlinear* beton pada ETABS dengan tipe Mander dapat dilihat pada Gambar 5. Gambar tersebut merupakan kurva tegangan-regangan beton kolom tipe K1A dengan penampang melintang yang dapat dilihat pada Gambar 4.



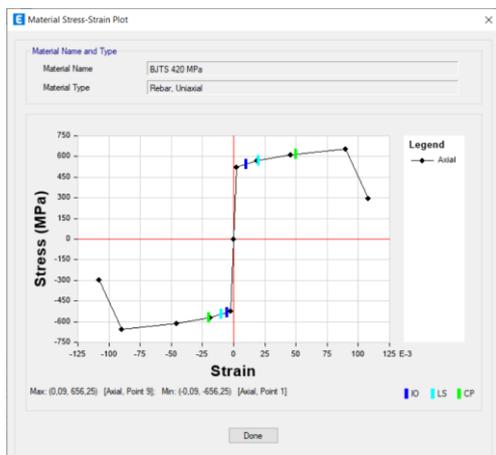
**Gambar 4** Section Designer Kolom K1A



**Gambar 5** Kurva Tegangan-Regangan Beton 29,05 MPa

Gambar 5 tersebut menunjukkan bahwa ketika efek kekangan tidak dipertimbangkan pada penampang, maka mutu beton akan sama dengan mutu yang di input dalam ETABS, dalam kasus ini 29,05 MPa. Namun, ketika 5 kaki sengkang kolom dipertimbangkan, maka mutu beton meningkat menjadi 37,87 MPa.

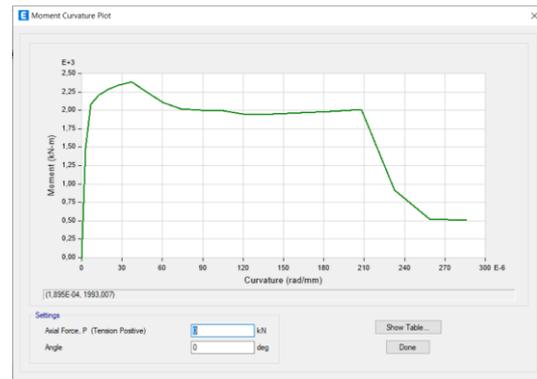
Sifat *nonlinear* material baja juga perlu didefinisikan pada *software* ETABS dalam evaluasi kinerja sebuah elemen struktural. Input data yang diperlukan pada model material baja adalah kuat leleh desain  $F_y$ , kuat ultimit desain  $F_u$ , kuat leleh *expected*  $F_{ye}$ , dan kuat ultimit *expected*  $F_{ue}$ . Dalam ASCE 41-17 Pasal 10.2.2 dan RSNi XXXX:202X Pasal 10.2.2, nilai konversi dari kuat desain ke kuat *expected* adalah 125% dari nilai kuat desain. Hasil pemodelan *nonlinear* baja ulir BJTS 420 MPa di ETABS dapat dilihat pada Gambar 6. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa nilai kuat leleh dan kuat ultimit baja menggunakan nilai kuat *expected*.



**Gambar 6** Kurva Tegangan-Regangan Baja 420 MPa

***Nonlinear Penampang (Moment-Curvature)***

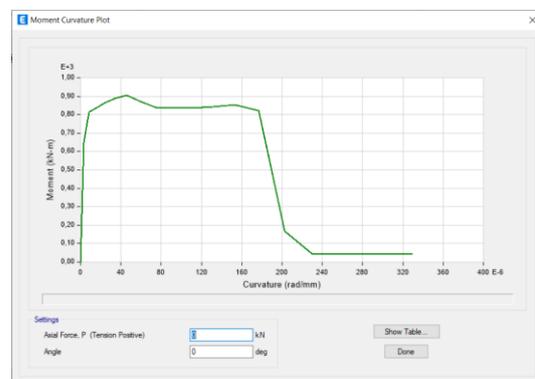
Pada analisis ini, kurva momen-kurvatur dibuat untuk setiap elemen struktur balok induk dan



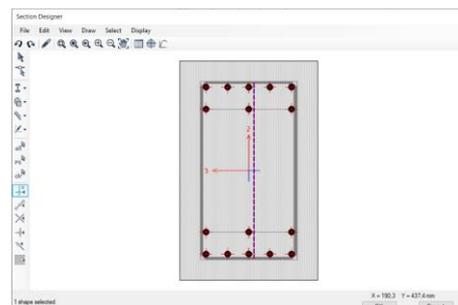
**Gambar 7** Kurva Momen-Kurvatur Penampang K1A

kolom utama, sebagaimana tercantum dalam Tabel 1 dan Tabel 2, dengan menggunakan ETABS. Seperti dijelaskan sebelumnya, elemen struktur lengkap dengan tulangan longitudinal dan sengkang didefinisikan dengan menggunakan *section designer*. Pada model ETABS ini terdapat 5 kurva momen-kurvatur elemen kolom utama dan 8 kurva momen-kurvatur elemen balok induk. Kurva momen-kurvatur ini sangat penting untuk memahami perilaku struktural elemen-elemen tersebut pada saat dibebani.

Contoh hasil pemodelan momen-kurvatur pada ETABS untuk kolom utama K1A dan balok induk TB1 dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



**Gambar 8** Kurva Momen-Kurvatur Penampang TB1

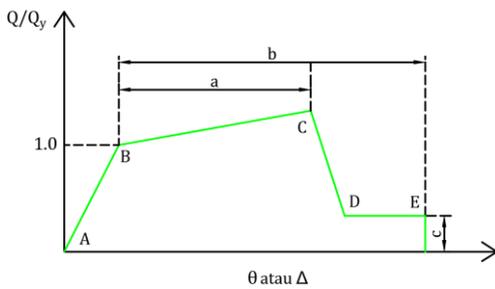


**Gambar 9** Section Designer Penampang TB1

Penampang melintang kolom K1A dan balok TB1 yang telah didefinisikan pada software ETABS dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 9.

**Non-linear Element (Moment-Rotation)**

Momen-rotasi menggambarkan hubungan antara momen lentur dan rotasi pada setiap elemen struktur. Dalam ASCE 41-17 dan RSNI XXXX:202X, momen-rotasi disebut dengan istilah *backbone curve* (Gambar 10). Pada saat elemen masih dalam kondisi elastis, nilai rotasi meningkat secara proporsional terhadap momen lentur yang diterima. Namun pada saat momen tersebut mencapai titik tertentu, elemen mengalami deformasi plastis yang ditandai dengan penambahan rotasi yang besar tanpa adanya peningkatan momen. Pada kondisi tersebut, sendi plastis pada elemen akan terbentuk.

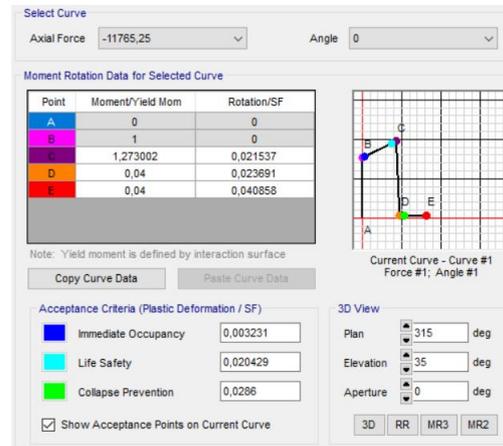


**Gambar 10 Backbone Curve**

Sumber: ASCE 41-17 (2017)

Pada analisis ini, *backbone curve* balok dan kolom dimodelkan dengan menggunakan ETABS yang mengacu pada ASCE 41-17 Pasal 10.3 dan RSNI XXXX:202X Pasal 10.3. Dalam membuat *backbone curve* balok perlu memperhatikan konfigurasi tulangan, jarak tulangan sengkang, dan gaya geser yang terjadi pada elemen. Selain itu, beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam memodelkan *backbone curve* kolom adalah gaya aksial tekan rencana, gaya geser, dan konfigurasi sengkang. Sedangkan untuk

memodelkan *backbone curve* element *shear wall* pada ETABS menggunakan *auto assign* yang sudah secara otomatis dihitung oleh ETABS. Hasil pemodelan *backbone curve* balok TB1 dan kolom K1A pada ETABS secara berurutan dapat dilihat pada Gambar 11 dan Gambar 12.

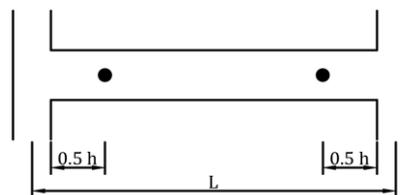


**Gambar 12 Detail Backbone Curve Elemen K1A**

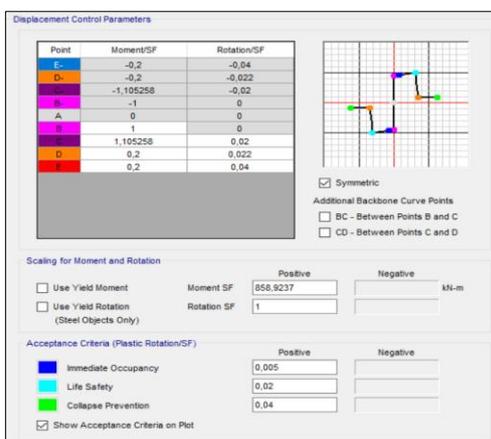
**Sendi Plastis**

Sendi plastis pada setiap elemen struktur seperti kolom, balok, dan *shear wall* harus dimodelkan secara *nonlinear* dikarenakan elemen balok, kolom, maupun *shear wall* sudah melebihi batas elastisnya ketika sendi plastis terjadi. Berdasarkan ASCE 41-17 Pasal 10.7.2 dan RSNI XXXX:202X Pasal 10.7.2, panjang sendi plastis pada elemen balok dan kolom ditentukan sebesar  $0,5h$  ( $h$ =tinggi elemen), seperti yang diilustrasikan pada Gambar 13. Posisi sendi plastis didefinisikan pada seluruh elemen struktural, yang terdiri dari balok induk, kolom utama, dan *shear wall*. Perletakan sendi plastis untuk semua elemen tersebut dapat dilihat pada Gambar 14.

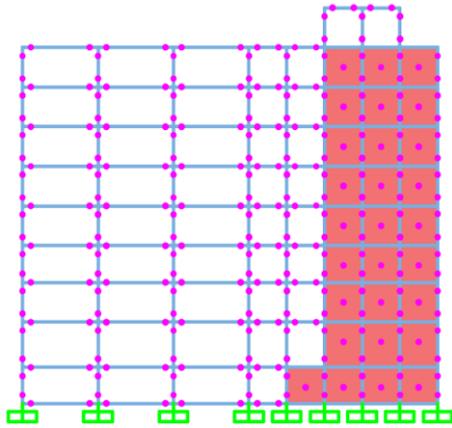
Tipe sendi plastis setiap elemen diklasifikasikan sesuai dengan pembebanan yang diterima. Sendi plastis elemen balok dengan pembebanan lentur didefinisikan pada ETABS menggunakan sendi plastis tipe M3. Pada elemen kolom yang mengalami gaya aksial dan lentur dua arah, tipe sendi plastis yang didefinisikan di ETABS menggunakan tipe P-M2-M3. Sendi plastis elemen *shear wall* pada ETABS didefinisikan menggunakan tipe *auto fiber* P-M3. Sendi plastis pada elemen batas khusus (kolom)



**Gambar 13 Sketsa Perletakan Sendi Plastis**



**Gambar 11 Detail Backbone Curve Elemen TB1**



**Gambar 14** Perletakan Sendi Plastis pada Gedung

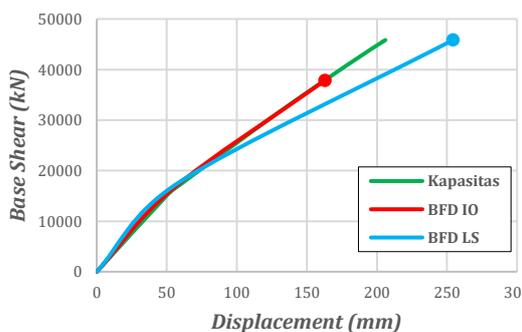
*shear wall* didefinisikan di ETABS menggunakan tipe *fiber* P-M2-M3. Hal tersebut dikarenakan elemen tersebut termasuk bagian dari komponen *shear wall*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

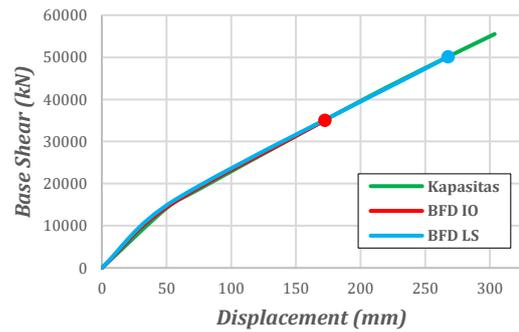
### Kurva *Pushover*

Kurva *pushover* merupakan kurva hubungan antara *base shear*  $V$  dengan *roof displacement*  $\delta$ . Kurva tersebut akan secara bertahap (*step by step*) terbentuk akibat adanya beban lateral *pushover* yang terjadi dan secara otomatis dihitung oleh *software* ETABS. Hasil *running software* dipilih menggunakan tipe *plotting* ASCE 41 yang sudah tersedia di ETABS. Tipe tersebut nantinya akan secara otomatis menghasilkan 2 jenis kurva *pushover*, yaitu kurva kapasitas (hijau) dan kurva *bilinear force-displacement* (merah dan biru), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15 hingga Gambar 18.

Kurva kapasitas akan berhenti ketika struktur sudah tidak bisa lagi menahan beban lateral yang diterima. Kurva *bilinear force-displacement* (BFD) warna merah dan warna biru menunjukkan



**Gambar 15** Kurva *Pushover* Arah +X



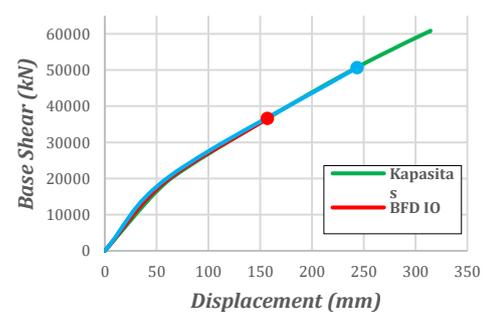
**Gambar 16** Kurva *Pushover* Arah -X

hubungan *base shear* dan *displacement* yang terjadi ketika gedung tersebut masing-masing secara berurutan menerima beban gempa level seismik BSE-1N dan BSE-2N. Perbandingan antara kurva kapasitas dan kurva BFD kemudian digunakan untuk menilai gedung tersebut apakah dapat mencapai target kinerja yang disyaratkan ASCE 41-17 atau tidak.

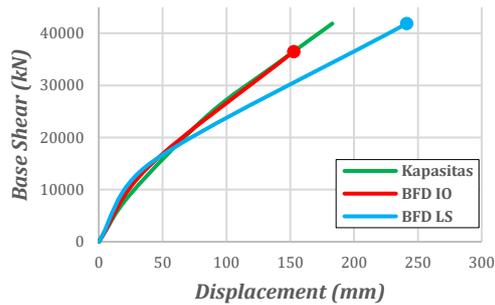
Berdasarkan Gambar 15 dan Gambar 18, dapat diketahui bahwa, pada level kinerja *Life Safety* LS kurva kapasitas (hijau) berhenti sebelum mencapai target *displacement* (kurva BFD warna biru) ketika struktur dibebani dengan gaya lateral *pushover* arah +X dan -Y. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3, gedung rumah sakit dengan kategori risiko IV harus mampu menahan gaya sampai pada target kinerja tersebut. Maka dari itu, struktur gedung ini belum sepenuhnya memenuhi target kinerja level struktur akibat adanya 2 kurva *pushover* yang tidak tercapai. Oleh karena itu, analisis dan optimasi lebih lanjut pada struktur tersebut perlu dilakukan dengan cara memperbesar dimensi atau memperbanyak tulangan longitudinal pada elemen sendi plastis.

### *Displacement*

Perbandingan antara kapasitas displacement maksimal struktur, displacement yang harus tercapai akibat gempa (BSE-1N dan BSE-2N), dan syarat maksimal displacement gedung dapat



**Gambar 17** Kurva *Pushover* Arah +Y



Gambar 18 Kurva Pushover Arah -Y

dilihat pada Tabel 5. Kapasitas displacement maksimal struktur gedung diambil dari perhitungan ETABS, yaitu secara berurutan dari kurva warna hijau Gambar 15 sampai Gambar 18.

Nilai syarat maksimal displacement gedung adalah sebesar 1% tinggi gedung untuk kinerja Immediate Occupancy dan 2% tinggi gedung untuk kinerja Life Safety. Tabel 5 menunjukkan bahwa displacement yang harus dicapai struktur gedung ketika dibebani gempa BSE-2N arah lateral gempa +X dan -Y tidak dapat tercapai.

Pada kedua arah tersebut, kapasitas displacement struktur lebih kecil daripada displacement yang terjadi akibat gempa BSE-2N. Pada arah lateral gempa -X dan +Y menunjukkan bahwa displacement yang harus dicapai ketika dibebani beban gempa BSE-1N dan BSE-2N sudah dapat dicapai oleh struktur gedung.

### Sendi Plastis yang Terjadi

Jumlah sendi plastis yang terjadi pada struktur gedung akibat beban gempa BSE-1N dan BSE-2N dapat dilihat pada Tabel 6. Tabel tersebut menunjukkan bahwa struktur gedung rumah sakit pada arah gempa +X dan pada level seismik BSE-1N belum sepenuhnya mencapai level kinerja struktur yang disyaratkan ASCE 41-17 dan RSNI XXXX:202X, yaitu Immediate Occupancy. Hal tersebut dikarenakan terdapat 2 elemen yang sudah melebihi kinerja Immediate Occupancy. Namun untuk level seismik BSE-2N (Life Safety), nilai displacement yang terjadi akibat gempa BSE-2N melebihi kapasitas displacement struktur sehingga ETABS tidak bisa menampilkan sendi plastis sampai pada beban lateral gempa maksimal.

Tabel 6 menunjukkan pada arah gempa -X dan level seismik BSE-1N, level kinerja Immediate Occupancy juga tidak sepenuhnya tercapai. Hal tersebut dikarenakan terdapat 4 elemen yang melebihi target kinerja Immediate Occupancy. Pada gempa level seismik BSE-2N (Life Safety), gedung juga tidak sepenuhnya mencapai target kinerja Life Safety. Hal tersebut dikarenakan terdapat 4 elemen pada lokasi yang sama yang kinerjanya sudah melebihi Life Safety.

Pada arah gempa +Y baik itu level seismik BSE-1N maupun BSE-2N, gedung belum memenuhi kinerja struktur yang disyaratkan ASCE 41-17 dan RSNI XXXX:202X. Tabel 6 menunjukkan bahwa terdapat 3 elemen yang melebihi Immediate Occupancy pada

Tabel 5 Rekapitulasi Displacement

Pushover	Target kinerja	Displacement, $\delta$ mm			Keterangan
		Kapasitas struktur	Disp. kinerja	Syarat max	
+X	IO (BSE-1N)	206	162,9	400,5	Tercapai
	LS (BSE-2N)		254,3	801	Tidak tercapai
-X	IO (BSE-1N)	303	172,5	400,5	Tercapai
	LS (BSE-2N)		267,8	801	Tercapai
+Y	IO (BSE-1N)	315	156,9	400,5	Tercapai
	LS (BSE-2N)		243,6	801	Tercapai
-Y	IO (BSE-1N)	183	152,7	400,5	Tercapai
	LS (BSE-2N)		241,2	801	Tidak tercapai

Tabel 6 Jumlah Sendi Plastis

Pushover	Level seismik	Displacement, mm	Max. base shear, kN	Last step	Jumlah sendi plastis				Total
					<IO	IO-LS	LS-CP	>CP	
+X	BSE-1N (IO)	162,9	37953,5	12	1928	0	2	0	1930
	BSE-2N (LS)	254,3	45837,4		Tidak terbaca sampai beban maksimal				
-X	BSE-1N (IO)	172,5	35096,8	10	1926	2	2	0	1930
	BSE-2N (LS)	267,8	50163,9	10	1918	8	2	2	1930
+Y	BSE-1N (IO)	156,9	36601,5	11	1927	1	2	0	1930
	BSE-2N (LS)	243,6	50766,3	10	1924	4	2	0	1930
-Y	BSE-1N (IO)	152,7	36497,6	10	1927	2	1	0	1930
	BSE-2N (LS)	241,2	41850,8		Tidak terbaca sampai beban maksimal				

**Tabel 7** Kriteria Penerimaan Pertama

Parameter	Pushover -X		Pushover Y	
	BSE-1N	BSE-2N	BSE-1N	BSE-2N
$\mu_{strength}$	5.332	7.281	4.585	6.316
$\mu_{max}$	3.720	5.102	3.174	4.362
Cek	NOT OK	NOT OK	NOT OK	NOT OK

gempa BSE-1N dan terdapat 2 elemen yang melebihi *Life Safety* pada pada gempa BSE-2N.

Pada arah gempa -Y dan pada level seismik BSE-1N, gedung belum mencapai target kinerja *Immediate Occupancy* dikarenakan terdapat 3 elemen dengan

level kinerja melebihi *Immediate Occupancy*. Pada level seismik BSE-2N (*Life Safety*), nilai *displacement* yang terjadi melebihi kapasitas *displacement* struktur sehingga ETABS tidak bisa menampilkan sendi plastis sampai pada beban lateral gempa maksimal. Berdasarkan sendi plastis yang terjadi, secara umum struktur gedung belum memenuhi target kinerja pada level elemen dikarenakan masih terdapat beberapa elemen dengan level kinerja yang melebihi level kinerja yang disyaratkan ASCE 41-17 dan RSNI XXXX:202X.

**Acceptance Criteria – Pushover Analysis**

Sebuah desain struktur bangunan yang dievaluasi menggunakan analisis *nonlinear pushover* harus memenuhi 2 syarat yang diatur dalam ASCE 41-17 Pasal 7.3.2 dan RSNI XXXX:202X Pasal 7.3.2. Kedua syarat tersebut harus dipenuhi dan menjadi syarat utama dalam evaluasi kinerja struktur sebuah bangunan.

Syarat pertama adalah nilai rasio kekuatan elastis perlu,  $\mu_{strength}$ , harus kurang dari nilai rasio kekuatan maksimum,  $\mu_{max}$ . Kedua nilai tersebut dihitung berdasarkan ASCE 41-17 Pasal 7.3.2 dan RSNI XXXX:202X Pasal 7.3.2. Namun, pada perhitungan ini, nilai  $\mu_{strength}$  diambil dari hasil *running pushover* ETABS secara langsung. Kedua nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 7.

Berdasarkan Tabel 7, dapat disimpulkan bahwa struktur gedung rumah sakit rawat inap belum memenuhi persyaratan pertama. Menurut ASCE 41-17 dan RSNI XXXX:202X, apabila tidak memenuhi persyaratan tersebut maka disarankan untuk melakukan analisis lebih lanjut menggunakan metode *Nonlinear Dynamic Procedure (NDP)* dengan beban gempa *time history*.

Syarat kedua adalah nilai gaya geser hasil dari

**Tabel 8** Kriteria Penerimaan Kedua (Arah X)

Lantai	Base shear, kN					
	BSE-1N			BSE-2N		
	Model 1	Model 2	Cek	Model 1	Model 2	Cek
ATAP	2314.51	1962.61	OK	3471.82	2943.92	OK
8	3735.54	3422.18	OK	5603.33	5133.27	OK
7	4819.97	4640.53	OK	7229.96	6960.80	OK
6	5702.86	5621.72	OK	8554.31	8432.58	OK
5	6447.53	6367.33	OK	9671.32	9551.00	OK
4	7064.88	6887.77	OK	10597.33	10331.65	OK
3	7538.84	7204.24	OK	11308.26	10806.36	OK
2	7827.89	7349.21	OK	11741.88	11023.82	OK
1	7905.49	7356.05	OK	11858.18	11034.08	OK

**Tabel 9** Kriteria Penerimaan Kedua (Arah Y)

Lantai	Base shear, kN					
	BSE-1N			BSE-2N		
	Model 1	Model 2	Cek	Model 1	Model 2	Cek
ATAP	2370.70	2040.04	OK	3556.12	3060.06	OK
8	3834.60	3494.94	OK	5751.93	5242.40	OK
7	4960.11	4699.32	OK	7440.14	7048.97	OK
6	5868.44	5661.27	OK	8802.68	8491.89	OK
5	6616.80	6387.02	OK	9925.23	9580.51	OK
4	7224.07	6891.28	OK	10836.10	10336.89	OK
3	7688.82	7198.77	OK	11533.21	10798.13	OK
2	7991.25	7344.64	OK	11986.90	11016.94	OK
1	8080.21	7365.04	OK	12120.35	11047.54	OK

analisis respon spektrum model 1 harus kurang dari 130% gaya geser model 2. Model 1 merupakan model dengan modal partisipasi massa 90% atau lebih sementara model 2 merupakan model dengan modal partisipasi massa hanya 2 ragam saja. Rekapitulasi perhitungan untuk melakukan cek terhadap syarat kedua dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Berdasarkan tabel tersebut, struktur bangunan gedung rumah sakit rawat inap sudah memenuhi persyaratan kedua. Walaupun demikian berdasarkan ASCE 41-17 Pasal 7.3.2 dan RSNI XXXX:202X Pasal 7.3.2, dikarenakan salah satu syarat tidak terpenuhi maka analisis nonlinear dinamik direkomendasikan untuk dilakukan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisis *nonlinear pushover* diketahui bahwa gedung rumah sakit rawat inap belum memenuhi level kinerja yang disyaratkan ASCE 41-17 dan RSNI XXXX:202X. Kurva hubungan *base shear* dengan *displacement* menunjukkan bahwa *displacement* yang terjadi akibat gempa level seismik BSE-2N melebihi *displacement* maksimal yang mampu dicapai struktur. Selain itu, berdasarkan observasi terhadap terjadinya sendi plastis diketahui bahwa performa struktur tidak memenuhi persyaratan ASCE 41-17 dan RSNI XXXX:202X baik pada gempa level seismik BSE-1N maupun BSE-2N. Berdasarkan hasil pengecekan nilai rasio kekuatan elastis perlu terhadap nilai rasio kekuatan maksimum, direkomendasikan untuk melanjutkan analisis dengan menggunakan metode *nonlinear* dinamik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik UGM atas dukungan fasilitas pada Laboratorium omputasi.

## DAFTAR PUSTAKA

Adhitama, Yuliar Azmi, Bambang Supriyadi, Bambang Suhendro. (2022). Evaluasi Seismik Gedung Bertingkat Eksisting Menggunakan Prosedur ASCE 41-17. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil UNS*. Vol 6, No.1, 1-10.

Anam, Syaiful, Bantot Sutriyono, Retno Tri Murtiningrum. (2020). Studi Perbandingan Kinerja Gedung Beton Bertulang SRPMK 6 Lantai Dengan Menggunakan Metode Pushover dan Nonlinear Time History Analysis. *Jurnal "MITSU" Media Informasi Teknik Sipil UNIJA*. Vol 8, No.1, 33-41.

Arima, Redha R.M., Roni Sani Saputra, Masrilayanti, Ruddy Kurniawaran. (2023). Pushover Analysis of 6-Floors Irregular Building Structure (Case Study: Fave Hotel Building-Padang City, West Sumatra). *Educational Journal of History and Humanities*. 6(3), 859-871.

American Society Civil Engineering. (2017). ASCE Standard 41-17 Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings. United States of America: American Society of Civil Engineers.

American Society Civil Engineering. (2016). ASCE 7-16. 2016. Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures. United States of America: American Society of Civil Engineers.

Aulia, Diana Fika, Ignatius Sudarsono, Fauzia Mulyawati. (2022). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Pemodelan Struktur (3D) Berdasarkan Analisis Statik Beban Dorong (Pushover Analysis). *Journal of Civil Engineering and Vocational Education*. Vol 9, No.3, 248-252.

Dewi, Hesty Auliya, Erno Widayanto, Ketut Aswatama Wiswamitra. (2023). Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) pada Pembangunan Rumah Susun Cakung Jakarta Timur. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*. Vol 17, No.3, 243-248.

Mander, J.B, M.J.N. Priestley, R. Park. (1988). Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete. *Journal Structure Engineering*. 114(8), 1804-1826.

Nurrohmat, Farhan, Ratna Widyawati, Fikri Alami. (2020). Evaluasi Bangunan Gedung Rumah Sakit Terhadap Beban Gempa dengan Menggunakan Metode Statik Ekuivalen. *JRSDD*. Vol 8, No.3, 295-404.

Pangestu, Saifulloh Fatah, dan Pratama M. Mirza Abdillah. (2021). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Pendekatan Desain Berbasis Kinerja (Studi Kasus: Gedung Pendidikan Rangka Beton Bertulang 7 Lantai). *Jurnal Analisis dan Kajian Bidang Teknik Sipil*. Vol 10, No.2, 91-100.

Pemerintah Kota Magelang. (2023). Perencanaan DED Gedung Rawat Inap RSUD Tidar Kota Magelang Tahun 2023. Pemerintah Kota Magelang.

Prismastanto, Novi. (2019). Metode Analisis Ragam Spektrum Respons Pada Struktur Gedung Bertingkat (Studi Kasus Hotel Tosan, Solo Baru). *Jurnal Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil*. Vol 1, No.1, 25-34.

- Rifai, Muhamad, Fikri Alami, Mohd Isneini, Masdar Helmi. (2022). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Dengan Analisis Time History (Studi Kasus: Rumah Sakit Umum Muhammadiyah Metro). *JRSDD*. Vol 10, No.1, 99-114.
- Sarasanty, Diah, dan Zainul Arifin. (2022). Respons Spectrum Analysis Struktur Bangunan Tingkat Tinggi (Studi Kasus: Bangunan Rumah Susun Stasiun Tanjung Barat di Jakarta). *Jurnal Kacapuri*. Vol 5, No.1, 140-149.
- BSN. 2019. SNI 1726:2019-Tata Cara Perancangan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. 2020. SNI 1727:2020-Beban Desain Minimum dan Kriteria terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- BSN. 2019. SNI 2847:2019-Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Sunarso, Agus, Kusiman Joko, Reki Arbianto. (2023). Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran Tujuh (7) Lantai di Kabupaten Karanganyar. *Journal of Civil Engineering and Infrastructure Technology*.
- Sweiga, Abadi Grafita Yans. (2023). Analisis Pushover pada Bangunan Rumah Sakit dengan Ketidakberaturan Vertikal Berdasarkan ASCE 41-17. Universitas Gadjah Mada.
- Syahputra, Ridho, Irwan, Ahmad Sumantri. (2021). Evaluasi Kinerja Struktur Pada Gedung Jamaliah Yayasan Syafiatulamaliyah Medan Berdasarkan SNI 1726:2019. *Buletin Utama Teknik*. Vol 17, No.1, 98-105.
- Usman, Arie Putra, Rosidawani, Sri Palta Mutmainna. (2021). Analisis Respons dan Kinerja Struktur Bangunan Gedung Menggunakan Pushover Analysis. *Jurnal Saintis*. Vol 21, No.2, 87-96.

## DESAIN HUNIAN ADAPTIF PERUBAHAN IKLIM DI PESISIR KOTA PEKALONGAN

### *Climate Change Adaptive Residential Design in The Coastal City of Pekalongan*

**Suzanna Ratih Sari, Fadhil Muhammad, Muhammad Fariz Hilmy, Djoko Indrosaptono**

Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jalan Prof. H. Soedharto, SH, Tembalang, Semarang

Surel: ratihsaris@yahoo.com, Fadheel.muhammad@gmail.com,

Farizhilmym@gmail.com, indrosaptono@yahoo.com

Diterima: 6 November 2024 ; Disetujui: 24 Maret 2025

#### **Abstrak**

*Pekalongan merupakan kota di pesisir utara Pulau Jawa yang paling parah terkena dampak perubahan iklim seperti banjir dan genangan air pasang akibat dari perubahan iklim global. Hunian di kawasan pesisir Kota Pekalongan khususnya di Desa Jeruksari mengalami adaptasi sebagai respon terhadap perubahan iklim ini. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan aspek desain yang adaptif dari bangunan gedung di kawasan pesisir Kota Pekalongan. Solusi desain yang adaptif didapatkan berdasarkan kondisi lingkungan fisik hunian berupa rumah tinggal serta mengacu pada pengalaman kota-kota lain yang memiliki dampak serupa. Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif-deskriptif untuk menjelaskan fenomena adaptasi pada bangunan perumahan di kawasan pesisir Kota Pekalongan. Metode pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi langsung ke lapangan dan wawancara terhadap pemilik bangunan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bangunan gedung khususnya bangunan hunian di kawasan pesisir Kota Pekalongan mengalami perubahan akibat adanya proses adaptasi terhadap perubahan iklim yang menyebabkan kenaikan muka air laut antara lain seperti menaikkan level lantai hingga menggunakan material yang mudah dibongkar pasang. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi pedoman desain arsitektur untuk pengembangan rumah terapung.*

**Kata Kunci:** Hunian adaptif, kawasan pesisir, iklim, desain, perumahan

#### **Abstract**

*Pekalongan is a city on the north coast of Java Island that is worst affected by climate disasters such as floods and tidal inundation due to global climate change. Residential areas in the Pekalongan City Coastal Area, especially in Jeruksari Village, are experiencing changes in response to this disaster. The aim of this research is to find adaptive design aspects of buildings in the coastal area of Pekalongan city. Adaptive design solutions are obtained based on conditions and refer to the experience of other cities that have had a similar impact. This research uses a qualitative-descriptive research method to explain the phenomenon of adaptation in residential buildings in the Coastal Area of Pekalongan City. The data collection method was carried out by direct observation in the field and interviews with building owners. The research results show that buildings, especially residential buildings in the coastal area of Pekalongan city, are experiencing changes due to the adaptation process to climate change which causes sea levels to rise, including raising the floor level and using materials that are easy to dismantle and assemble. The results of this research can also serve as architectural design guidelines for the development of floating houses and to assess the hypotheses made regarding floating structures.*

**Keywords:** Adaptive housing, coastal areas, climate, design, housing

#### **PENDAHULUAN**

Indonesia merupakan wilayah yang rentan terjadi bencana alam. Berbagai bencana alam yang sering terjadi di Indonesia antara lain banjir, gempa bumi, tsunami, gerakan tanah, angin kencang, kebakaran hutan, dan lain-lain. Setiap jenis bencana tersebut

mempunyai tingkat bahaya yang bervariasi dalam mengakibatkan korban jiwa serta kerugian harta benda tergantung pada karakteristik fisik, sosial, dan ekonomi daerah yang terlanda. Kecenderungan terhadap terjadinya bencana untuk saat ini maupun masa yang akan datang masih cukup besar dan kemungkinan akan bertambah jenisnya. Data BNPB

mencatat Indonesia mengalami total 3239 bencana sepanjang tahun 2023 yang terdiri dari banjir, tanah longsor, abrasi, puting beliung, kekeringan, kebakaran hutan dan lahan, dan gempa bumi.

Bencana rob adalah salah satu bencana alam yang diakibatkan oleh pasang air laut yang membanjiri daratan. Rob ini juga terjadi di kota-kota pesisir di pantai utara Pulau Jawa seperti di Pekalongan. Kondisi Pekalongan yang merupakan daerah pesisir membuat sebagian masyarakat Pekalongan bermata pencaharian sebagai nelayan. Hal ini dikarenakan sumber daya laut yang melimpah. Selain itu sebagian besar masyarakat Pekalongan juga bekerja sebagai pembatik. Masyarakat umum mengenal Pekalongan merupakan kota yang terkenal bersih dan sejahtera. Akan tetapi, kondisi Pekalongan sekarang sangat memprihatinkan terutama karena permasalahan banjir rob. Terjadinya banjir rob akhir-akhir ini tidak terlepas dari fenomena naiknya permukaan air laut akibat dari perubahan iklim global.

Naiknya permukaan air laut atau *Sea Level Rise* (SLR) berpotensi merusak lingkungan khususnya lingkungan di kawasan pesisir pantai. Pekalongan merupakan kota di pesisir utara Pulau Jawa yang paling parah terkena dampak banjir rob. Sejak tahun 2014 telah terjadi kerusakan besar-besaran di wilayah dekat garis pantai, yang meliputi ekosistem mangrove, pertanian, dan budidaya perikanan (Marfai, 2014). Kerusakan yang terjadi pada lahan mangrove dapat memicu terjadinya kerusakan lingkungan berupa abrasi, karena ekosistem mangrove mempunyai peranan yang sangat penting secara ekologis (Setyawan, Muhammad dan Yulianto, 2015) dan mitigasi bencana (Liquete et al., 2013). Sejalan dengan rusaknya ekosistem mangrove, pemukiman di sepanjang pantai khususnya permukiman perdesaan lebih rentan terhadap perubahan iklim dikarenakan kondisi lingkungan yang rentan serta kapasitas adaptasi yang rendah. Pengembangan pendekatan baru model komunitas terapung dan pedoman desain arsitektur berupa struktur terapung untuk mengatasi dampak SLR, khususnya di kawasan pesisir Kota Pekalongan belum banyak dilakukan.

Penelitian dan spekulasi mengenai dampak SLR terhadap wilayah pesisir dan dataran rendah di dunia telah berkembang dengan pesat. Selama beberapa waktu terakhir, studi tentang struktur terapung telah menarik perhatian para arsitek perkotaan dan perencana kota, serta insinyur sipil yang muncul sebagai solusi efektif untuk menanggulangi tantangan naiknya air laut. Memahami berbagai komponen risiko sangatlah penting untuk mengembangkan rencana dan mengalokasikan sumber daya secara efektif untuk

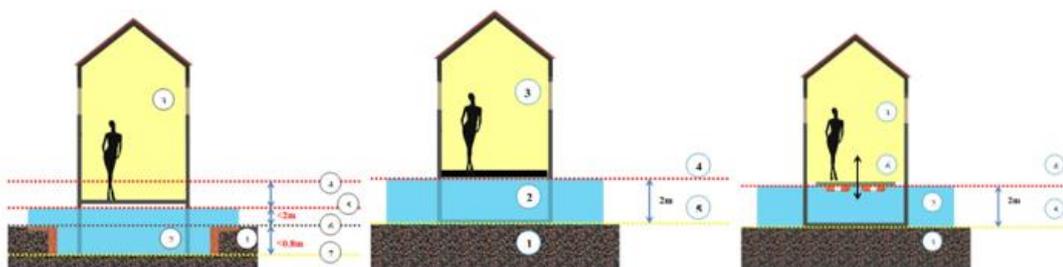
mengurangi konsekuensi potensial dalam situasi tersebut (Philokyprou et al., 2017). Penelitian ini menawarkan pendekatan baru dalam merancang hunian adaptif yang dirancang secara spesifik untuk menghadapi tantangan perubahan iklim di wilayah pesisir Kota Pekalongan. Kebaruan penelitian ini terletak integrasi solusi desain arsitektur yang tidak hanya memperhatikan aspek teknis ketahanan bangunan terhadap banjir dan kenaikan air laut, tetapi juga mempertimbangkan faktor sosial-ekonomi masyarakat pesisir. Secara spesifik adalah memanfaatkan material-material yang mudah dijangkau secara ekonomi tetapi tetap memiliki ketahanan material yang kokoh. Studi ini memberikan pendekatan lokal yang lebih relevan dan kontekstual bagi wilayah pesisir yang sering kali diabaikan dalam penelitian desain hunian adaptif sebelumnya. Dengan demikian tujuan dari penelitian ini adalah:

- Mengidentifikasi aspek hunian adaptif dari permukiman di Desa Jeruksari, Kota Pekalongan.
- Mengusulkan solusi adaptif tertentu untuk perumahan di wilayah pesisir di Kota Pekalongan, berdasarkan kondisinya serta mengacu pada pengalaman kota lain dengan dampak serupa.
- Mengembangkan pedoman desain arsitektur untuk pengembangan rumah terapung.

### **Kenaikan Permukaan Air Laut**

Pemanasan global ditengarai akan menaikkan muka air laut, akibat kenaikan air laut adalah fenomena erosi dan genangan di wilayah pesisir dan hilangnya lahan basah yang kaya akan keanekaragaman hayati (Suhelmi, 2013). Peristiwa meningkatnya permukaan air laut tentu perlu mendapat perhatian khusus bagi negara-negara maritim, negara kepulauan, dan negara lain yang memiliki kepentingan dengan laut (Karlina dan Viana, 2020).

Fenomena kenaikan permukaan air laut akibat perubahan iklim membawa dampak yang serius, utamanya bagi negara-negara pantai dan negara kepulauan di seluruh dunia tanpa ada perbedaan, tidak mengenal ukuran, jumlah pulau, panjang pantai, dan tingkat kemajuan ekonomi serta teknologi di suatu negara (Karlina dan Viana, 2020). Kenaikan permukaan air laut yang dialami oleh negara maritim akan berpengaruh pada menyempitnya wilayah daratan bahkan berpotensi tenggelamnya pulau atau negara, terutama pada pulau-pulau kecil terluar dari negara pantai atau negara kepulauan. Jika akresi merupakan perolehan suatu wilayah baru akibat terjadinya proses alamiah tanpa campur tangan manusia, maka hilang atau berkurangnya wilayah suatu negara akibat perubahan iklim sebagai proses alamiah dapat dikatakan sebagai kebalikannya. Selain hilangnya



**Gambar 1** Konsep Hunian Adaptif di Kawasan Rawan Bencana Banjir

Sumber: Ngo et al., - 2020

pulau kecil di Panama, hal semacam ini juga telah dialami oleh Kawasan di kepulauan Pasifik seperti Vanuatu, Marshall Islands, Tuvalu, dan sebagian Papua Nugini. Perubahan iklim yang berujung pada naiknya permukaan air laut membawa dampak yang cukup signifikan bagi penduduk pesisir. Negara pantai dan negara kepulauan merupakan pihak yang dapat terkena dampak paling besar dan secara langsung, dimana dampak yang mereka alami dapat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu:

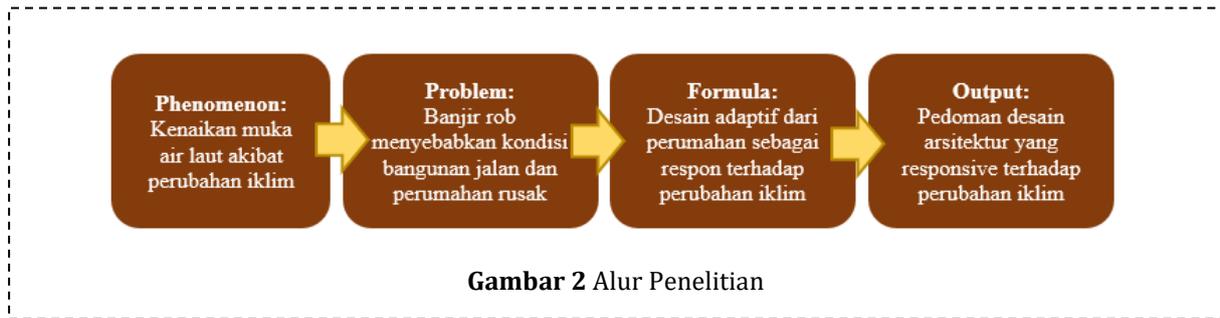
1. Dampak fisik, terkait permasalahan kondisi dan wujud pantai secara keseluruhan atau secara tampak, seperti adanya perubahan permukaan air laut yang semakin meningkat.
2. Dampak ekosistem, terkait permasalahan berkurangnya spesies pesisir pantai yang rentan akan terganggu habitat dan keseimbangannya, seperti punahnya hewan-hewan di pesisir pantai akibat pergeseran permukaan air laut dan meningkatnya keasaman air laut.
3. Dampak sosial, terkait permasalahan kehidupan manusia yang telah ada dan bertempat tinggal di wilayah pesisir, seperti tergesurnya penduduk pesisir pantai yang terpaksa harus meninggalkan wilayahnya akibat naiknya permukaan air laut.

Naiknya permukaan air laut juga memberikan dampak terhadap permukiman pesisir berupa tenggelamnya wilayah-wilayah permukiman yang menyebabkan kerugian baik secara ekonomi, kesehatan, maupun lingkungan baik lingkungan alam maupun lingkungan sosial (Rahadiati et al., 2018). Hunian berupa rumah tinggal di Kawasan pesisir merupakan bagian dari lingkungan binaan. Rusaknya hunian di kawasan pesisir akibat kenaikan permukaan air laut menyebabkan kerugian yang tidak hanya berdampak secara fisik namun juga memberikan dampak lain baik dari segi ekonomi, sosial, maupun budaya bagi masyarakat di Kawasan pesisir.

### Hunian Adaptif

Hunian adaptif merupakan sebuah konsep hunian yang mampu beradaptasi terhadap kondisi tertentu khususnya ketika terjadi bencana. Ngo et al. (2020) mendefinisikan hunian adaptif sebagai sebuah model hunian yang dapat meningkatkan kualitas hidup melalui desain bangunan yang dinamis, konstruksi bangunan yang fleksibel, dan operasional bangunan yang aman dan nyaman serta adaptif terhadap lingkungan lanskap. Hunian adaptif merupakan konsep hunian yang mengarah kepada kehidupan yang berkelanjutan (*sustainable*) serta dibentuk sesuai modul perencanaan sehingga jika diperlukan untuk melakukan integrasi dengan kawasan di sekitarnya dapat diterapkan lebih fleksibel serta ditata sesuai kebutuhan penghuni (Sapoetra, 2021).

Ada beberapa strategi desain untuk menciptakan lingkungan yang adaptif (lihat Gambar 1). Nuraini dan Suprayitno (2021) mendefinisikan tujuh strategi desain lingkungan yang adaptif/responsif yang dapat dilihat konteksnya pada lingkungan dan menjadi acuan. Tujuh karakter tersebut adalah *permeability, variety, legibility, robustness, visual appropriateness, richness, dan personalization*. Suatu hunian atau lingkungan dapat dikatakan adaptif apabila telah memenuhi beberapa indikator. Indikator karakter lingkungan perumahan adaptif dikategorikan ke dalam beberapa kriteria diantaranya adalah kemudahan akses dan sirkulasi, bangunan multifungsi, keterbacaan berupa kemudahan dalam mengenal lingkungan, ruang temporal, keragaman, *setting* tempat menyesuaikan dengan kontur lingkungan. Ada beberapa faktor yang membuat hunian adaptif menjadi sangat penting diantaranya meningkatnya biaya energi operasional bangunan, meningkatnya harga material bangunan, dan perubahan temperatur udara akibat pengaruh perubahan iklim (Gosling et al., 2013).



Karakteristik hunian adaptif utamanya terlihat dari kemampuan adaptasinya terhadap perubahan-perubahan yang terjadi. Gosling et al. (2013) mengkategorikan karakteristik hunian adaptif ke dalam beberapa prinsip yaitu *layering of building elements, high level of indeterminacy, component interchangeability, component integration, flexibility in the planning /project process, supply chain integration, dan supply chain flexibility*. Prinsip-prinsip ini menjadi indikator apakah sebuah hunian atau sebuah kawasan telah memenuhi syarat sebagai hunian atau kawasan yang adaptif khususnya hunian atau kawasan yang terletak di daerah rawan bencana.

Ada beberapa prinsip untuk merencanakan hunian yang adaptif terhadap bencana banjir. Prinsip-prinsip ini berdasarkan pada desain hunian serta respon hunian dalam mengantisipasi dan mengelola air yang berlebihan yang menyebabkan terjadinya banjir. (Ngo et al., 2020) membagi prinsip hunian adaptif terhadap bencana banjir menjadi beberapa bagian. pertama adalah menyediakan ruang untuk aliran air. Penampungan air sementara dapat membantu menurunkan ketinggian level banjir terutama ketika luapan air akibat hujan atau rob cukup tinggi. Kedua, dengan menaikkan tingkat elevasi lantai. Hal ini dilakukan untuk mengamankan ruangan yang esensial dalam mendukung kegiatan sehari-hari seperti kamar tidur, dapur, dan toilet. Yang ketiga yaitu dengan membuat konsep lantai mengapung. Konsep ini merupakan solusi yang fleksibel untuk diterapkan pada hunian adaptif di daerah rawan banjir ketika terjadi kenaikan permukaan air.

## METODE

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif untuk mengeksplorasi dan mencari tahu fenomena terkait konsep desain yang adaptif terhadap perubahan iklim. Kawasan pesisir Pekalongan dipilih sebagai studi kasus karena merepresentasikan kawasan yang mengalami dampak perubahan iklim. sering terdampak banjir rob akibat kenaikan muka air laut menyebabkan kawasan permukiman di kawasan pesisir mengalami proses adaptasi sebagai respon terhadap perubahan iklim serta sebagai upaya kawasan permukiman dalam rangka menjaga

keberlanjutannya. Namun, aspek-aspek desain dalam upaya adaptasi terhadap perubahan iklim masih belum sepenuhnya optimal dalam mengatasi permasalahan lingkungan. Desain dari bangunan rumah tinggal belum merespon perubahan iklim.

Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan dengan observasi berupa pengamatan langsung di lapangan serta wawancara dengan masyarakat untuk menggali informasi terkait dengan proses adaptasi. Peneliti menggunakan prinsip hunian adaptif (Gosling et al., 2013) sebagai variabel observasi dan wawancara. Langkah-langkah yang dilakukan antara lain (1) melihat pengaruh perubahan iklim terhadap lingkungan, terutama yang menyebabkan bencana banjir rob; (2) melihat perubahan hunian atau kawasan yang terjadi karena perubahan iklim yang menyebabkan bencana banjir rob; (3) melihat respon desain hunian terhadap perubahan iklim yang menyebabkan bencana banjir rob.

Hasil observasi dan wawancara akan digunakan sebagai bahan analisis dan diskusi untuk melihat keefektivitasan desain hunian yang adaptif akibat dari perubahan iklim atau khususnya bencana rob. Teknik analisis yang digunakan adalah teknik analisis deskriptif, yaitu menjelaskan kondisi ruang-ruang yang terdampak bencana sebagaimana adanya untuk memberikan gambaran atau karaktersitik yang jelas mengenai ruang-ruang yang diteliti. Dokumentasi yang relevan juga akan dilakukan untuk mendukung pembahasan dan temuan. Pembahasan akan didialogkan dengan studi literatur supaya diskusi menjadi lebih komprehensif. Luaran yang didapat adalah pedoman dari desain hunian yang adaptif akibat perubahan iklim khususnya bencana rob. Alur dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Perubahan Iklim terhadap Lingkungan

Perubahan iklim menyebabkan lingkungan di kawasan pesisir kota Pekalongan mengalami perubahan. Dari segi fisik, kenaikan muka air laut menyebabkan lantai dasar khususnya pada

bangunan rumah tinggal terendam air. Keadaan ini memaksa penghuni rumah meninggikan level lantai rumahnya untuk mencegah genangan air akibat banjir rob memasuki lantai dasar rumah mereka. Banjir rob atau banjir pasang surut air laut adalah pola fluktuasi muka air laut yang dipengaruhi oleh gaya tarik benda-benda angkasa, terutama oleh bulan dan matahari terhadap massa air laut di bumi. Banjir rob terjadi akibat adanya kenaikan muka air laut yang disebabkan oleh pasang surut air laut. Selain itu, banjir rob juga disebabkan oleh faktor-faktor eksternal seperti dorongan air, angin, atau *swell* (gelombang yang bergerak dengan jarak sangat jauh meninggalkan daerah pembangkitnya), badai di laut, serta pencairan es kutub yang dipicu oleh pemanasan global. Aktivitas manusia dapat menjadi faktor eksternal yang menyebabkan terjadinya banjir rob. Pemompaan air tanah yang berlebihan, pengerukan alur pelayaran, dan reklamasi pantai merupakan bentuk aktivitas manusia yang memicu terjadinya banjir rob. Eksploitasi lahan pesisir oleh manusia menyebabkan penurunan tanah sehingga memicu amblesnya permukaan tanah dan intrusi air laut. Dampak akibat banjir rob meliputi berbagai aspek kehidupan seperti mengubah fisik lingkungan, penurunan kualitas lingkungan, dan kerugian ekonomi. Selain itu, akibat dari kenaikan muka air laut menyebabkan bencana banjir rob di Desa Jeruksari semakin tak terhindarkan. Kondisi ini mengakibatkan aktivitas masyarakat menjadi terganggu (lihat Gambar 3).



**Gambar 3** Kondisi Lingkungan Hunian Yang Terendam Akibat Banjir Rob di Desa Jeruksari, Kota Pekalongan

Pada gambar terlihat halaman rumah yang terendam akibat banjir rob. Keadaan ini menyulitkan penghuni untuk beraktivitas dari bangunan ke lingkungan dan sebaliknya. Warga merespon permasalahan ini dengan meninggikan jalan lingkungan agar aksesibilitas di kawasan permukiman dapat berfungsi dengan baik dan terhindar dari genangan air. Namun, hal ini menyebabkan munculnya permasalahan lain seperti ketinggian lantai bangunan yang lebih

rendah dibandingkan dengan jalan yang semakin naik ditambah permasalahan kualitas air tanah di daerah pesisir yang terdampak polusi. Kualitas air tanah di lingkungan permukiman juga terganggu akibat adanya banjir rob. Suplai air bersih yang bersumber dari air tanah, memiliki kualitas yang kurang baik, karena kualitas warna air yang sangat keruh, sedikit berbau. Berdasarkan standar Kemenkes yaitu standar 3B (tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak beracun).

Dari segi kesehatan lingkungan, adanya genangan akibat banjir rob berpotensi menjadi sumber penyakit. Genangan air ini bisa menjadi sarang berkembang biaknya nyamuk penyebab demam berdarah serta menyebabkan kondisi lingkungan menjadi tidak tertata (lihat Gambar 4). Selain itu, kebersihan dari lingkungan juga terganggu karena adanya genangan yang menyebabkan bau tidak sedap serta pemandangan yang kurang nyaman. Iklim yang cenderung panas di daerah pesisir dengan keadaan lingkungan yang kurang tertata menyebabkan kondisi iklim mikro kawasan kurang nyaman secara termal. Hal ini juga berdampak terhadap kesehatan lingkungan yang memengaruhi kesehatan dan kenyamanan masyarakat pesisir.



**Gambar 4** Kondisi Lingkungan Bangunan yang Terendam Air dan Lingkungan yang Tidak Tertata

### Hunian Adaptif di Kawasan Rob

Terjadi fenomena permasalahan dan perubahan iklim yang mengakibatkan permukiman di Desa Jeruksari mengalami dampak perubahan iklim berupa banjir rob, hal tersebut terjadi pada elemen fisik permukiman masyarakat. Fenomena-fenomena ini memunculkan respon dan adaptasi dari masyarakat setempat untuk bertahan hidup dan menyesuaikan hidupnya di lingkungan yang terdampak. Menurut informasi yang didapatkan dari masyarakat setempat, adaptasi yang mereka lakukan berupa menaikkan permukaan lantai bangunan setiap tahunnya setinggi 30cm-40cm dengan pengurukan secara bertahap dikarenakan keterbatasan biaya yang dimiliki, dan melakukan pengungsian ke tempat yang lebih aman dari ancaman banjir rob yang melanda permukiman.

Pada bagian interior rumah tinggal, warga membuat beberapa perubahan pada elemen pembentuk ruang diantaranya adalah meninggikan bukaan

pintu, konstruksi semi permanen pada dinding dan plafon, dan konstruksi atap yang direncanakan untuk bisa dibongkar-pasang (lihat Gambar 5). Selain itu, perubahan lainnya adalah dengan menambahkan karet pada kusen pintu untuk mengantisipasi benturan karena ketinggian level lantai yang terus meningkat. Untuk elemen pengisi ruang seperti kursi dan meja beserta perabot, warga cenderung menggunakan perabot yang ringan dan mudah dipindahkan untuk mengantisipasi terjadinya banjir yang masuk ke dalam ruangan. Selain itu, warga juga memanfaatkan karpet untuk mengisi ruangan mereka dikarenakan penggunaan karpet jauh lebih fleksibel.



**Gambar 5** Ruang Interior Hunian yang Sudah Dimodifikasi pada Beberapa Elemen Pembentuk Ruang

Bangunan rumah mengalami perubahan karena dilakukan peninggian level lantai (lihat Gambar 6). Hal ini menyebabkan volume ruangan menjadi berkurang serta keadaan interior rumah menjadi semakin sempit. Karena bangunan rumah ini mengalami renovasi/perbaikan pada ketinggian elevasi lantai sehingga lantai pada rumah ini tidak menggunakan material keramik dan hanya dibiarkan berupa tanah. Setiap tahunnya rumah ini selalu diurug tanah setinggi 30-40 cm karena beradaptasi terhadap banjir rob. Beberapa warga memilih pindah dan meninggalkan rumahnya dengan alasan yang sama karena rumahnya sering terendam banjir rob. Pada beberapa kasus, bangunan rumah tinggal sudah tidak ditinggikan lagi karena ditinggalkan penghuninya sehingga kondisi bangunan terbengkalai terlihat dari ketinggian atap bangunan yang setara dengan ketinggian jalan lingkungan.



**Gambar 6** Ketinggian Bangunan Rumah Tinggal yang Mengalami Penurunan Akibat Peninggian Level Lantai

Bangunan yang berada di permukiman Desa Jeruksari secara keseluruhan belum menerapkan teknis ketentuan terkait IMB yang benar, seperti KDB, KLB, KDH, serta sempadan sungai. Ditemui banyak bangunan rumah tinggal yang berjarak kurang dari 1 meter dari aliran sungai. Bangunan rumah tinggal yang berada di Desa Jeruksari terdiri dari 2 jenis bangunan, permanen dan semi permanen. Bangunan-bangunan hunian yang berada di Desa Jeruksari banyak yang tidak sesuai dengan ketentuan akan menyebabkan pengaruh besar terhadap lingkungan kawasan tersebut, seperti menyebabkan penyumbatan saluran drainase kawasan sehingga saluran air tidak dapat mengalir dengan lancar. Terjadinya banjir rob di kawasan Desa Jeruksari bukan diakibatkan oleh kerusakan terkait infrastruktur yang ada di kawasan tersebut, melainkan karena tingginya air pasang yang sampai ke area permukiman masyarakat. Perawatan secara rutin berupa pembersihan saluran drainase di kawasan Desa Jeruksari diperlukan untuk mencegah tersumbatnya saluran air akibat limbah rumah tangga. Lokasi permukiman masyarakat yang berbatasan langsung dengan aliran sungai di kawasan Desa Jeruksari serta beberapa permukiman yang elevasi lantainya masih setara permukaan tanah di sekitarnya mengakibatkan bangunan-bangunan tersebut terendam banjir rob lebih parah.

### **Respon Desain Bangunan Perumahan terhadap Perubahan Iklim**

Rumah panggung merupakan salah satu desain hunian yang merespon kondisi lingkungan. Konsep rumah panggung memungkinkan penghuni mendapatkan ruang dengan ketinggian yang cukup untuk menghindari genangan air akibat banjir maupun rob. Selain itu, desain rumah panggung juga lebih fleksibel dalam mengatur ketinggian ruangan dalam bangunan. Konsep rumah panggung ini banyak diterapkan pada hunian tradisional di Indonesia. Pada konsep rumah panggung, ruangan yang berada di bawah rumah dapat difungsikan sebagai ruang ternak, Gudang, atau tempat penyimpanan sementara sehingga lebih fleksibel dalam merespon dampak perubahan iklim.

Desain bangunan rumah tinggal di kawasan Jeruksari, Kota Pekalongan perlu untuk merespon kondisi iklim yang ada. Isu mengenai banjir rob yang selalu melanda setiap tahunnya membutuhkan respon yang adaptif dari masyarakat dalam merencanakan dan mengelola kawasan permukiman mereka. Salah satu respon yang bisa diambil oleh masyarakat adalah menggunakan material atap berupa genteng tanah liat. Hal ini berdasarkan pertimbangan bahwa genteng tanah liat merupakan material yang banyak tersedia di



**Gambar 7 Desain rumah panggung sebagai hunian adaptif di kawasan Desa Jeruksari, Kota Pekalongan**

lapangan serta memiliki harga yang terbilang cukup murah. Material ini juga mudah untuk dibongkar-pasang sehingga cukup fleksibel digunakan. Pada bagian dinding bangunan, respon desain bangunan terhadap perubahan iklim di Desa Jeruksari adalah dengan menggunakan material kayu. Penggunaan material kayu terbilang lebih fleksibel dibandingkan material batu bata ataupun beton. Hal ini dikarenakan material kayu memiliki karakteristik konstruksi semi-permanen yang mudah dibongkar-pasang sehingga jauh lebih fleksibel dibandingkan material batu bata maupun beton yang cenderung permanen. Hal ini juga berarti bahwa penggunaan material kayu pada desain bangunan jauh lebih adaptif ketika dihadapkan pada perubahan-perubahan. Penggunaan modular-modular yang umum digunakan juga memudahkan penggantian material kayu dengan material kayu yang lain ketika dinding bangunan rusak atau terkena dampak akibat banjir rob. Selain digunakan pada dinding, material kayu juga digunakan pada lantai bangunan. Penggunaan material kayu pada lantai berfungsi untuk meredam suhu di dalam ruangan. Perubahan iklim menyebabkan temperatur ruangan meningkat khususnya pada bangunan dengan penghawaan alami. Hal ini dikarenakan temperatur kawasan yang turut meningkat menyebabkan iklim mikro di dalam bangunan menjadi kurang nyaman secara termal. Penggunaan material kayu pada lantai yang dikombinasikan dengan bukaan yang optimal pada dinding dan atap merupakan respon desain bangunan dalam beradaptasi dengan lingkungannya. Selain itu, penggunaan material kayu pada lantai jauh lebih fleksibel dibandingkan material keramik atau batu alam.

Selain menggunakan kayu, pada bagian pondasi bangunan menggunakan material beton supaya tahan terhadap rendaman banjir. Material beton efektif digunakan pada daerah yang tergenang air karena sifat material beton yang tidak terpengaruh oleh air meskipun berupa air laut yang mengandung garam. Penggunaan material beton pada bagian pondasi juga mampu menopang bangunan dengan

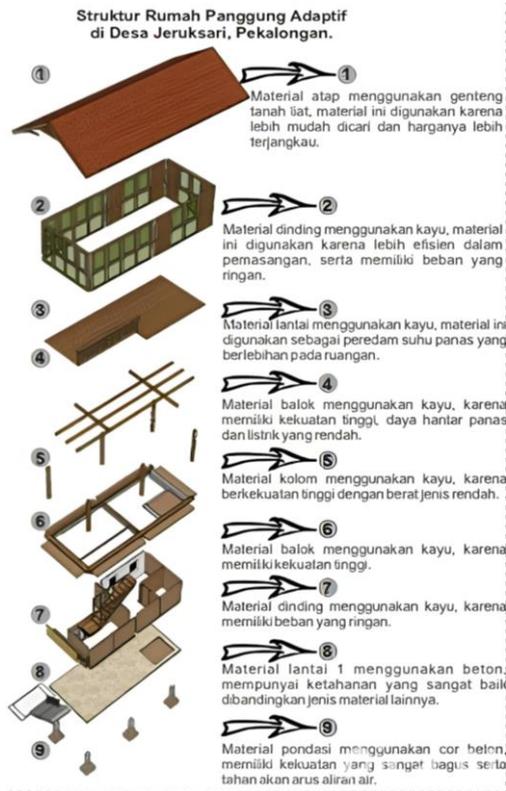
lebih baik. Pada bangunan dengan konsep panggung di area rawan bencana banjir rob, material beton menjadi pilihan yang tepat untuk membantu menopang bangunan serta kualitas pondasi menjadi tidak terpengaruh oleh pasang surut banjir rob.

Konsep hunian adaptif berupa rumah panggung merupakan respon terhadap pasang dan surutnya banjir rob (lihat Gambar 7). Dengan menggunakan material beton pada bagian yang terendam air, desain bangunan ini akan mampu bertahan dalam kondisi banjir meskipun terendam air laut. Penggunaan material besi sebagai struktur kolom yang terpapar langsung oleh rendaman air dihindari dalam konsep hunian adaptif ini.

Hal ini dikarenakan material besi mudah berkarat khususnya apabila terkena air laut yang mengandung garam yang akan mengoksidasi material besi itu sendiri. Sedangkan penggunaan material kayu cenderung kurang awet karena sifat material kayu yang tidak resisten terhadap pasang dan surutnya banjir rob. Pada bagian atas bangunan, penggunaan material semi-permanen seperti kayu bertujuan agar bangunan lebih mudah dibongkar-pasang. Material kayu dengan modular tertentu akan lebih mudah untuk dibongkar-pasang serta memiliki berat yang relatif ringan. Fleksibilitas inilah yang membuat material kayu dipilih untuk konstruksi bangunan pada hunian adaptif di area rawan bencana banjir rob. Perpaduan antara material beton dengan ketahanannya yang cukup baik terhadap rendaman air dan material kayu yang memiliki fleksibilitas yang cukup tinggi merupakan respon utama hunian adaptif terhadap banjir rob di kawasan pesisir.

Konsep desain bangunan adaptif dibangun dengan luasan yang berbeda dengan hunian di permukiman Desa Jeruksari, karena setiap rumah tinggal memiliki luas yang berbeda – beda (lihat Gambar 8).

Untuk merespon terkait KLB pada desain rumah panggung, melihat keterkaitan perbandingan antar jumlah seluruh luas lantai yang dapat dibangun



**Gambar 8** Konsep Hunian Adaptif Dengan Berbagai Pendekatan Material Yang Berbeda

dengan luas lahan yang tersedia. Sehingga apabila dilihat dari desain rumah panggung memerlukan ketinggian dua lantai untuk memenuhi kebutuhan luas lantai yang sesuai dengan standar Retribusi Izin Bangunan. Bangunan dengan ketinggian dua lantai bertujuan sebagai tempat untuk menaruh

barang-barang berharga, maupun tempat berlindung ketika tiba-tiba terjadi banjir rob yang besar. Bangunan didesain dengan mengoptimalkan pencahayaan alami dari berbagai sisi. Desain rumah panggung ini memiliki ruang terbuka hijau di luar bangunan berupa lahan yang tidak dipasangi material perkerasan. Lebih dari 20% lahan yang tidak dibangun, karena berkonsep panggung.

**Prinsip Desain Arsitektur Responsif terhadap Perubahan Iklim**

Desain arsitektur dari hunian di Desa Jeruksari belum sepenuhnya merespon banjir rob akibat perubahan iklim. Hal ini terlihat dari bentuk bangunan yang belum merepresentasikan respon bentuk bangunan terhadap banjir rob. Salah satunya terlihat dari belum adanya penampungan air. Luapan air yang berlebih akibat banjir rob maupun air hujan cenderung menggenangi lantai dasar dari hunian. Lantai dasar hunian dinaikkan secara berkala setiap tahunnya oleh masyarakat. Namun, kondisi bangunan khususnya pada bagian atap dan plafond tidak dinaikkan sehingga semakin dinaikkan level lantai hunian, semakin menurun tinggi ruangan yang menyebabkan ruang interior bangunan menjadi kurang nyaman. Sebagian besar hunian di Desa Jeruksari menggunakan material dinding batu bata sehingga fleksibilitas hunian dari segi bentuk bangunan cenderung kurang fleksibel.

Dari segi tata ruang, hunian di Desa Jeruksari juga belum sepenuhnya beradaptasi dengan kondisi lingkungan akibat banjir rob. Hal ini disebabkan karena sebagian besar hunian di Desa Jeruksari merupakan bangunan satu lantai sehingga ketika

**Tabel 1** Penerapan Prinsip Desa Hunian Adaptif Bencana Banjir Rob di Desa Jeruksari

Prinsip desain hunian adaptif	Implementasi prinsip desain hunian adaptif bencana banjir rob	Bentuk implementasi desain hunian
Penyediaan ruang penampungan air	Belum diimplementasikan	Hunian di Desa Jeruksari belum memiliki ruang penampungan air. Sumber air bersih menggunakan sumur yang menyebabkan ketersediaan air bersih terganggu ketika terjadi banjir rob.
Menaikkan level lantai	Sudah diimplementasikan	Masyarakat menaikkan level lantai hunian 25 cm hingga 30 cm setiap tahunnya. Namun, ketinggian bangunan tetap sama yang menyebabkan kondisi ruangan semakin sempit setiap tahunnya.
Lantai mengapung	Belum diimplementasikan	Konsep lantai mengapung belum diterapkan pada hunian di Desa Jeruksari. Pengetahuan dan dasar-dasar kontruksi hunian mengapung belum sepenuhnya dikuasai oleh masyarakat sehingga konsep ini belum bisa diterapkan.

bencana banjir rob, hampir semua ruangan di dalam hunian akan ikut terdampak. Akibatnya, fungsi ruangan yang esensial mendukung kegiatan sehari-hari seperti kamar tidur, dapur, dan toilet menjadi terganggu. Respon masyarakat ketika terjadi banjir yaitu dengan memindahkan perabot seperti kursi, meja, dan peralatan elektronik ke tempat yang lebih tinggi. Selain itu, masyarakat juga meminimalisir penggunaan kursi dan meja di hunian mereka dan sebagai gantinya mereka menggunakan karpet untuk memudahkan mobilitas ruangan ketika terjadi banjir.

Hunian di Desa Jeruksari belum sepenuhnya mengadaptasi konsep hunian adaptif (lihat Tabel 1). Masyarakat Desa Jeruksari beradaptasi dengan kondisi lingkungan mereka yang terdampak banjir rob dengan cara menaikkan level lantai hunian mereka. Namun, hal ini tidak disertai dengan meninggikan bangunan sehingga kondisi ruangan semakin menyempit setiap tahunnya. Kondisi ini menyebabkan masyarakat melakukan adaptasi dengan memodifikasi ruang interior hunian mereka. Salah satunya yaitu dengan menambahkan karet pada bukaan pintu sebagai antisipasi jika terjadi benturan ketika ketinggian pintu sudah tidak lagi sesuai dengan standar. Jika ketinggian ruangan sudah kurang dari batas standar dan tidak bisa lagi digunakan, masyarakat akan mulai meninggikan bangunan dengan meninggikan atapnya. Namun, hal ini membutuhkan biaya yang cukup mahal sehingga masyarakat dengan kondisi ekonomi yang rendah pada tahap ini akan mulai meninggalkan huniannya. Dapat terlihat dari banyaknya bangunan rumah yang tenggelam dengan ketinggian atapnya yang telah setara dengan ketinggian jalan dan lingkungannya.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang hunian adaptif bencana banjir rob akibat perubahan iklim di Desa Jeruksari, Kota Pekalongan, ditemukan beberapa penerapan prinsip hunian adaptif diantaranya:

- Pada kasus hunian berupa rumah tinggal, masyarakat melakukan adaptasi dengan menerapkan prinsip menaikkan level lantai setinggi 30 cm hingga 40cm setiap tahunnya. Namun, menaikkan level lantai membutuhkan biaya yang tidak murah sehingga dalam jangka waktu yang lama akan cukup membebani secara ekonomi.
- Hunian adaptif di Desa Jeruksari juga terlihat dari modifikasi elemen desain interior ruangan. Penggunaan dinding partisi dari kayu yang mudah dibongkar-pasang, modifikasi pada material bukaan pintu, dan penggunaan perabot ruangan yang mudah ditata sehingga ruangan

menjadi lebih fleksibel dan mudah ditata ulang ketika terjadi bencana rob.

- Penggunaan material yang mudah didapatkan serta mudah untuk dibongkar pasang merupakan hal yang penting dalam menciptakan suatu hunian adaptif di daerah rawan banjir rob. Hal ini dikarenakan hunian adaptif membutuhkan material yang fleksibel dan mudah diubah sesuai dengan kebutuhan dan sebagai respon terhadap bencana.

Desa Jeruksari merupakan salah satu desa yang terdampak banjir rob dan mengalami adaptasi dari banyaknya desa di Indonesia yang juga memiliki kondisi yang sama, terutama desa-desa yang berada di wilayah pesisir pantai utara Jawa. Meskipun penerapan adaptasi di Desa Jeruksari ini belum sepenuhnya optimal, tetapi dari Desa Jeruksari, kita dapat memahami bahwa untuk membuat desain hunian yang adaptif terhadap banjir rob tidak hanya sebatas menaikkan level lantai, tetapi penyedia ruang penampungan air dan membuat lantai mengapung juga perlu diperhatikan. Selain itu pemilihan material juga penting, terutama material-material yang tahan dengan jenis air laut, seperti kayu dan beton. Dengan memperhatikan prinsip-prinsip tersebut diharapkan dapat membuat sebuah desa lebih adaptif terhadap kondisi iklim terutama yang menyebabkan bencana banjir rob.

Penelitian ini berkontribusi dalam ilmu arsitektur serta mitigasi bencana. Di dalam mitigasi bencana tidak hanya tindakan preventif penyelamatan masyarakat saja yang diutamakan, tetapi langkah kedepan terkait dengan menyelamatkan ruang hunian masyarakat juga perlu dilakukan, sehingga ilmu arsitektur juga berperan pada ilmu mitigasi bencana. Penelitian ini hanya terbatas pada studi kasus di Desa Jeruksari, Kota Pekalongan. Belum tentu solusi adaptif di Desa Jeruksari dapat diimplementasikan di desa lain yang juga terdampak bencana banjir rob. Demikian solusi adaptif di Desa Jeruksari ini belum bisa dikatakan optimal karena masih sebatas konsep desain. Perlu penelitian lebih lanjut untuk melihat keoptimalan desain adaptif tersebut untuk melengkapi hasil penelitian ini.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini. Khususnya kepada Universitas Diponegoro yang mendanai penelitian ini dan masyarakat Desa Jeruksari Kota Pekalongan yang telah membantu dalam pendataan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Gosling, Jonathan, Paola Sassi, Mohamed Naim, dan Robert Lark. (2013). "Adaptable Buildings: A System Approach." *Sustainable Cities and Society* 44-51.
- Karlina, Widya Rainnisa, dan Abilio Silvino Viana. (2020). "Pengaruh Naiknya Permukaan Air Laut Terhadap Perubahan Garis Pangkal Pantai Akibat Perubahan Iklim." *Jurnal Komunikasi Hukum (JKH) Universitas Pendidikan Ganesha* 575-586.
- Liquete, C, I G. Zulian, A Delgado, Stips, dan J Maes. (2013). "Assessment of coastal protection as an ecosystem service in Europe." *Ecological Indicators* 205-217.
- Marfai, Muh Aris. (2014). "Impact of sea level rise to coastal ecology: A case study on the northern part of java island, Indonesia." *Quaestiones Geographicae* 107-114.
- Ngo, Le-Minh, Le Thi Kieu, Hai-Yen Hoang, dan Hai-Binh Nguyen. (2020). "Experiences of Housing Adapted to Sea Level Rise and Applicability for Houses in the Can Gio District, Ho Chi Minh City, Vietnam." *Sustainability* 1-14.
- Nuraini, Cut, dan Suprayitno. (2021). "Karakter Lingkungan Perumahan Berbasis Space Attachment Yang Adaptif Dan Responsif di Mandailing." *Jurnal Arsitektur NALARs* 61-72.
- Philokyprou, Maria, Aimilios Michael, Eleni Malaktou, dan Andreas Savvides. (2017). "Environmentally responsive design in Eastern Mediterranean. The case of vernacular architecture in the coastal, lowland and mountainous regions of Cyprus." *Building and Environment* 91-109.
- Rahadiati, Ati, Ernik Yuliana, Rani Hafsaridewi, Benny Khairuddin, Luh Putu Ayu Safitri Citra Kusuma, Robert Perangin Angin, Hasan Eldin Adimu, Jotham S.R Ninef, Muliani Galib, dan Sudirman Adibrata. (2018). "Model Spasial Temporal Dampak Kenaikan Muka Air Laut Terhadap Permukiman Penduduk di Pulau Kecil (Kasus: Pulau Karimunjawa Dan Pulau Kemujan, Kabupaten Jepara)." *Jurnal Matematika, Sains, dan Teknologi*, 138-151.
- Sapoetra, Natasha Jeanette. (2021). "Hunian Adaptif Sebagai Revitalisasi Permukiman Kumuh Kampung Rawa Bengkek." *STUPA* 1787-1802.
- Setyawan, E, F Muhammad, dan B Yulianto. (2015). "Kesesuaian dan daya dukung kawasan untuk Ekowisata Mangrove di Desa Pasarbanggi Kabupaten Rembang, Jawa Tengah." *Ekosains* 7(3).
- Suhelmi, Ifan Ridlo. (2013). "Pemetaan Kapasitas Adaptif Wilayah Pesisir Semarang Dalam Menghadapi Genangan Akibat Kenaikan Muka Air Laut Dan Perubahan Iklim." *Forum Geografi* 81-92.

# STRATEGI PEMULIHAN KONDISI PASCA BENCANA OLEH PENGHUNI MELALUI PENYESUAIAN RUMAH PADA HUNTAP RISHA CIANJUR

## *Post Disaster Recovery Strategy by Residents Through Housing Adjustment at RISHA Settlement Cianjur*

**Desti Ayu Setia Hidayati, Joko Adianto**

Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia  
Jalan Prof. DR. Ir R Roosseno, Kukusan, Kecamatan Beji, Kota Depok, Jawa Barat  
Surel: destiayusetia96@gmail.com, joko.adianto@ac.ui.id

Diterima : 3 Januari 2025 ;      Disetujui : 24 Maret 2025

### **Abstrak**

*Kejadian bencana alam di Indonesia meningkat akibat krisis perubahan iklim yang berdampak pada hilangnya tempat tinggal serta modal penghidupan para korban. Sebagai upaya mengurangi risiko bencana, hunian berteknologi RISHA menjadi solusi Pemerintah bagi korban yang direlokasi. Kurangnya pertimbangan terhadap sumber penghidupan masyarakat mengakibatkan timbulnya masalah baru, seperti fenomena penyesuaian rumah. Hasil survei menunjukkan adanya penyesuaian menggunakan material lain selain komponen RISHA, meskipun ada ketentuan tidak boleh melakukan perubahan pada hunian. Sampai saat ini, evaluasi penilaian kepuasan penghuni terhadap hunian RISHA belum dilakukan secara empiris, sehingga dikhawatirkan luput melihat kebutuhan masyarakat yang sebenarnya. Studi ini bertujuan untuk menilai tingkat kepuasan penghuni terhadap hunian RISHA pasca bencana dan mengidentifikasi adaptasi merumah pada hunian dikaitkan dengan strategi memperbaiki modal penghidupan. Metode kuantitatif melalui survei angket terhadap 232 penghuni menghasilkan penilaian kepuasan hunian pada skor 69,70% (cukup puas), sementara metode kualitatif melalui observasi serta wawancara mendalam menyimpulkan bahwa housing adjustment menjadi strategi penghuni untuk mengatasi ketidakpuasan merumah dan membangun kembali modal penghidupan. Temuan ini memberikan masukan terhadap kebijakan penyediaan hunian pasca bencana, dimana penyesuaian pada hunian RISHA selayaknya tidak dinilai sebagai hal negatif, namun justru perlu mendapatkan pendampingan dan dukungan dari pemerintah sebagai bagian dari upaya pemulihan kondisi korban pasca direlokasi.*

**Kata Kunci:** *Penyesuaian rumah, ketidakpuasan merumah, kepuasan merumah, hunian pasca bencana, modal penghidupan, RISHA*

### **Abstract**

*Natural disasters in Indonesia are increasing due to climate change and impacts on the loss of housing and livelihood for the victims. For future disaster risk reduction, the Governments used RISHA housing technology for resettlement. Lack of consideration of post-disaster livelihood in the resettlement programs has resulted in the emergence of the housing adjustment phenomenon. Initial surveys showed that adjustments were done using materials other than RISHA components, though there were prohibitions to make physical changes to housing. Evaluation of resident's satisfaction with RISHA housing in Indonesia has not been carried out empirically, so it might fail to see the real needs of the community. This study aims to assess the level of satisfaction with RISHA housing and identify their housing adjustment as strategies for improving livelihood. A questionnaire survey of 232 respondents resulted in a satisfaction level of 69.70% (moderate), while through observation and in-depth interviews, it concluded that housing adjustment is a strategy to overcome the housing deficit and rebuild livelihood. These findings provide input for post-disaster housing policies, where adjustments to RISHA housing should not be seen as negative things, but instead require assistance and support from the government as efforts to restore the community's livelihood after resettlement.*

**Keywords:** *Housing adjustment, housing deficit, housing satisfaction, livelihood capitals, post-disaster settlement, RISHA*

## PENDAHULUAN

Kejadian bencana alam meningkat seiring dengan dampak perubahan iklim di seluruh dunia (IFRC, 2022). Selain perubahan iklim, kondisi geologis suatu wilayah juga berpotensi memicu terjadinya bencana alam. Sejak tahun 2000 – 2021, tercatat telah terjadi 26 gempa bumi merusak di Indonesia (Kementerian ESDM, 2021). Dampaknya tidak hanya merusak infrastruktur fisik, namun juga mengakibatkan perubahan besar pada ketahanan sosial masyarakat. Bencana alam menyebabkan gangguan serius terhadap fungsi suatu komunitas masyarakat, serta menimbulkan kerugian berupa kehilangan nyawa, kerugian materiil, ekonomi, dan juga lingkungan (UNDRR, 2017; Al-Jazairi, 2018). Dampak lebih lanjut terhadap kerentanan sosial, masyarakat kehilangan kemampuan untuk beradaptasi terhadap situasi pascabencana dengan kemampuannya sendiri (IFRC, 2022). Oleh karena itu, pemenuhan kebutuhan korban pascabencana perlu dibantu oleh Pemerintah maupun lembaga sosial lainnya.

Korban bencana membutuhkan bantuan untuk memenuhi kebutuhan dasarnya. Berdasar 6 hierarki kebutuhan korban bencana, yang paling dasar yaitu makanan, air, dan tempat tinggal, harus dipenuhi sebelum kebutuhan lain dapat dicapai (Jordan, 2015). Sayangnya, program pemukiman kembali pascabencana seringkali kurang melibatkan partisipasi masyarakat dalam perencanaannya, sehingga menyebabkan ketidakpuasan terhadap hunian yang disediakan (Dickinson, 2013; Iuchi dan Mutter, 2020). Kritik lebih lanjut yaitu pada pemilihan lokasi relokasi yang jauh dari sumber penghidupan sebelumnya (Pormon et al., 2023; Carrasco et al., 2017), kondisi fasilitas umum dan sosial yang lebih buruk dibandingkan tempat tinggal sebelumnya (Kamacl-Karahan dan Kemeç, 2022), juga pada rancangan dan kualitas hunian yang tidak memadai (Kamruzzaman et al., 2022; Manatunge dan Abeysinghe, 2017). Dampak dari ketidakpuasan tersebut menyebabkan terjadinya mobilitas rumah tangga dari pemukiman yang disediakan (Kamacl-Karahan dan Kemeç, 2022) atau modifikasi atribut fisik hunian (Carrasco et al., 2017) untuk menyesuaikan dengan norma rumah dan kebutuhan mereka.

Solusi penyediaan hunian pascabencana dianggap tidak mempertimbangkan kebutuhan aktual para korban sebagai konsekuensi dari pertimbangan teknis seperti keterbatasan waktu, biaya, dan permasalahan teknis (Johnson, 2012; Manatunge dan Abeysinghe, 2017; Kamacl-Karahan dan Kemeç, 2022). Selain itu, sering kali tidak diikuti dengan pendampingan dan evaluasi lebih lanjut (Joakim dan Wismer, 2015) kepada penghuni terkait upaya meningkatkan penghidupan dan menciptakan sumber daya baru, untuk

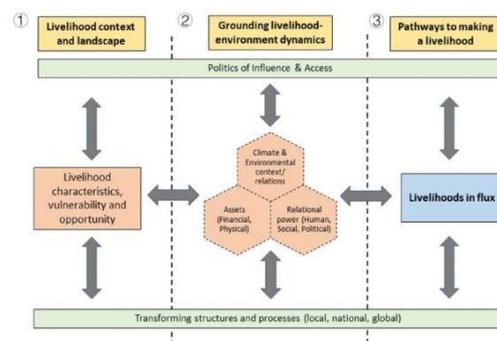
mewujudkan pemulihan berkelanjutan secara mandiri. Di Indonesia, Pemerintah memberikan bantuan penyediaan perumahan pascabencana berteknologi RISHA. Rumah Instan Sederhana Sehat (RISHA) merupakan rumah modular prefabrikasi yang dikembangkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), dan teruji aman menahan guncangan saat dibangun di wilayah gempa 6 dengan kondisi tanah keras (Bachroni, 2008). RISHA terdiri dari 2 kamar tidur, 1 ruang tamu, 1 kamar mandi, dapur *semi outdoor* di belakang, dan teras di bagian depan, dengan luas total 36 m<sup>2</sup> (Kementerian PUPR, 2022). RISHA menjadi solusi penyediaan kebutuhan hunian pascabencana dengan waktu produksi yang cepat dan memenuhi standar rumah layak huni sesuai indikator SDGs. Meskipun demikian, implikasi lebih lanjut dari penggunaan RISHA terhadap kehidupan dan penghidupan masyarakat pasca pemukiman kembali belum pernah dievaluasi secara empiris. Evaluasi dari sisi manajerial dilakukan sebatas pada proses penyediaan hingga capaian unit terbangun (Kementerian PUPR, 2024), sehingga dikhawatirkan belum melihat kebutuhan masyarakat sebenarnya. Fenomena *housing adjustment* yang ditemukan pada hunian pascabencana, berdasarkan teori Morris dan Winter (1975), menandakan adanya upaya penghuni dalam mengatasi *housing deficit* yang dirasakan akibat tidak terpenuhinya norma perumahan maupun kebutuhan penghuni di dalam rumah dan berakibat pada rendahnya penilaian kepuasan penghuni terhadap hunian yang ditempati. Berdasarkan hal itu, penelitian ini bertujuan untuk menilai tingkat kepuasan warga terhadap hunian RISHA, serta mengidentifikasi penyesuaian atau *housing adjustment* yang terjadi dan mengaitkannya dengan upaya warga dalam meningkatkan modal penghidupan. Selain itu, penelitian ini juga bermaksud memberikan rekomendasi usulan kerangka kerja dalam program pemulihan pascabencana.

Kepuasan perumahan (*housing satisfaction*) merupakan salah satu indikasi terpenuhinya kebutuhan penghuni dalam rumah, dimana norma keluarga dan budaya atau lingkungan yang dianut dapat diakomodasi oleh kondisi rumah yang ditempati (Morris dan Winter, 1975). Penelitian menemukan bahwa kepuasan perumahan memiliki penilaian yang subjektif dan multidimensi (Wang dan Wang, 2016; Smrke et al., 2018; Aigbavboa dan Thwala, 2018). Penelitian berbasis survei angket penilaian kepuasan perumahan, mengukur kualitas fisik rumah, kepemilikan rumah (Allen et al., 2023), fasilitas lingkungan, dan faktor lingkungan sosial ekonomi (Adriaanse, 2007; Wang dan Wang, 2016; Smrke et al., 2018; Biswas et al., 2018; Pormon et al., 2023).

Relokasi masyarakat dari wilayah rawan bencana merupakan solusi kebijakan yang paling sering dilakukan (Iuchi, 2023). Meskipun demikian, perbedaan kondisi lingkungan dan tempat tinggal di lokasi awal dengan lokasi relokasi, sering kali menjadi kritik akan ketidakpuasan masyarakat terhadap bantuan yang diberikan. Permasalahan yang timbul pasca penghunian adalah hilangnya sumber penghidupan warga, sehingga kondisi perekonomian memburuk (Johnson, 2012; Iuchi dan Mutter, 2020; Iuchi, 2023). Selain itu, terjadi perubahan struktur sosial pada masyarakat dan segmentasi dalam komunitas akibat keberagaman kondisi masyarakat yang baru dipindahkan (Iuchi dan Mutter, 2020). Hal ini diakibatkan kurangnya pendampingan dari Pemerintah pasca penghunian dilakukan (Joakim dan Wismer, 2015), yang menyebabkan tidak adanya kontrol di lapangan terhadap kondisi masyarakat, sehingga menimbulkan masalah baru di lokasi salah satunya fenomena *housing adjustment* pada hunian yang menyalahi aturan (Carrasco et al., 2017; Kamruzzaman et al., 2022). Beberapa *adjustment* yang ditemui di hunian pasca bencana memperlihatkan upaya penghuni untuk meningkatkan fungsi hunian mereka, baik untuk menampung lebih banyak anggota keluarga maupun menampung kegiatan ekonomi (Carrasco et al., 2017; Tsai et al., 2022; Pormon et al., 2023). Tidak adanya pengaturan lebih lanjut mengenai *adjustment* pada hunian, juga keterbatasan modal finansial penghuni dalam menyediakan material yang layak, berakibat pada ekspansi atau modifikasi hunian menggunakan material yang kurang layak dan dikhawatirkan dapat menjadi sumber permasalahan baru seperti kumuh.

Selain *adjustment* yang tidak terarah, timbulnya konflik internal dalam komunitas juga menjadi penghambat bagi pemulihan kondisi kehidupan warga pasca direlokasi. Pemulihan kembali kehidupan para korban bencana akan menjadi lebih berhasil dilakukan dengan membentuk komunitas masyarakat yang lebih tangguh (Pormon et al., 2023; Iuchi dan Mutter, 2020). Pengaturan komunitas pada program pemukiman kembali pasca bencana dapat membantu masyarakat bangkit lebih cepat (Kim dan Olshansky, 2014; Iuchi dan Mutter, 2020), terlebih jika dikaitkan dengan strategi untuk memperbaiki modal penghidupan bersama. Penanganan korban bencana melalui relokasi berkaitan erat dengan upaya membangun kembali penghidupan (Johnson, 2012; Iuchi dan Mutter, 2020; Iuchi, 2023). Penghidupan atau *livelihood* adalah cara paling sederhana yang dapat dilakukan masyarakat untuk menata kembali hidupnya (Chambers dan Conway, 1992; dalam Natarajan et al., 2022), setelah mengalami perubahan besar akibat bencana. *Sustainable Livelihood Approach*

(SLA) menjadi teori yang populer digunakan oleh praktisi dalam pengembangan kawasan pinggiran atau rural (Natarajan et al., 2022). Fokus dari SLA adalah pada kemampuan masyarakat dalam berinisiatif (Molosi- France dan Dipholo, 2020) untuk mengembangkan tidak hanya kondisi ekonomi, namun juga memanfaatkan modal penghidupan yang dimilikinya dan secara berkelanjutan melakukan aktivitas yang dapat meningkatkan kualitas kehidupan dan keluarganya. Natarajan et al. (2022) menekankan SLA sebagai sebuah kerangka kerja dalam praktik pengembangan masyarakat rentan di wilayah rural di abad 21, melalui pendekatan relasional antar-elemen SLA dengan kekuasaan terstruktur (*political influence and access*) dan akses relasi terhadap transformasi jaringan (*networking*) di luar komunitas yang lebih luas pada tingkat lokal, nasional maupun global. Keterbukaan informasi dimanfaatkan dalam pengembangan penghidupan masyarakat dan menjadi strategi yang berkelanjutan dalam memperbaiki penghidupan mereka. Interaksi dari modal penghidupan, yang terdiri dari kapasitas keahlian (*human*), pendapatan (*financial*), fisik (*physical*), sosial (*social*), dan sumber daya alam (*nature*) diformulasikan dalam kategori relasi yang dinamis (Natarajan et al., 2022).



**Gambar 1 Sustainable Livelihood Framework untuk abad 21**  
sumber: (Natarajan et al., 2022)

Selain melakukan evaluasi kepuasan penghuni, fenomena *housing adjustment* pada hunian RISHA juga ditinjau melalui pendekatan modal penghidupan (SLA), yang dilihat sebagai kerangka kerja dalam mengidentifikasi strategi pemanfaatan ruang masyarakat sebagai upaya untuk memperbaiki modal penghidupan mereka.

## METODE

Studi ini menggunakan metode penelitian gabungan (Creswell, 2014). Pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengukur indeks kepuasan penghuni melalui survei angket yang meliputi penilaian terhadap komponen bangunan rumah (*dwelling unit*), fasilitas lingkungan (*neighbourhood facilities*) dan

kondisi sosial ekonomi lingkungan (*socio-economy environment*) (Adriaanse, 2007). Proses adaptasi berupa penyesuaian rumah merupakan respon penghuni terhadap *housing deficit* (Morris dan Winter, 1975) atau ketidakpuasan terhadap kondisi rumah. Meskipun demikian, ada asumsi modifikasi hunian merupakan strategi penghuni dalam memanfaatkan ruang untuk memperbaiki modal penghidupan keluarga. Oleh karena itu, untuk memperoleh kesimpulan empiris terhadap fenomena *housing adjustment* pada hunian RISHA, penelitian ini dilengkapi dengan pendekatan kualitatif melalui observasi dan wawancara mendalam (Creswell, 2014).

Kriteria pemilihan lokasi penelitian meliputi hunian pascabencana gempa bumi berteknologi RISHA yang dibangun dalam kurun waktu 2 tahun terakhir dan telah dihuni minimal 6 bulan untuk melihat bentuk adaptasi yang dilakukan oleh penghuni, setelah masa pemeliharaan selesai dan diserahkan pengelolaan dan pemeliharaan selanjutnya kepada penghuni. Berdasarkan kriteria, lokasi yang dipilih adalah rumah khusus bagi korban bencana gempa bumi Cianjur yang terjadi pada 21 November 2022, di Kabupaten Cianjur, Jawa Barat. Pemerintah menyediakan hunian tetap bagi warga yang direlokasi dari wilayah Zona Sesar Cugenang, serta warga yang rumahnya termasuk dalam kategori rusak berat akibat gempa dan tidak dimungkinkan dibangun kembali di lokasi awal (BPKP RI, 2023). Lokasi terpilih adalah hunian RISHA Tahap I di Desa Sirnagalih, Kecamatan Cilaku, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat, yang selesai dibangun dan telah dihuni oleh masyarakat korban bencana sejak bulan Maret 2023 (Gambar 2).



**Gambar 2** Site Plan Lokasi Huntap Sirnagalih (sumber: Citra Satelit Google Maps- 29 April 2024)

Total penghuni perumahan RISHA Desa Sirnagalih adalah 200 KK dan berasal dari 5 kampung yang berbeda, yaitu Desa Nagrak, Desa Mangunkerta, Desa Cijedil, Desa Benjot, dan Desa Sarampad (Pemerintah Kabupaten Cianjur, 2023). Lokasi hunian lama berjarak 8 – 18 km dari lahan relokasi

hunian yang baru. Sulitnya akses transportasi dari lokasi baru ke kampung yang lama, berakibat pada hilangnya sumber penghidupan masyarakat. Dalam pengaturan pembagian hunian RISHA, masyarakat dikelompokkan ke dalam blok hunian berdasarkan zonasi daerah asal sebagai upaya untuk mempertahankan relasi sosial dengan tetangga yang berasal dari kampung yang sama. Jumlah populasi dewasa terverifikasi di lokasi sebanyak

412 orang, selanjutnya jumlah responden yang dibutuhkan untuk mewakili penilaian kepuasan dihitung berdasarkan perhitungan rumus Slovin (Kaur, 2017):

$$N = P(100\%-P)/(SE)^2$$
$$SE = MRE/1.96$$

Pada persamaan di atas, N merupakan jumlah sampel responden yang dibutuhkan, P adalah standar deviasi 50%, SE merupakan *Standar Error of The Mean*, dan MRE adalah *Margin of Error* yang ditetapkan sebesar 5%, sedangkan 1.96 merupakan koefisien confidence level dari 95%. Berdasarkan hasil perhitungan Slovin di atas, dibutuhkan responden angket kepuasan sebanyak 200 partisipan.

Angket ini terlebih dahulu diuji-cobakan (*pilot test*) kepada enumerator lokal untuk melihat kejelasan pemahaman responden terhadap pertanyaan yang diberikan, sebelum ditanyakan kepada warga penghuni lainnya. Survei angket dilakukan secara *door to door* terhadap 200 unit hunian yang ada. Berdasarkan kesediaan responden dan juga keberadaan penghuni di lokasi, diperoleh 232 responden yang mewakili 138 unit hunian RISHA.

Pengukuran tingkat kepuasan mencakup penilaian terhadap kondisi fisik bangunan, fasilitas lingkungan, dan kondisi sosio ekonomi lingkungan. Pembagian pertanyaan dikelompokkan menjadi 2, mencakup pertanyaan

terkait data sosio-ekonomi- demografi penghuni sebagai kontrol dan validasi identitas dari penghuni berdasarkan data penduduk yang diperoleh, dan pertanyaan kepuasan berskala *Likert 1-5* (sangat puas - sangat tidak puas). Survei angket ini dilakukan dari bulan Januari akhir hingga awal April 2024.

Pada tahapan kualitatif, dalam menentukan sampel informan untuk proses wawancara mendalam, peneliti terlebih dahulu melakukan observasi dan pendokumentasian terhadap bentuk modifikasi seluruh hunian di lokasi. Selanjutnya, kriteria informan yang dipilih adalah warga yang bersedia untuk diwawancara dan didokumentasikan huniannya, warga yang melakukan *adjustment* untuk menampung kegiatan ekonomi, dan berdasarkan analisis data awal hasil survei angket, kriteria tambahan adalah warga yang mengalami kenaikan pendapatan pasca direlokasi. Seluruh informan telah memberikan kesediaan untuk

diwawancara, direkam, dan diambil dokumentasi foto perubahan yang terjadi pada hunian RISHA mereka.

Pada pengolahan data, hasil survei angket dianalisis untuk menjelaskan hubungan karakteristik responden dengan hasil penilaian, kemudian analisis regresi linear berganda pada pertanyaan berbentuk penilaian berskala Likert dilakukan untuk mengetahui variabel signifikan yang mempengaruhi penilaian. Selanjutnya, penilaian dianalisis untuk mencari indeks tingkat kepuasan dengan membuat penilaian per komponen dan penilaian secara keseluruhan, berdasarkan perhitungan indeks kepuasan yang diadopsi dari Pormon et al., 2023:

$$Ikk = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{\sum_{i=1}^n Y_i} \times 100$$

Pada persamaan di atas, Ikk merupakan Indeks Kepuasan komponen, N adalah jumlah variabel yang diukur dalam komponen,  $y_i$  merupakan penilaian responden, dan  $Y_i$  adalah total dari penilaian pada skala tertinggi.

$$IKT = \frac{\sum_{i=1}^n du_i + \sum_{i=1}^n nfi + \sum_{i=1}^n see_i}{\sum_{i=1}^n DU_i + \sum_{i=1}^n NF_i + \sum_{i=1}^n SEE_i} \times 100$$

IKT merupakan Indeks Kepuasan Total atau keseluruhan, sementara  $du_i$ ,  $nfi$ , dan  $see_i$  mewakili penilaian asli responden pada setiap  $i$  variabel dalam masing-masing komponen.  $DU_i$ ,  $NF_i$ , dan  $SEE_i$  adalah penilaian maksimal yang dapat diperoleh dari setiap komponen.

Mengadopsi dari (Pormon et al., 2023), penilaian berbentuk angka presentase (%) diinterpretasikan berdasarkan rentang penilaian minimal di angka 20% dan maksimal 100%. Kategori tingkat kepuasan (%) dibagi menjadi: Tingkat Kepuasan Sangat Rendah (20-40), Tingkat Kepuasan Rendah (41-60), Tingkat Kepuasan Moderat / Cukup Puas (61-80), dan Tingkat Kepuasan Tinggi (81-100). Selanjutnya, untuk menjelaskan fenomena *housing adjustment* yang dilakukan penghuni RISHA, analisis statistik kepuasan dilengkapi dengan hasil analisis dari observasi modifikasi fisik bangunan, serta analisis konten dari hasil wawancara mendalam.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Indeks Kepuasan Penghuni

Kepuasan penghuni diukur berdasarkan penilaian angket pada komponen hunian (*Dwelling Unit* - DU), fasilitas lingkungan kawasan (*Neighborhood Facilities* - NF), dan kondisi sosio ekonomi lingkungan (*Socio Economy Environment* - SEE). Penilaian dalam tahap analisis ini diterjemahkan

sebagai berikut; nilai 1 – sangat tidak puas, nilai 2 – tidak puas, nilai 3 – biasa saja, nilai 4 – puas, dan nilai 5 – sangat puas. Hasil pengukuran reliabilitas *Cronbach's Alpha* adalah 0.983, yang berarti jawaban konsisten dan dapat diandalkan.

Secara keseluruhan, nilai Mean pada masing-masing komponen berada di atas 3, yang menunjukkan penilaian penghuni cenderung pada “puas”. Penilaian mereka terhadap kondisi hunian saat ini menggambarkan kepuasan terhadap kondisi hunian setelah dilakukan adaptasi maupun *adjustment* selama menghuni kurang lebih 10 – 11 bulan. Nilai ini dapat berubah seiring bertambahnya waktu maupun adanya perubahan kondisi lain di masa mendatang. Indeks kepuasan penghuni terhadap masing-masing komponen (IKK) serta Indeks kepuasan total (IKT) berdasarkan rumus perhitungan, diperoleh sebagai berikut:

**Tabel 1** Indeks Kepuasan per Komponen

Komponen	IKK (%)	IKT (%)
Hunian Risha (DU)	68.73	
Fasilitas Lingkungan (NF)	72.82	69.70% (Cukup Puas)
Sosio-Ekonomi Lingkungan (SEE)	71.69	

Berdasarkan kategori level kepuasan yang dibuat, Nilai Indeks Kepuasan Total (IKT) atau nilai kepuasan keseluruhan penghuni terhadap ketiga komponen tersebut dihasilkan angka 69.70%, yang menunjukkan penghuni cukup puas terhadap hunian RISHA, dengan catatan telah terjadi proses adaptasi dan penyesuaian oleh penghuni selama mereka tinggal. Sementara itu, nilai terendah IKK terlihat pada komponen hunian RISHA (DU) menunjukkan adanya *housing deficit* yang dirasakan oleh penghuni

### Faktor yang Berpengaruh dalam Penilaian

Hasil pengolahan data yang dilakukan (Tabel 3) menjelaskan adanya pengaruh signifikan jumlah tanggungan atau anggota keluarga (0.136,  $p=0.001$ ) dalam satu rumah yang memberikan pengaruh positif terhadap penilaian hunian. Bertentangan dengan studi (Pormon et al., 2023) yang menyatakan jumlah tanggungan memberikan pengaruh negatif pada kepuasan, banyaknya jumlah tanggungan di hunian RISHA Cianjur, berarti bertambah pula jumlah pendapatan keluarga dan secara signifikan (0.208,  $p=0.014$ ) mempengaruhi peningkatan kepuasan terhadap hunian. Sedangkan pengeluaran bulanan penghuni (-0.303,  $p=0.000$ )

memberikan pengaruh negatif yang signifikan terhadap penilaian kepuasan.

Karakteristik penghuni tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap penilaian kepuasan fasilitas

**Tabel 2** Hubungan Karakteristik Penghuni terhadap Penilaian Kepuasan

Variabel	Komponen <i>Housing Satisfaction</i>		
	DU	NF	SEE
R <sup>2</sup> ( <i>R square</i> )	0.190	0.056	0.072
Jenis Kelamin	0.037 (.221)	0.022 (.511)	-0.012 (.637)
Usia	-0.034 (.632)	-0.064 (.427)	<b>-0.133</b> <b>(.029)*</b>
Jenis Pekerjaan	0.038 (.230)	-0.034 (.343)	0.006 (.825)
Pendidikan Terakhir	0.028 (.150)	0.035 (.115)	0.030 (.076)
Status Perkawinan	-0.072 (.295)	0.019 (.804)	0.030 (.609)
Jumlah Tanggungan	<b>0.136</b> <b>(.001)*</b>	0.090 (.056)	<b>0.117</b> <b>(.001)*</b>
Pendapatan	<b>0.208</b> <b>(.014)*</b>	0.143 (.136)	-0.580 (.420)
Pengeluaran	<b>-0.303</b> <b>(.000)*</b>	-0.086 (.145)	-0.063 (.156)

\*Significant level  $p < 0.05$

lingkungan, namun pada kondisi sosio ekonomi lingkungan, semakin lanjut usia (-0.133,  $p=.029$ ) semakin menurun penilaian terhadap kondisi sosio ekonomi lingkungan, sedangkan banyaknya anggota keluarga menjadi pengaruh positif (0.117,  $p=.001$ ) pada kepuasan penghuni. Hasil analisis lebih rinci pada kondisi sosio ekonomi lingkungan (Tabel 3), menunjukkan adanya pengaruh negatif pada aspek keamanan (-0.306,  $p=.000$ ), kebersihan (-0.138,  $p=.042$ ), kerukunan bertetangga (-0.210,  $p=.001$ ) di dalam lingkungan terhadap penilaian kepuasan. Lansia yang tidak lagi berada di usia produktif, menjadi kelompok paling rentan di lokasi pemukiman ini, karena keterbatasan kemampuan yang mereka miliki. Iuran rutin (-0.141,  $p=.018$ ) dan biaya lain yang dikeluarkan menjadi beban ekonomi penghuni dan menunjukkan penilaian kepuasan di bawa rata-rata ( $MS=2.8189$ ). Hadirnya anak dan anggota keluarga yang menjadi sumber pemasukan tambahan bagi keluarga menjadi dukungan penghidupan bagi mereka.

Hal ini juga berkesesuaian dengan studi mengenai *intergenerational family support* (Mulder dan Smits, 2013; Adianto dan Gabe, 2022), dimana *sharing* sumber daya atau pendapatan dimanfaatkan penghuni untuk mengatasi *housing deficit* yang dirasakan. Analisis ini juga didukung dengan hasil wawancara mendalam terhadap warga, yang menyatakan bahwa berbagi beban pengeluaran

hidup dengan keluarga menjadi salah satu cara untuk mengatasi kesulitan yang dihadapi di hunian yang baru, misalnya seperti iuran listrik, air, dan sampah yang dibayarkan oleh anggota keluarga lain, dalam hal ini anak-anak yang bekerja merantau membantu meringankan biaya hidup orang tuanya setelah direlokasi ke hunian RISHA. Peningkatan biaya hidup dirasakan sebagian besar penghuni yang sudah lanjut usia, karena di lokasi ini warga tidak memperoleh subsidi untuk token Listrik.

## Penilaian Penghuni pada Rancangan

**Tabel 3** Kesesuaian Aspek Sosio-Ekonomi Lingkungan terhadap Penilaian Kepuasan

Variabel	MS	Coef.	Sig.
keamanan lingkungan	3.7112	<b>-0.306</b>	<b>.000**</b>
kebersihan lingkungan	3.7284	<b>-0.138</b>	<b>.042*</b>
kerukunan bertetangga	3.7801	<b>-0.210</b>	<b>.001**</b>
Pengeluaran biaya hidup lebih tinggi daripada sebelumnya	3.8836	-0.015	.821
Iuran rutin menjadi beban (iuran sampah, keamanan, air, dll)	2.8189	<b>-0.141</b>	<b>.018*</b>

MS= Mean Score, significant level \*)  $p < 0.05$ ; \*\*)  $p < 0.01$   
Dependent: Penilaian Hunian, Adjusted R<sup>2</sup> = 0.238

## Hunian RISHA

Untuk menjelaskan *housing deficit* yang dirasakan, dilakukan analisis lanjut terhadap penilaian komponen bangunan. Hasil analisis menunjukkan bahwa penilaian terhadap ketinggian atap

**Tabel 4** Komponen Struktur RISHA dan ATAP terhadap Penilaian Hunian

Variabel	MS	Coef.	Sig.
Struktur RISHA membuat merasa aman	3.724	-0.088	.166
Pengaturan Perabot di hunian RISHA mudah	3.594	-0.010	.864
Struktur atap baja ringan, aman dan mudah perawatannya	3.512	<b>-0.229</b>	<b>.001**</b>
Ketinggian langit-langit dan atap cukup untuk sirkulasi udara	<b>2.950</b>	0.059	.152
Ukuran panjang dan lebar atap dapat menahan tampias	3.248	<b>-0.230</b>	<b>.000**</b>

MS= Mean Score, significant level \*)  $p < 0.05$ ; \*\*)  $p < 0.01$   
Dependent: Penilaian Hunian, Adjusted R<sup>2</sup> = 0.218

bangunan berada di bawah rata-rata nilai kepuasan ( $MS=2.905$ ), dan didukung oleh jawaban para

responden terkait kondisi di dalam hunian yang dirasakan sangat panas ketika siang hari.

Secara signifikan variabel yang menyebabkan ketidakpuasan terhadap rancangan atap hunian adalah pada penggunaan struktur atap baja ringan (-.229,  $p=.000$ ) dan ukuran panjang lebar atap dalam menahan tampias hujan dan panas (-.230,  $p=.000$ ). Hal ini juga didukung dari data observasi maupun wawancara mendalam, dimana terdapat tampias air hujan yang masuk melalui celah pintu ke area dalam rumah akibat hujan angin apabila atap tidak diberikan intervensi rancangan berupa penambahan kanopi teras atau kerai / spanduk sebagai penahan tampias air hujan (Gambar 3).



**Gambar 3** *Adjustment* penambahan kanopi teras (paling kiri rancangan awal tanpa kanopi) (Sumber: penulis- 12 Januari 2024)

Sejalan dengan teori Morris dan Winter (1975), penyesuaian dilakukan untuk mengatasi *housing deficit* yang dirasakan pada rancangan atap. Selain itu, berdasarkan data yang ditemui di lapangan, penyesuaian atap ternyata juga dilakukan untuk menunjang penghidupan mereka, dan berkesesuaian dengan studi (Tsai et al., 2022). Hal ini juga diperkuat dengan hasil wawancara yang dilakukan dimana penghuni menyatakan modifikasi pada atap membantu mereka melindungi barang dagangan dan juga membuat pelanggan lebih nyaman.

Selain komponen atap rumah yang tidak mampu menahan tampias hujan, penilaian penghuni juga dipengaruhi oleh ukuran luas ruangan. Berdasarkan analisis regresi linear berganda, ukuran luas area teras depan (-.200,  $p=.001$ ) dan dapur belakang (-.107,  $p=.006$ ) memberikan pengaruh negatif yang signifikan terhadap penilaian kepuasan. Kondisi aktual di lapangan juga menunjukkan *housing adjustment* yang dilakukan penghuni dominan ditemui pada area dapur (176 unit) dan area teras depan (67 unit).

*Adjustment* dalam merespon luasan area teras depan berhubungan dengan upaya perbaikan penghidupan, dan sejalan dengan studi (Tsai et al., 2022), dimana ekstensi bangunan di area teras depan dioptimalkan untuk menampung kegiatan ekonomi penghuni (Gambar 4 & 5).

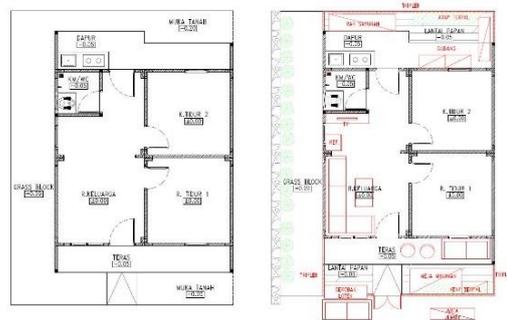
Selanjutnya, *adjustment* diamati pada dapur hunian RISHA yang berada di area belakang rumah dengan

**Tabel 5** Komponen Luasan Ruang terhadap Penilaian Hunian

Variabel	MS	Coef.	Sig.
Ukuran luas teras depan	3.439	-0.200	.001**
Ukuran luas r. keluarga	3.491	-0.047	.428
Ukuran luas kamar tidur	3.564	-0.065	.273
Ukuran luas kamar mandi	3.487	0.012	.848
Ukuran luas dapur	3.137	-0.107	.006*
<b>Ukuran luas halaman</b>	<b>3.353</b>	<b>-0.049</b>	<b>.348</b>

MS= Mean Score, significant level \*)  $p<0.05$ ; \*\*)  $p<0.01$

*Dependent:* Penilaian Hunian, Adjusted  $R^2= 0.179$



**Gambar 4** Denah perubahan dan penambahan fungsi serta luas area teras depan hunian (kiri: tipologi, kanan: perubahan) (Sumber: penulis-12 Januari 2024)



**Gambar 5** Dokumentasi perubahan dan penambahan fungsi serta luas area teras depan (Sumber: penulis- 12 Januari 2024)

desain terbuka. Rancangan dapur terbuka ini menurut informan yang diwawancara kurang sesuai dengan kondisi di lokasi, karena kurang merespon isu kenyamanan, fungsional, dan keamanan lingkungan. Kondisi dapur terbuka mengakibatkan rawan terjadinya pencurian, seperti pencurian tabung gas dan peralatan dapur lainnya. Sementara, kebersihan lingkungan dipengaruhi

oleh adanya hama tikus di lokasi, juga mengakibatkan penutupan area dapur oleh penghuni.

Perubahan pada area dapur juga menjadi kesempatan bagi penghuni untuk menambah fungsi ruang dan memperluas hunian hingga batas lahan kavling (Gambar 6 & 7). Penambahan atau ekstensi rumah selain berhubungan dengan jumlah anggota keluarga, juga dipengaruhi oleh faktor budaya dan upaya perbaikan ekonomi dari penghuni (Tsai et al., 2022). Dalam kasus ini, ekstensi dapur juga memberikan ruang penyimpanan atau gudang bagi penghuni. Hal ini terjadi karena rancangan awal tipologi hunian tidak mempertimbangkan kebutuhan dari para korban dan juga adat kebiasaan dari masyarakat dalam keseharian mereka (Kamruzzaman et al., 2022).



**Gambar 6.** Denah perubahan dan penambahan fungsi serta luas area dapur dan teras belakang (kiri: tipologi, kanan: perubahan) (Sumber: penulis- 29 Februari 2024)

Akibat keterbatasan modal, beberapa hunian yang diobservasi menunjukkan pemilihan material yang digunakan tidak layak dan dapat menimbulkan permasalahan lain seperti kebocoran atau isu kesehatan dalam bangunan (Gambar 8).

### Dilema *Housing Adjustment* pada Hunian RISHA dan Kerangka Kerja Pemulihan

Beberapa keluarga juga menjadikan penyesuaian rumah sebagai strategi dalam memperbaiki penghidupan mereka (Carrasco et al., 2017; Tsai et al., 2022). Hunian RISHA menjadi salah satu dari aset fisik (*physical capital*) penghidupan yang dapat dikembangkan dan dimanfaatkan oleh warga, selain aset keuangan (*financial capital*) dan keahlian (*human capital*) yang mereka miliki. Namun, aturan pemindahtanganan aset di Indonesia membatasi perubahan fisik pada hunian RISHA yang masih merupakan aset pemerintah. Lebih lanjut, di lokasi penelitian ini, hunian RISHA akan dihibahkan kepada masyarakat setelah masa penghunian 10 tahun. Di sisi lain, pemerintah daerah tidak memiliki anggaran untuk pemeliharaan, sehingga penghuni berkewajiban untuk menjaga dan memelihara

hunian RISHA sebagai aset yang belum dimiliki sepenuhnya oleh mereka (Pemerintah Kabupaten Cianjur, 2023).

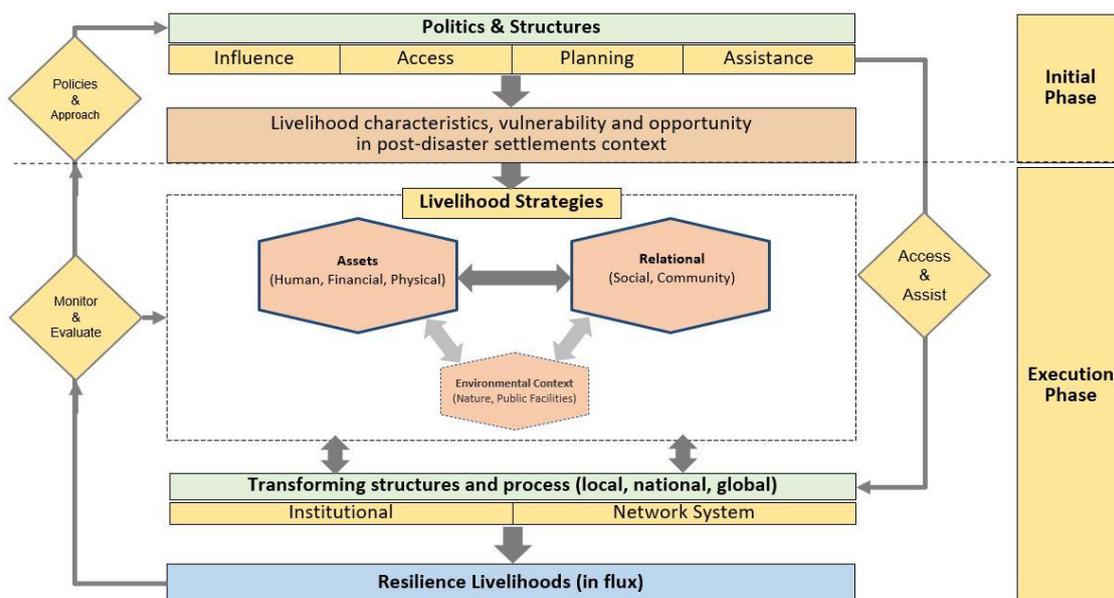


**Gambar 7.** Dokumentasi perubahan dan penambahan fungsi serta luas area dapur dan teras belakang (Sumber: penulis- 29 Februari 2024)

Pemerintah seharusnya memiliki perencanaan maupun pengaturan yang jelas terkait pengelolaan maupun pendampingan kepada masyarakat, sebagai kelanjutan dari relokasi warga dari hunian lama mereka di lokasi yang ditetapkan sebagai zona rawan bencana ke lokasi yang baru dalam bentuk bantuan hunian RISHA. Studi menyatakan, solusi penanganan bencana dari pemerintah melalui relokasi warga seringkali tidak mempertimbangkan aspek jangka panjang (Iuchi, 2014; Biswas et al., 2018). Selain dari pemerintah, dukungan dari institusi di luar komunitas (*institutional*) dan akses keterbukaan jaringan (*networking*) juga menjadi hal yang penting untuk mendukung perbaikan penghidupan mereka. Iuchi (2014) menyatakan, komunitas merupakan aktor kunci dalam menentukan keberhasilan program pemukiman kembali, di samping dari perencanaan hunian pasca bencana itu sendiri. Studi lain menyebutkan pembentukan resiliensi penghidupan komunitas perlu diawali untuk mewujudkan perbaikan penghidupan yang berkelanjutan (Yang et al., 2022). Pembentukan komunitas dengan visi yang sama untuk mencapai pemulihan penghidupan menjadi modal sosial masyarakat, dan terkadang Masyarakat yang direlokasi ke lokasi perumahan pascabencana, membutuhkan dorongan dari pihak luar. sebaiknya tidak langsung dilepas begitu saja tanpa adanya pendampingan oleh ahli. Fasilitator atau pendamping dari akademisi maupun lembaga sosial dapat mengambil peran dalam memaksimalkan potensi yang ada untuk



**Gambar 8.** Perubahan dan penambahan fungsi yang kurang layak (kiri: atap terpal, kanan: ruang tidur tambahan di seberang dapur) (Sumber: penulis-29 Februari 2024)



**Gambar 9** Usulan Kerangka Kerja Pemulihan Penghidupan Pasca Bencana di Cianjur  
(Sumber: peneliti, modifikasi dari Natarajan, et al., 2022)

membangun fungsi komunitas dengan asas gotong royong dalam memperbaiki kondisi bersama.

Usulan kerangka kerja pemulihan (Gambar 9) dapat digunakan untuk mengevaluasi pemanfaatan modal penghidupan pada masyarakat penghuni RISHA pemulihan penghidupan pada korban bencana yang direlokasi. serta langkah-langka yang perlu dilakukan oleh para pemangku kepentingan dalam mewujudkan

Selain itu, efektivitas program penyediaan hunian pasca bencana sebaiknya dimonitoring dan dievaluasi sebagai program jangka panjang (Joakim dan Wismer, 2015), untuk melihat keberhasilan dari bantuan penyediaan hunian pasca bencana dalam mengurangi kerentanan sosial dari warga terdampak bencana. Pemukiman kembali kelompok masyarakat dapat menjadi sebuah babak baru pengembangan suatu wilayah berbasis komunitas, jika dalam perencanaan dan eksekusinya dipersiapkan secara matang.

## KESIMPULAN

Hasil evaluasi kepuasan penghuni terhadap hunian RISHA di Kabupaten Cianjur yang disediakan oleh Pemerintah, menyatakan bahwa tingkat kepuasan penghuni berada di level moderat atau “Cukup Memuaskan”, dengan skor penilaian 69.70%. Secara keseluruhan nilai per komponen juga menunjukkan penghuni cukup puas dengan fasilitas lingkungan yang diberikan. Hasil observasi dan wawancara mendalam mengidentifikasi adanya penyesuaian rumah yang dilakukan penghuni sebagai respon terhadap ketidaksesuaian rancangan dengan nilai norma merumah dan kondisi sosio-ekonomi

demografi mereka, terutama rancangan di area dapur dan teras depan. Di sisi lain, penyesuaian rumah juga menjadi strategi penghuni sebagai bentuk adaptasi terhadap perubahan kondisi kehidupan mereka yang dikaitkan dengan sumber penghidupan. Beberapa penyesuaian dilakukan untuk mengakomodasi kegiatan ekonomi di dalam hunian. Hal ini menunjukkan peran aktif masyarakat dalam memperbaiki kondisi mereka, sehingga menganggap negatif perubahan yang dilakukan terhadap hunian mereka akan membatasi ketahanan mereka dalam beradaptasi dan menimbulkan masalah kerentanan sosial yang baru. Dari kesimpulan ini, diharapkan ada perubahan paradigma dari para pemangku kepentingan dalam melihat fenomena penyesuaian rumah yang dilakukan penghuni sebagai sebuah bentuk partisipasi aktif warga dalam upaya memperbaiki kondisi penghidupan dan kehidupan mereka. Pedoman lebih lanjut diperlukan untuk pengaturan penyesuaian pada hunian pasca bencana, khususnya yang menggunakan teknologi RISHA, agar perubahan yang dilakukan oleh penghuni tidak menyalahi kaidah teknis dan standar rumah layak huni atau menjadi pemicu terjadinya kumuh dalam kawasan di kemudian hari.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Warga Perumahan Bumi Sirnagalih Damai Kabupaten Cianjur atas kesediaan dan kerjasama yang diberikan dalam penelitian ini. Penelitian ini dibiayai melalui beasiswa Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) Tahun 2022-2024.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adianto, J., & Gabe, R. T. (2022). "To leave or not to leave" is the crucial question of authority for housing adaptation in the Greater Jakarta Metropolitan Area. *Journal of Human Behavior in the Social Environment*, 32(8), 1027–1052. <https://doi.org/10.1080/10911359.2021.1983496>
- Adriaanse, C. C. M. (2007). Measuring residential satisfaction: A residential environmental satisfaction scale (RESS). *Journal of Housing and the Built Environment*, 22(3), 287–304. <https://doi.org/10.1007/s10901-007-9082-9>
- Aigbavboa, C., & Thwala, W. (2018). Residential Satisfaction and Housing Policy Evolution.
- Al-Jazairi, A. F. (2018). Disasters and Disaster Medicine. In A. S. Alsheikhly (Ed.), *Essentials of Accident and Emergency Medicine*.
- Allen, K., Pleace, N., & Martin, D. (2023). Home Dissatisfaction, Body Image, and Sociocultural Attitudes: An Exploratory Study. *Housing, Theory and Society*, 40(5), 569–588. <https://doi.org/10.1080/14036096.2023.2227633>
- Bachroni, C.B. (2008). Prediksi Kinerja Struktur Rumah RISHA Terhadap Beban Gempa Indonesia Dengan Menggunakan Capacity Spectra Method (CSM). Pusat Litbang Permukiman.
- Biswas, R. N., Islam, Md. N., & Islam, M. N. (2018). Modeling on management strategies for spatial assessment of earthquake disaster vulnerability in Bangladesh. *Modeling Earth Systems and Environment*, 4(4), 1377–1401. <https://doi.org/10.1007/s40808-018-0507-0>
- BPKP RI. (2023). Hasil Reviu BPKP Tahap I Sirnagalih.
- Carrasco, S., Ochiai, C., & Okazaki, K. (2017). Residential satisfaction and housing modifications: A study in disaster-induced resettlement sites in Cagayan de Oro, Philippines. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 8(2), 175–189. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-09-2015-0043>.
- Chambers, R., & Conway, (1992). Sustainable rural livelihoods: practical concepts for the 21st century. *IDS Discussion Paper*. 296.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (4th ed.). SAGE Publications, Inc.
- Dickinson, S. B. (2013). *Post-Disaster Mobilities: Exploring Household Relocation After The Canterbury Earthquakes* A Thesis Submitted In Fulfilment Of The Requirements For The Degree Of Master Of Science In Geography.
- IFRC. (2022). What is a disaster? <https://www.ifrc.org/our-work/disasters-climate-and-crises/what-disaster#:~:text=Disasters%20are%20serious%20disruptions%20to,and%20vulnerability%20of%20a%20community>.
- Iuchi, K. (2014). Planning Resettlement After Disasters. *Journal of the American Planning Association*, 80(4), 413–425. <https://doi.org/10.1080/01944363.2014.978353>.
- Iuchi, K. (2023). Adaptability of Low-Income Communities in Postdisaster Relocation: A Long-Term Study Following Typhoon Haiyan. *Journal of the American Planning Association*. <https://doi.org/10.1080/01944363.2022.2133781>.
- Iuchi, K., & Mutter, J. (2020). Governing community relocation after major disasters: An analysis of three different approaches and its outcomes in Asia. *Progress in Disaster Science*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2020.100071>
- Joakim, E. P., & Wismer, S. K. (2015). Livelihood recovery after disaster. *Development in Practice*, 25(3), 401–418. <https://doi.org/10.1080/09614524.2015.1020764>.
- Johnson, C. (2012). Post-Disaster Housing and Reconstruction.
- Jordan, K. (2015). The Disaster Survivor's Hierarchy of Needs: What Every Disaster Mental Health Worker Should Know. *American Counseling Association*.
- KamacI-Karahan, E., & Kemeç, S. (2022). Residents' satisfaction in post-disaster permanent housing: Beneficiaries vs. non-beneficiaries. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 73. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.102901>.
- Kamruzzaman, M., Harun-Or-Rashid, G. M., Chakrabartty, M., & Castro, J. J. (2022). Post Occupancy Evaluation of Housing Reconstruction After Cyclone Sidr. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1499582/v2>.
- Kementerian ESDM. (2021). Portal Mitigasi Bencana Geologi ESDM. <https://vsi.esdm.go.id/portalmbg/>
- Kementerian PUPR. (2024). Laporan Kinerja Direktorat Jenderal Perumahan 2023. PowerPoint Presentation (website-perumahan.s3.ap-southeast-1.amazonaws.com)
- Kementerian PUPR. (2022). Profil Pembangunan Rumah Khusus Huntap Sulawesi Tengah TA. 2020-2021.
- Kim, K., & Olshansky, R. B. (2014). The Theory and Practice of Building Back Better. *Journal of the American Planning Association*, 80(4), 289–292. <https://doi.org/10.1080/01944363.2014.988597>.
- Manatunge, J. M. A., & Abeysinghe, U. (2017). Factors Affecting the Satisfaction of Post-Disaster

- Resettlers in the Long Term: A Case Study on the Resettlement Sites of Tsunami-Affected Communities in Sri Lanka. *Journal of Asian Development*, 3(1), 94. <https://doi.org/10.5296/jad.v3i1.10604>.
- Molosi-France, K., & Dipholo, K. (2020). Empowering Botswana's rural communities through the Sustainable Livelihood approach: Opportunities and constraints. *ASEAN Journal of Community Engagement*, 4(2). <https://doi.org/10.7454/ajce.v4i2.1101>.
- Morris, E. W., & Winter, M. (1975). A Theory of Family Housing Adjustment. In *Journal of Marriage and Family* (Vol. 37, Issue 1). <https://about.jstor.org/terms>.
- Mulder, C. H., & Smits, A. (2013). Inter-generational ties, financial transfers and home-ownership support. *Journal of Housing and the Built Environment*, 28(1), 95–112. <https://doi.org/10.1007/s10901-012-9302-9>.
- Natarajan, N., Newsham, A., Rigg, J., & Suhardiman, D. (2022). A sustainable livelihoods framework for the 21st century. *World Development*, 155. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2022.105898>.
- Pemerintah Kabupaten Cianjur. (2023). Perbup Cianjur 73 tahun 2023 Ttg Petunjuk Teknis Pelaksanaan Pemberian Bantuan Hunian Tetap untuk Relokasi Warga Terdampak Gempa Bumi di Zona Merah dan Rawan Longsor.
- Pormon, M. M. M., Yee, D. K. P., & Gerona, C. K. O. (2023). Households condition and satisfaction towards post-disaster resettlement: The case of typhoon Haiyan resettlement areas in Tacloban City. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 91. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103681>.
- Smrke, U., Sočan, G., & Blenkuš, M. (2018). Residential satisfaction questionnaires: A systematic review. In *Urbani Izziv* (Vol. 29, Issue 2, pp. 67–82). Urban Planning Institute of the Republic of Slovenia. <https://doi.org/10.5379/urbani-izziv-en-2018-29-02-001>.
- Tsai, S. L., Ochiai, C., Deng, C. Z., & Tseng, M. H. (2022). A sustainable post-disaster housing development framework for an indigenous Hao-Cha community in Taiwan: considering culture and livelihood in housing extensions. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 13(5), 583–600. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-02-2021-0019>.
- UNDRR. (2017). Sendai Framework Terminology on Disaster Risk Reduction. <https://www.undrr.org/terminology/disaster>.
- Wang, D., & Wang, F. (2016). Contributions of the Usage and Affective Experience of the Residential Environment to Residential Satisfaction. *Housing Studies*, 31(1), 42–60. <https://doi.org/10.1080/02673037.2015.1025372>.
- Yang, X., Li, X., Lu, K., & Peng, Z.-R. (2022). Integrating Rural Livelihood Resilience and Sustainability for Post-disaster Community Relocation: A Theoretical Framework and Empirical Study. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1934402/v1>.

## **PENGLASTERAN POTENSI PEMBANGUNAN DI KABUPATEN SUBANG: STRATEGI PENGUATAN PERAN DESA PENYANGGA METROPOLITAN REBANA, JAWA BARAT**

### ***District Clustering in Subang Regency: A Strategy for Developing Buffer Village of Rebana Metropolitan, West Java***

**Musthafa Halim**

Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan,  
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat  
Jalan Pattimura No.20 Jakarta Selatan  
Surel: musthafahalim88@gmail.com

Diterima : 24 Februari 2025

; Disetujui : 28 April 2025

#### **Abstrak**

*Kabupaten Subang perlu mengembangkan potensi wilayahnya yang sebagian besar didominasi wilayah perdesaan untuk mendukung posisinya sebagai penyangga Kawasan Metropolitan Rebana. Penelitian ini bertujuan mengklasterkan kecamatan-kecamatan di Kabupaten Subang berdasarkan potensi desa masing-masing, sehingga dapat dirumuskan strategi pengembangannya untuk ditingkatkan statusnya menjadi Desa Mandiri. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan campuran (kuantitatif dan kualitatif), dengan populasi berupa seluruh kecamatan di Kabupaten Subang yang mencakup sejumlah desa di dalamnya. Pengambilan sampel dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode nonprobability sampling dengan memanfaatkan data sekunder dari BPS Kabupaten Subang serta hasil observasi lapangan. Penelitian ini menggunakan analisis kluster dengan pendekatan hirarki melalui metode ward's dan single linkage. Dalam penelitian ini ditemukan bahwa kecamatan-kecamatan di Kabupaten Subang dapat dikelompokkan menjadi empat kluster atau kategori sesuai ketentuan pada Indeks Desa Membangun (IDM) dan berdasarkan faktor demografi, geografi, serta ketersediaan sarana dan prasarana umum. Selanjutnya, kluster pertama menjadi role model yang pengembangannya berfokus pada rencana pembangunan yang partisipatif. Kluster kedua berfokus pada strategi pengembangan infrastruktur pariwisata beserta kelembagaannya. Kluster ketiga lebih berfokus pada peningkatan sumber daya manusia berbasis vokasi agar dapat mengoptimalkan potensi lokal. Sedangkan, kluster keempat memerlukan perhatian lebih dalam penyediaan infrastruktur fisik dasar dan optimalisasi BUMDes.*

**Kata Kunci:** *Penyangga metropolitan, potensi desa, kluster, analisis hirarki, strategi pengembangan*

#### **Abstract**

*Subang Regency needs to develop its regional potential, which is predominantly rural, to strengthen its position as a supporting area for the Rebana Metropolitan Region. This study aims to cluster the districts in Subang Regency based on the potential of each village, allowing for the formulation of development strategies to elevate their status to Desa Mandiri. This research employs mixed-method approach (quantitative and qualitative), with the population consisting of all districts in Subang Regency, encompassing multiple villages. The sampling technique used in this study is non-probability sampling, utilizing secondary data from BPS Kabupaten Subang and field observations. The study applies hierarchical clustering analysis using Ward's method and single linkage. The findings indicate that the districts in Subang Regency can be categorized into four clusters based on the criteria of the Village Development Index (IDM) and factors such as demographics, geography, and the availability of public infrastructure and facilities. The first cluster serves as a role model, focusing on participatory development planning. The second cluster emphasizes the development of tourism infrastructure and related institutions. Third cluster prioritizes vocational-based human resource development to optimize local potential. Meanwhile, fourth cluster requires greater attention in providing basic physical infrastructure and optimizing village-owned enterprises (BUMDes).*

**Keywords:** *Metropolitan buffers area, village potentials, cluster, hierarchical analysis, development strategy*

## PENDAHULUAN

Kabupaten Subang merupakan salah satu kabupaten di Jawa Barat yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan. Kabupaten ini memiliki luas wilayah 2.165,55 km<sup>2</sup> dengan jumlah penduduk 1.624.386 jiwa (BPS Kabupaten Subang, 2023). Kabupaten Subang juga memiliki letak yang strategis, yaitu berada di wilayah Metropolitan Rebana yang juga terintegrasi dengan Pelabuhan Patimban (*Deep Sea Port*) di wilayah utara dan Bandara Internasional Jawa Barat (Kertajati) di Majalengka serta terhubung oleh Jalan Tol Cipali dan Jalan Pantura.

Metropolitan Rebana merupakan salah satu kawasan metropolitan yang sedang dikembangkan di Indonesia dan diatur melalui Peraturan Presiden No. 87 Tahun 2021 tentang Percepatan Pembangunan Kawasan Rebana dan Jawa Barat Bagian Selatan, serta Peraturan Gubernur Jawa Barat No. 14 Tahun 2023 tentang Rencana Aksi Pengembangan Kawasan Rebana Tahun 2020-2030. Kawasan ini meliputi 7 kabupaten/kota yakni Kabupaten Subang, Kabupaten Indramayu, Kabupaten Majalengka, Kabupaten Sumedang, Kabupaten Kuningan, Kabupaten Cirebon, dan Kota Cirebon. Dengan mengembangkan konektivitas kawasan industri perkotaan-pedesaan, Metropolitan Rebana bertujuan untuk menciptakan kawasan industri terintegrasi yang dapat meningkatkan kesejahteraan sosial dan ekonomi kawasan (Wildani dan Sebayang, 2023). Pengembangan Kawasan Metropolitan Rebana akan berdampak pada Kabupaten Subang secara langsung karena menjadi salah satu penyangga utama kawasan metropolitan tersebut, salah satunya adalah meningkatnya kebutuhan akan berbagai macam produk dan jasa dari Kabupaten Subang (Setiawan dan Suhirman, 2023).

Untuk dapat memenuhi kebutuhan tersebut, Kabupaten Subang perlu mengembangkan potensi wilayahnya yang sebagian besar didominasi oleh wilayah perdesaan. Kabupaten Subang adalah salah satu dari 27 kabupaten/kota yang berada di Provinsi Jawa Barat. Secara administratif, wilayah ini terdiri dari 30 kecamatan dan 253 desa. Potensi sumber daya di Kabupaten Subang didominasi oleh sektor unggulan, seperti pertanian padi serta perkebunan teh, tebu, dan nanas. Terdapat satu kecamatan yang memiliki konsentrasi sektor unggulan di pariwisata, yaitu Kecamatan Ciater. Di samping itu, pertumbuhan ekonomi di Subang terus meningkat seiring dengan keberadaan berbagai pabrik dan industri besar yang turut berkontribusi dalam menyerap tenaga kerja untuk wilayah sekitarnya. Namun, kondisi itu berbanding terbalik dengan kemiskinan di Kabupaten Subang dan status beberapa desa yang masih tertinggal dari BPS,

sehingga masih menjadi isu yang harus diselesaikan dalam upaya mendukung keberadaan Metropolitan Rebana (Hartoyo et al., 2023).

Secara umum potensi wilayah perdesaan terbagi menjadi dua bagian. Salah satunya potensi fisik berupa tanah, air, iklim, lingkungan geografis, binatang ternak, dan sumber daya manusia; serta potensi atau kemungkinan non-fisik lainnya seperti masyarakat, lembaga sosial, lembaga pendidikan, organisasi kemasyarakatan desa, aparatur desa, dan aparatur sipil negara beserta karakteristik dan interaksinya (Soleh, 2017). Pendataan Potensi Desa (Podes) dilakukan oleh Badan Pusat Statistik (BPS), yang merupakan pendataan terhadap ketersediaan infrastruktur dan potensi yang dimiliki oleh setiap wilayah administrasi setingkat desa/kelurahan, kecamatan, dan kabupaten/kota di seluruh Indonesia. Sebagaimana diamanatkan oleh Undang-Undang No. 6 Tahun 2014 tentang Desa, data Podes menjadi salah satu instrumen yang digunakan untuk mendukung pembangunan desa. Dalam sudut pandang hirarki pemerintahan yang lebih tinggi (kab/kota, provinsi, dan pusat), agregat data Podes dianggap menjadi salah satu komponen untuk menggulirkan beragam kebijakan seperti dana desa. Sedangkan di level desa, dokumentasi data Podes dijadikan rujukan prioritas pembangunan yang akan dikerjakan.

Pendataan Podes mengumpulkan beragam informasi, baik yang bersifat potensi yang dimiliki desa/kelurahan maupun informasi terkait kerawanan atau tantangan yang dihadapi desa/kelurahan (BPS Kabupaten Subang, 2023). Pemutakhiran Data Perkembangan Desa bertujuan secara umum untuk menghasilkan data bagi keperluan pembangunan wilayah, menyediakan referensi data terkait potensi wilayah, ketersediaan infrastruktur/fasilitas, serta kondisi yang dinilai melalui aspek sosial-ekonomi di setiap desa/kelurahan. Sedangkan tujuan khususnya adalah menyediakan data dasar untuk menghitung Indeks Desa Membangun (IDM) yang mengelompokkan lima status kemajuan dan kemandirian desa, yang disebut dengan Klasifikasi Status Desa.

Di Indonesia, khususnya di wilayah perdesaan, tingkat kemajuan dan perkembangan suatu desa dapat diukur berdasarkan statusnya. Status desa ini ditentukan oleh tingkat kemajuan dan kemandirian yang diukur melalui IDM. Desa mandiri merupakan status tertinggi di antara empat kategori desa lainnya, yang ditandai dengan meningkatnya kesejahteraan masyarakat serta rendahnya angka kemiskinan. Secara umum, desa-desa yang berlokasi jauh dari pusat pemerintahan masih menghadapi tingkat kemiskinan yang relatif tinggi

(Nur Arifah dan Kusumastuti, 2019). IDM diatur dalam Peraturan Menteri Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal dan Transmigrasi No. 2 Tahun 2016 tentang Indeks Desa Membangun yang terdiri dari:

- Desa Mandiri (Desa Sembada) yang mampu melaksanakan pembangunan desa untuk peningkatan kualitas hidup dan kesejahteraan masyarakat desa dengan ketahanan sosial, ekonomi, dan ekologi secara berkelanjutan;
- Desa Maju (Desa Pra-Sembada) yang memiliki potensi sumber daya sosial, ekonomi dan ekologi, serta memiliki kemampuan untuk mengelolanya untuk peningkatan kesejahteraan, kualitas hidup, dan menanggulangi kemiskinan;
- Desa Berkembang (Desa Madya) yang potensial menjadi Desa Maju, serta memiliki potensi sumber daya sosial, ekonomi, dan ekologi, tetapi belum dapat mengelolanya secara optimal;
- Desa Tertinggal (Desa Pra-Madya) yang memiliki potensi sumber daya sosial, ekonomi, dan ekologi tetapi belum, atau kurang dalam usaha untuk mengelolanya; dan
- Desa Sangat Tertinggal (Desa Pratama) yang mengalami kerentanan karena masalah bencana alam, guncangan ekonomi, dan konflik sosial sehingga tidak berkemampuan mengelola potensi sumber daya sosial, ekonomi, dan ekologi, serta mengalami kemiskinan dalam berbagai bentuknya.

Menurut Fathia, Rahmawati, dan Tarno (2016), setiap wilayah memiliki karakteristik yang khas, baik dari aspek fisik seperti sarana, prasarana, dan aksesibilitas, maupun dari aspek non-fisik yang mencakup dimensi sosial-budaya, ekonomi, dan kependudukan. Pemerintah, baik di tingkat pusat maupun daerah, telah menerapkan berbagai strategi pembangunan kecamatan melalui pengembangan desa guna memanfaatkan potensinya yang sebelumnya lebih banyak dilakukan melalui swadaya dengan memanfaatkan Dana Desa (Putra, 2013). Menurut Soleh (2017), tingkat efektivitas strategi pembangunan wilayah kecamatan di Indonesia melalui optimalisasi potensi desa telah menunjukkan hasil yang berbeda-beda. Beberapa alternatif dapat diterapkan untuk mewujudkan desa mandiri sebagai bentuk implementasi UU No. 6/2014 tentang Desa. Salah satu langkah paling penting adalah melakukan pemetaan potensi desa serta jaringan pasar yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber penggerak ekonomi desa dan masyarakat (Suryanto dalam Nur Arifah dan Kusumastuti, 2019).

Sehubungan dengan hal itu, pemetaan potensi desa berdasarkan karakteristik klasternya sangat diperlukan di Kabupaten Subang dalam rangka menunjang kegiatannya sebagai wilayah penyangga Metropolitan Rebana sebagai dasar menentukan

strategi yang tepat pengembangan potensi desa. Untuk mengetahui wilayah desa yang memiliki karakteristik wilayah yang sama, dapat dilakukan pengelompokan kecamatan-kecamatan (yang di dalamnya terdiri dari beberapa wilayah perdesaan), berdasarkan sarana, prasarana, akses, sosial-kependudukan, dan ekonomi. Analisis kluster adalah salah satu metode statistika yang dapat digunakan untuk melakukan proses pengelompokan dengan menggunakan suatu ukuran yang dapat menjelaskan hubungan kedekatan antar data untuk dijelaskan kembali ke dalam struktur grup sederhana dari data yang kompleks dengan ukuran jarak. Ukuran jarak yang digunakan adalah ukuran jarak Euclidean (Johnson dan Wichern, 2007).

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan kecamatan di Subang berdasarkan potensi desa masing-masing menggunakan pendekatan *clustering* dan menentukan strategi pengembangannya menjadi desa mandiri. Proses pengelompokan kecamatan dilakukan dengan menganalisis wilayah-wilayah yang memiliki karakteristik serupa. Setelah itu, sifat dan karakteristik unik dari setiap kluster yang terbentuk diidentifikasi. Kluster-kluster tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam merumuskan strategi pembangunan wilayah kecamatan.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan campuran, yakni gabungan metode kuantitatif dan kualitatif. Menurut Mertens (2010), pendekatan campuran melibatkan pengumpulan dan analisis data, pengintegrasian temuan, serta penarikan kesimpulan secara inferensial menggunakan kedua metode tersebut. Populasi penelitian mencakup seluruh kecamatan di Kabupaten Subang, yang terdiri dari sejumlah desa. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *nonprobability sampling* dengan fokus pada tingkat kecamatan yang melibatkan desa-desa di dalamnya. Dengan demikian, sampel penelitian ini meliputi kecamatan-kecamatan di Kabupaten Subang, dengan unit analisis berupa desa-desa yang berada dalam wilayah tersebut.

## Sumber dan Variabel Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diambil dari publikasi "Kecamatan Dalam Angka" Kabupaten Subang 2023 yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik. Data yang digunakan merupakan data Podes Tahun 2021, yang memberikan informasi mengenai potensi desa di setiap kecamatan, mencakup total 30 kecamatan dan 253 desa di Kabupaten Subang.

Variabel yang digunakan pada penelitian ini disesuaikan dengan indikator yang digunakan pada tiga komponen utama IDM yang terdiri dari (1) Indeks Ketahanan Sosial, yang meliputi empat dimensi yaitu kesehatan, pendidikan, modal sosial, dan permukiman; (2) Indeks Ketahanan Ekonomi, yang meliputi satu dimensi ekonomi berupa pemenuhan infrastruktur di bidang penyediaan layanan perdagangan, lembaga keuangan dan perkreditan, lembaga ekonomi, serta keterbukaan wilayah seperti akses dan moda transportasi; dan (3) Indeks Ketahanan Ekologi atau Lingkungan, yang juga meliputi satu dimensi lingkungan berupa pemenuhan kualitas lingkungan dan potensi atau kerawanan terhadap bencana alam.

Sebenarnya, KemendesPDT sudah mengeluarkan data terkait dengan skor IDM di masing-masing Kabupaten pada tahun 2020, termasuk di Kabupaten Subang dengan total skor IDM 0,688 atau rata-rata adalah Desa Berkembang. Akan tetapi, dikarenakan terbatasnya akses untuk mendapatkan rincian data skoring per indikator pada masing-masing desa, peneliti melakukan klasifikasi desa berdasarkan indikator pada tiga dimensi utama IDM ini. Adapun variabel yang digunakan adalah Jumlah Desa (X1), Jumlah Penduduk (X2), Jumlah Keluarga (X3), Jumlah SD/MI (X4), Jumlah Fasilitas Kesehatan (X5), Jumlah Tempat Ibadah (X6), Jumlah Pasangan Usia Subur (X7), Jumlah Luas Tanah Pertanian (X8), Ketersediaan Akomodasi (X9), Ketersediaan Sarana Perdagangan (X10), Ketersediaan Bank (X11), Ketersediaan Koperasi (X12), Ketersediaan Hotel dan Penginapan (X13), dan Kekuatan Sinyal Penyedia Seluler (X14). Profil variabel dapat dilihat pada Tabel 1.

**Teknik Analisis Data**

Penelitian ini menggunakan Analisis Kluster dengan Pendekatan Hirarki melalui metode *Ward* dan *Single Linkage*. Tujuan dari proses pengklasteran ini adalah mengidentifikasi kluster alami dari sekelompok unit pengamatan, dengan harapan bahwa unit-unit dalam satu kluster memiliki tingkat keseragaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan variasi antar kluster, sehingga dapat dilakukan analisis lebih mendalam (Shetty dan Singh, 2021). Oleh sebab itu teknik ini memerlukan beberapa pendekatan pengukuran kemiripan untuk mengetahui seberapa mirip atau berbeda obyek-obyek tersebut yang dinyatakan dalam jarak (*distance*) antara pasangan obyek.

Panjang segmen garis yang menghubungkan dua titik dalam ruang *Euclidian* adalah jarak *Euclidian* di antara keduanya. Salah satu ukuran jarak ialah jarak *squared euclidean* yang merupakan jumlah kuadrat perbedaan deviasi di dalam nilai untuk

**Tabel 1** Profil Variabel Penelitian

Variabel	N	Min	Max.	Mean	Std. Deviation
Jumlah Desa (X1)	30	6	10	8.43	1.194
Jumlah Penduduk (X2)	30	1.496	8.683	3.33333	1.473095
Jumlah Keluarga (X3)	30	.229	.402	.35788	.034728
Jumlah SD (X4)	30	2.444	9.000	3.91940	1.327420
Jumlah Faskes (X5)	30	.153	2.353	.78038	.612315
Jumlah Tempat Ibadah (X6)	30	2.140	22.696	11.44486	4.881096
Jumlah Pasangan Usia Subur (X7)	30	.122	.191	.15598	.015441
Jumlah Luas Tanah Pertanian (X8)	30	.827	7.525	3.33333	1.923763
Angkutan Umum (X9)	30	.333	.958	.75375	.141452
Sarana Perdagangan (X10)	30	.570	46.775	7.24820	10.482982
Ketersediaan Bank (X11)	30	.000	4.705	.75804	.851400
Ketersediaan Koperasi (X12)	30	.000	1.985	.49000	.576450
Ketersediaan Akomodasi (X13)	30	.000	50.862	3.33333	9.472574
Kekuatan Sinyal (X14)	30	.714	1.000	.86644	.069269
Valid N (listwise)	30				

Sumber: Data BPS Diolah Peneliti, 2024

setiap variabel. Jarak *squared euclidean* antara kelompok objek ke-i dan kelompok objek ke-j dari p variabel didefinisikan sebagai berikut:

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^p (X_{ik} - X_{jk})^2$$

Dimana:

- P = banyaknya variabel
- $d_{ij}$  = jarak antara objek ke-i dan objek ke-j
- $X_{ik}$  = data dari objek ke-i pada variabel ke-k
- $X_{jk}$  = data dari objek ke-j pada variabel ke-k

Metode *Ward* berusaha untuk meminimalkan variasi antar objek yang ada dalam satu kluster. Jarak antara dua kluster yang terbentuk pada metode *Ward* adalah *sum of squares* atau SSE di antara dua kluster tersebut dengan formula sebagai berikut (Rencher, 2002):

$$SSE = \sum_{i=1}^n (\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}})'(\mathbf{x}_i - \bar{\mathbf{x}})$$

Dimana:

- $\mathbf{x}_i$  adalah vektor kolom yang berisikan nilai objek i,
- $\bar{\mathbf{x}}$  adalah vektor kolom yang entrinya rata-rata nilai objek dalam kluster; dan
- $n$  adalah banyaknya objek.

Sedangkan untuk menentukan jarak antar kluster dengan menggunakan metode *single linkage* dapat dilakukan dengan melihat jarak antar dua kluster yang ada kemudian memilih jarak terdekat atau aturan *nearest-neighbour rule*, yang dihitung dengan cara berikut:

$$d(uv)_w = \min\{d_{uv}, d_{vw}\}$$

Dimana:

nilai  $d_{uw}$  dan  $d_{vw}$  merupakan jarak minimum antara kluster  $U$  dan  $W$  serta kluster  $V$  dan  $W$ . (Johnson dan Wichern, 2007)

Tahapan analisis data yang dilakukan pada penelitian ini meliputi langkah-langkah berikut:

- (1) Menguraikan karakteristik umum Kabupaten Subang beserta hubungannya dengan Kawasan Metropolitan Rebana. dan konstelasinya dengan Kawasan Metropolitan Rebana →
- (2) Menganalisis data dari setiap variabel yang dimiliki oleh 253 desa di Kabupaten Subang, kemudian mengelompokkan hasilnya berdasarkan kecamatan masing-masing →
- (3) Melakukan standarisasi pada data →
- (4) Melakukan pengukuran jarak menggunakan pendekatan *Squared Euclidean* →
- (5) Memilih prosedur analisis kluster dengan menggunakan metode *ward* dan *single linkage* →
- (6) Melihat sebaran data dan menentukan banyaknya kluster →
- (7) Melakukan interpretasi hasil analisis →
- (8) Setelah didapatkan hasil analisis kluster, maka tahap selanjutnya adalah menjelaskan mengenai karakteristik kluster yang terbentuk →
- (9) Menyusun strategi pengembangan potensi wilayah berdasarkan kluster yang terbentuk berdasarkan dokumen perencanaan Provinsi Jawa Barat dan Kabupaten Subang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kondisi Umum Kabupaten Subang

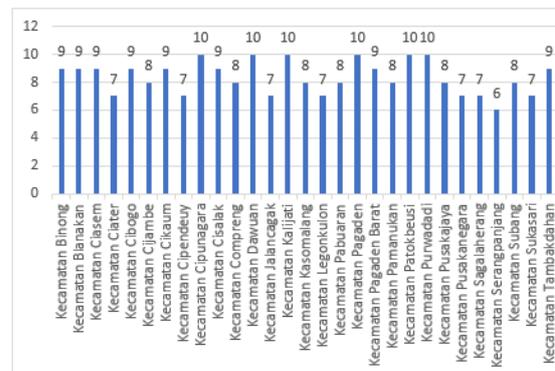
Kabupaten Subang secara umum dapat dibagi menjadi tiga wilayah, yakni wilayah selatan, tengah dan utara. Bagian selatan merupakan dataran tinggi berupa pegunungan dengan ketinggian antara 500 - 1500 mdpl. Pada wilayah ini sebagian besar berisi perkebunan rakyat, hutan dan lokasi wisata. Wilayah tengah terdiri dari dataran dengan ketinggian antara 50 - 500 mdpl yang sebagian besar juga diisi oleh perkebunan karet, tebu dan buah-buahan. Di wilayah ini juga berdiri sejumlah pabrik yang menjadi motor kawasan industri. Sementara wilayah utara didominasi oleh dataran rendah yang mengarah langsung ke Laut Jawa. Di wilayah ini sebagian besar merupakan areal persawahan dan tambak serta pantai. Pada wilayah ini juga sudah selesai dibangun Pelabuhan Patimban (*Deep Sea Port*). Kabupaten Subang terdiri dari 30 kecamatan dan 253 desa dan ber-ibu kota di Kecamatan Subang (Gambar 1). Distribusi

jumlah desa di masing-masing kecamatan beragam, paling banyak adalah memiliki 10 desa terdapat pada tujuh Kecamatan yaitu Cipunagara, Dawuan, Kalijati, Pagaden, Patokbeusi, Purwadadi, dan Tanjungsiang, sedangkan Serangpanjang memiliki desa paling sedikit, yaitu enam desa. Kecamatan terdekat dengan ibu kota Kabupaten adalah Kecamatan Cibogo, yang berjarak 6 km, sedangkan terjauh adalah Kecamatan Patokbeusi yang berjarak 68 km.



**Gambar 1** Peta Administrasi Kabupaten Subang  
Sumber: Revisi RTRW Kabupaten Subang-2023

Distribusi persebaran jumlah desa di masing-masing kecamatan di Kabupaten Subang dapat dilihat pada Gambar 2. Secara geografis, Kecamatan Ciater memiliki karakteristik unik dibandingkan dengan kecamatan lainnya, karena sebagian besar wilayahnya berada di perbukitan dan dataran tinggi. Kondisi ini menyebabkan desa-desa di



**Gambar 2** Distribusi Jumlah Desa Berdasarkan Kecamatan di Kabupaten Subang  
Sumber: Data BPS Diolah Peneliti, 2024

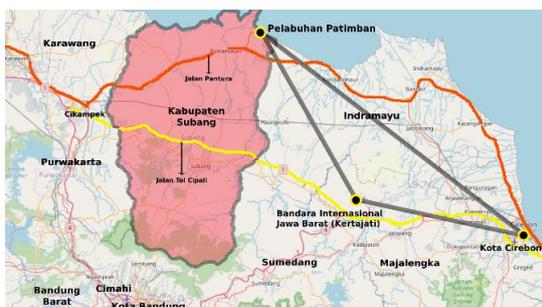
kecamatan tersebut tersebar mengikuti kontur geografis wilayahnya. Sementara itu, wilayah Sukasari, Legonkulon, dan Blanakan berada di dataran rendah dan berbatasan langsung dengan Laut Jawa.

### Konstelasi Kabupaten Subang Terhadap Kawasan Metropolitan Rebana

Kawasan metropolitan oleh masyarakat di Indonesia banyak dipahami sebagai kawasan perkotaan, dan telah menjadi permasalahan dalam persepsi masyarakat. Pemahaman tersebut memunculkan asumsi bahwa seluruh Kawasan Rebana akan dikembangkan sebagai kawasan perkotaan layaknya metropolitan Jabodetabek, yang ternyata setelah ditelaah, terdapat fungsi strategis lainnya di kawasan tersebut yaitu akan dijadikan sebagai lumbung padi nasional (Widagdo, Fithriah dan Sundana, 2023). Pengembangan Rebana nyatanya akan berfokus pada pengembangan Kawasan Peruntukan Industri (KPI) yang terdapat pada 13 titik dan tersebar di lima kabupaten, tiga diantaranya berada di Kabupaten Subang.

Kabupaten Subang yang terletak di titik mula Jalan Tol Cipali, seolah menjadi gerbang masuk dari Jakarta dan Purwakarta menuju Metropolitan Rebana. Selain itu, Subang juga dilewati oleh jalur Pantura yang melewati enam kecamatan di bagian utara Kabupaten Subang. Adanya jalan tol dan jalan nasional Pantura ini menjadi sangat penting dalam memperkuat peran Kabupaten Subang sebagai salah satu daerah penyangga Kawasan Metropolitan Rebana yang menghubungkan kawasan-kawasan industri di Jabodetabek dan Karawang, tepatnya di bagian barat ke Kawasan Metropolitan Rebana.

Selain itu, Pelabuhan Patimban yang terletak di Kecamatan Pusakanagara, dan berada di ujung utara Kabupaten Subang, termasuk ke dalam pengembangan segitiga emas Rebana (Gambar 3). Hal ini juga akhirnya yang menjadikan Kabupaten Subang memiliki dukungan yang sangat kuat dalam hal infrastruktur baik darat (Tol Cipali dan Jalan Pantura), laut (Pelabuhan Patimban) dan udara (



**Gambar 3** Konstelasi Kabupaten Subang Terhadap Metropolitan Rebana  
 Sumber: Analisis Peneliti-2024

Bandara Internasional Jawa Barat-Kertajati). Beberapa kondisi dan keuntungan tersebut telah memacu Pemerintah Kabupaten Subang untuk mengembangkan potensi wilayahnya, yang telah disebutkan sebelumnya melalui Rencana Pembangunan Daerah (RPD) Kabupaten Subang 2024-2026. Potensi wilayah ini dapat dilihat dari kondisi eksisting infrastruktur dan pemetaan potensi desa oleh BPS, di masing-masing desa dan kecamatan di Kabupaten Subang.

Hasil *case processing summary* (Gambar 4) menunjukkan bahwa data sudah dianalisis 100%, atau menunjukkan tidak ada data yang hilang saat dilakukan analisis. Hal tersebut sangat perlu untuk menggambarkan bahwa data-data yang menjadi variabel untuk dianalisis sudah digunakan semua untuk analisis dan tidak ada yang tertinggal. Selanjutnya dilakukan analisis jarak pada *Proximity Matrix* dengan pendekatan masing-masing yaitu *Ward Linkage* dan *Single Linkage*, menggunakan nilai *squared euclidian* untuk menunjukkan jarak antar variabel. Semakin kecil jarak *squared euclidian*, maka semakin mirip kedua variabel tersebut, sehingga dapat dibentuk sebuah klaster. Setelah dihitung jarak masing-masing variabel, jumlah klaster yang terbentuk, dapat dilihat melalui *agglomeration schedule* dan *cluster membership*. *Agglomeration Schedule* memberikan alternatif klaster yang terbentuk yang dapat diatur rentangnya pada *Cluster Membership*. Proses ini dilakukan berulang hingga mendapatkan klaster yang optimal. Pada penelitian ini, digunakan rentang dua sampai dengan lima klaster. Hal ini dilakukan untuk mengetahui klaster paling kecil yaitu 2 (dua) dan klaster terbesar yaitu 5 (lima), dan untuk mengetahui seberapa variatif data yang terklasifikasi dalam satu klaster. Peneliti memutuskan untuk memilih lima klaster terbentuk, dimana jumlah ini mewakili lima tingkatan klasifikasi status desa yang dijelaskan sebelumnya. Sehingga dengan pembagian lima klaster ini akan memudahkan juga dalam menentukan strategi

**Case Processing Summary<sup>a</sup>**

Valid		Cases Missing		Total	
N	Percent	N	Percent	N	Percent
30	100.0	0	.0	30	100.0

a. Ward Linkage

**Case Processing Summary<sup>a</sup>**

Valid		Cases Missing		Total	
N	Percent	N	Percent	N	Percent
30	100.0	0	.0	30	100.0

a. Single Linkage

**Gambar 4** Hasil *Case Processing Summary* Pada *Ward* dan *Single Linkage*  
 Sumber: Analisis Peneliti, 2024

pengembangan potensinya berdasarkan indeks desa membangun (IDM). Sebaran hasil pengklasteran dilakukan dengan dua metode *Ward* dan *Single Linkage*. Pada *Ward Linkage* (Tabel 2), Klaster 1 berisi 10 kecamatan, Klaster 2 berisi 1 kecamatan, Klaster 3 berisi 14 kecamatan, Klaster 4

**Tabel 2** Sebaran Hasil Pengklasteran Kecamatan (*Ward Linkage*)

Klaster	N	Nama Kecamatan	Presentase
1	10	Binong, Blanakan, Ciasem, Cijambe, Compreg, Patokbeusi, Pusakajaya, Pusakanegara, Sukasari, dan Tambakdahan.	33,3%
2	1	Ciater	3,33%
3	14	Cibogo, Cikaum, Cipeundeuy, Cipunagara, Cisolak, Dawuan, Kalijati, Kasomalang, Pabuaran, Pagaden, Pagaden Barat, Purwadadi, Serangpanjang, dan Tanjungsiang.	46,67%
4	3	Jalancagak, Pamanukan, dan Subang	10%
5	2	Sagalaherang dan Legonkulon	6,67%

Sumber: Analisis Peneliti-2024

berisi 3 kecamatan, dan Klaster 5 berisi 2 kecamatan. Pada *Single Linkage* (Tabel 3), Klaster 1 berisi 24 kecamatan, Klaster 2 dan 5 berisi 1 kecamatan, dan Klaster 3 dan 4 berisi 2 kecamatan. Dilihat dari sebaran pengklasteran ini, terdapat tiga klaster yang memiliki kemiripan jumlah dan nama kecamatan. Hal tersebut memiliki arti bahwa dua metode ini menghasilkan karakteristik pengklasteran yang dapat dijadikan referensi untuk

**Tabel 3** Sebaran Hasil Pengklasteran Kecamatan (*Single Linkage*)

Klaster	N	Nama Kecamatan	Presentase
1	24	Binong, Blanakan, Ciasem, Cijambe, Compreg, Patokbeusi, Pusakajaya, Pusakanegara, Sukasari, Tambakdahan, Cibogo, Cikaum, Cipeundeuy, Cipunagara, Cisolak, Dawuan, Kalijati, Kasomalang, Pabuaran, Pagaden, Pagaden Barat, Purwadadi, Serangpanjang, dan Tanjungsiang.	80%
2	1	Ciater	3,33%
3	2	Jalancagak dan Pamanukan	6,67%
4	2	Sagalaherang dan Legonkulon	6,67%
5	1	Subang	3,33%

Sumber: Analisis Peneliti-2024

memudahkan pengambilan strategi pengembangan potensi wilayah kecamatan.

Dari dua tabel di atas, metode *Single Linkage* menghasilkan klaster-klaster yang lebih heterogen daripada *Ward*, dilihat dari dua klaster (klaster 1 dan 3) yang memiliki perbedaan jumlah yang signifikan, seperti penelitian yang telah dilakukan oleh (Fathia, Rahmawati, dan Tarno, 2016).

Sedangkan metode *Ward* menghasilkan pengelompokan yang lebih homogen dilihat dari dua klaster tersebut. Untuk mengetahui karakteristik masing-masing klaster dan kesesuaiannya dengan tingkatan wilayah kecamatan yang paling lengkap, dibuat pengelompokan tingkatan variabel dari tingkat 1 – paling rendah dan tingkat 5 – paling tinggi seperti pada Tabel 4.

**Tabel 4** Tingkat Karakteristik Wilayah Kecamatan

	Klaster				
	1	2	3	4	5
Jumlah Penduduk	1.767	2.408	3.601	1.829	5.123
Jumlah Keluarga	.368	.352	.360	.358	.352
Jumlah SD	3.357	3.198	3.958	3.286	5.720
Jumlah Faskes	.563	.633	.800	.337	1.251
Jumlah Tempat Ibadah	13.478	17.737	8.817	20.190	10.358
Jumlah Pasangan Usia Subur (PUS)	.171	.165	.153	.165	.146
Jumlah Luas Tanah Pertanian	2.245	2.215	4.212	1.466	1.646
Angkutan Umum	.738	.681	.753	.810	.899
Sarana Perdagangan	30.880	2.107	3.529	46.775	10.919
Ketersediaan Bank	.302	.394	.703	.337	2.262
Ketersediaan Koperasi	1.524	.234	.344	.000	1.349
Ketersediaan Akomodasi	.431	.575	.910	50.862	9.483
Kekuatan Sinyal	.839	.852	.881	.893	.817

Sumber: Analisis Peneliti, 2024

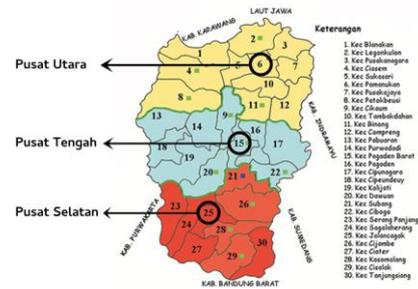
Penjelasan dari klaster dan karakteristik yang terbentuk adalah sebagai berikut:

- Klaster 1 dan 3 pada Metode *Ward* dan Klaster 1 pada Metode *Single Linkage*, menunjukkan kemiripan dari segi distribusi kecamatannya. Kecamatan yang terdapat pada klaster ini memiliki tingkat karakteristik 2 dan 3, dimana memiliki semua ketersediaan sarana dan infrastruktur yang masih belum optimal. Hal ini dapat dilihat dari fasilitas kesehatan, ketersediaan angkutan umum, sarana perdagangan, bank, koperasi, dan akomodasi yang rata-rata memiliki peringkat 2 dan 3 pada karakteristik tingkat sarana dan infrastruktur. Akan tetapi, dilihat dari segi Luas Lahan Pertaniannya, klaster ini memiliki porsi lahan

pertanian paling besar di antara yang lainnya. Hal ini menggambarkan bahwa klaster ini memerlukan pengembangan strategi pada sarana infrastrukturnya untuk mendukung peningkatan sektor unggulan klaster ini yaitu sektor pertanian. Sehingga sesuai dengan klasifikasi pada IDM, klaster ini dapat digolongkan ke dalam **Desa Berkembang atau Desa Madya**, dan memiliki potensi untuk menjadi Desa Maju.

- Klaster 2 pada Metode *Ward* dan *Single Linkage* sama-sama menunjukkan bahwa Kecamatan Ciater adalah wilayah yang memiliki keunikan dibandingkan kecamatan lain. Hal tersebut dapat dilihat dari sektor unggulan pada kecamatan ini berupa pariwisata. Klaster 2 ini sesuai dengan karakteristik tingkat sarana dan infrastruktur 4, yang memiliki keunggulan pada ketersediaan tempat ibadah, perdagangan, dan akomodasi (hotel dan penginapan). Keadaan karakteristik ini memperkuat bahwa Kecamatan Ciater memang satu-satunya yang memiliki kelengkapan sarana dan infrastruktur untuk mendukung kawasan pariwisata. Kecamatan Ciater dapat digolongkan ke dalam karakteristik **Desa Maju atau Prasembada** yaitu sudah memiliki potensi besar di satu sektor tapi perlu didukung oleh penguatan sarana dan infrastruktur pada sektor lainnya.
- Klaster 4 pada Metode *Ward* dan Klaster 5 dan 3 pada Metode *Single Linkage*, memiliki kesamaan anggota klaster, yaitu Kecamatan Subang, Jalancagak, dan Pamanukan. Klaster ini mengelompokkan kecamatan yang memiliki karakteristik ketersediaan sarana dan infrastruktur yang paling lengkap (tingkat sarana dan infrastruktur 5), seperti ketersediaan bank, koperasi, angkutan umum, fasilitas kesehatan, dan sekolah dasar, yang proporsional dengan jumlah penduduk, sehingga klaster ini dapat digolongkan menjadi wilayah dengan karakteristik **Desa Mandiri**, karena dirasa sudah dapat memenuhi pelaksanaan peningkatan kualitas hidup masyarakat. Pembentukan klaster ini juga mendukung distribusi pusat-pusat wilayah di Kabupaten Subang yang terbagi menjadi tiga, yaitu wilayah Utara, Tengah dan Selatan (Gambar 5).
- Klaster terakhir yang memiliki karakteristik tingkat sarana dan infrastruktur paling rendah ada pada Klaster 5 Metode *Ward* dan Klaster 4 Metode *Single Linkage*. Dua metode ini sama-sama menyebutkan dua kecamatan yaitu Kecamatan Sagalaherang dan Legonkulon memiliki klaster yang sama. Dilihat dari karakteristik tingkat sarana dan infrastruktur, dua kecamatan ini memiliki keunggulan di ketersediaan sarana perdagangan dan koperasi, akan tetapi kurang didukung dengan

kelengkapan sarana dan infrastruktur lainnya seperti fasilitas kesehatan dan ketersediaan transportasi umum. Desa ini dapat digolongkan menjadi **Desa Tertinggal atau Desa Pra-Madya**.



**Gambar 5.** Pembentukan Pusat di Utara, Tengah dan Selatan Berdasarkan Klaster  
Sumber: Analisis Peneliti, 2024

### Strategi Pengembangan Potensi Wilayah Kecamatan Berdasarkan Analisis Klaster

Status klasifikasi kecamatan merupakan hasil pengelompokan yang diolah berdasarkan data dari BPS Kabupaten Subang. Gambaran klasifikasi kecamatan, yang mencerminkan rata-rata kondisi potensi desa di dalamnya, menunjukkan bahwa karakteristik kecamatan dalam Indeks Desa Membangun (IDM) memiliki relevansi yang signifikan dengan klaster yang terbentuk. Menurut (Bachrein, 2010), strategi pembangunan wilayah kecamatan melalui pendekatan desa membangun dapat dilakukan melalui:

- Pembangunan perdesaan yang disesuaikan dengan strategi pembangunan nasional dan pembangunan daerah;
- Pemanfaatan potensi desa secara rasional dan optimal tanpa mengganggu keseimbangan dan kelestarian alam;
- Pengembangan landasan yang kuat bagi masyarakat desa untuk tumbuh dan berkembang atas kemampuan sendiri;
- Pemanfaatan ilmu pengetahuan dan teknologi; dan
- Mendorong masyarakat desa agar memegang peranan aktif dalam kegiatan pembangunan.

Sedangkan dari hasil analisis sebelumnya, didapatkan bahwa klasterisasi tersebut dapat digolongkan ke dalam empat klaster utama. Hal tersebut tidak sesuai dengan pembagian klasifikasi IDM yang membaginya menjadi lima, karena setelah dilakukan analisis baik pada data sekunder maupun hasil observasi di lapangan, tidak ada kecamatan yang tergolong sebagai kecamatan yang di dalamnya memiliki karakteristik Desa Sangat Tertinggal. Adapun peneliti sajikan strategi pengembangan potensi desa ini berkenaan relevansi Permendes PDPTT No. 2 Tahun 2026,

dengan pendekatan *hierarchical cluster*, sesuai dengan indikator: (1) mutu layanan pendidikan, (2) jumlah dan kualitas fasilitas kesehatan, (3) pembangunan infrastruktur dasar yang terintegrasi, (4) dan pembangunan ekonomi yang memiliki keunggulan kompetitif. Indikator tersebut didasarkan pada konteks Peraturan Gubernur (PERGUB) Provinsi Jawa Barat No. 25 Tahun 2023 tentang Rencana Pembangunan Daerah (RPD) Provinsi Jawa Barat Tahun 2024-2026 dan Peraturan Bupati (PERBUP) Subang No. 26 Tahun 2023 tentang RPD Kabupaten Subang Tahun 2024-2026.

### **Klaster 1 – Kecamatan Terklasifikasi Desa Mandiri**

Kelompok ini terdiri dari Kecamatan Jalan Cagak, Pamanukan, dan Subang. Kelompok ini cenderung memiliki fasilitas-fasilitas dasar dan jaringan transportasi yang lengkap. Strategi yang dapat dikembangkan pada kelompok ini adalah menjadikannya sebagai *role model* bagi pengembangan potensi wilayah lainnya dalam hal kualitas sekolah dasar, penyediaan fasilitas kesehatan, angkutan umum, bank, dan koperasi (Fitriani, Kurniawan, dan Ahmad, 2020)

### **Klaster 2 – Kecamatan Terklasifikasi Desa Maju**

Kelompok ini hanya terdiri dari satu kecamatan, yaitu Ciater. Kecamatan ini terklasifikasikan sendiri menjadi klaster yang terpisah dengan wilayah lainnya karena memiliki keunikan keunggulan dalam sektor pariwisata dan infrastruktur yang memiliki ciri khas desa-desa wisata. Strategi yang dapat dikembangkan pada klaster ini, menurut (Sukarno, 2020) adalah melalui pengembangan desa wisata dan UMKM untuk menciptakan sinergi agar dapat meningkatkan potensi ekonomi masyarakat serta penguatan kelembagaan berbasis pariwisata melalui pemberdayaan Pokdarwis maupun kelembagaan di perangkat daerah.

### **Klaster 3 – Kecamatan Terklasifikasi Desa Berkembang**

Kelompok ini memiliki jumlah wilayah terbanyak pada hasil pengelompokan. Karakteristik yang ada di kelompok ini dapat dikatakan mencerminkan kondisi sebagian besar desa dan kecamatan yang ada di Kabupaten Subang. Dengan statusnya sebagai Desa Berkembang, sebanyak 24 kecamatan ini perlu ditingkatkan statusnya menjadi Desa Mandiri melalui strategi berikut:

- Untuk kecamatan yang masih memiliki kekurangan dalam hal fasilitas pendidikan, dapat dilakukan dengan peningkatan jumlah sekolah atau lembaga pelatihan berbasis vokasi

untuk meningkatkan kompetensi dan keterampilan warga desa (Hariyanti dan Indasari, 2022) sesuai dengan kebutuhan tenaga kerja kawasan industri atau perkantoran Rebana.

- Untuk kecamatan yang masih memiliki kondisi fasilitas kesehatan belum memadai, dapat dilakukan optimalisasi ketersediaan fasilitas kesehatan di setiap desa (Nur Arifah dan Kusumastuti, 2019).
- Untuk kecamatan yang memiliki keterbatasan pada pemenuhan infrastruktur jaringan jalan dan transportasi, dapat dilakukan peningkatan aksesibilitas jalan di beberapa titik dan peningkatan pelayanan angkutan umum dan melakukan pemeriksaan rutin terhadap kendaraan umum di pusat-pusat pertumbuhan ekonomi lokal (Fitriani, Kurniawan, dan Ahmad, 2020).
- Untuk kecamatan yang sudah memiliki potensi lokal, akan tetapi kesulitan dalam pengolahannya dapat dilakukan pengembangan industri manufaktur berbasis potensi lokal untuk menjadi pusat kegiatan ekonomi masyarakat desa (Najiyati, Simanjuntak, dan Nurwati, 2015) atau optimalisasi BUMDES dalam pengolahan dan pemasaran produk pertanian (Zulkarnaen, 2016).

### **Klaster 4 – Kecamatan Terklasifikasi Desa Tertinggal**

Kelompok ini terdiri dari dua kecamatan, yaitu Sagalaherang dan Legonkulon. Sebenarnya dua kecamatan ini sudah memiliki ketersediaan sarana perdagangan dan koperasi, akan tetapi kurang didukung dengan kelengkapan sarana dan infrastruktur lainnya seperti fasilitas kesehatan dan transportasi umum. Klaster ini termasuk ke dalam klasifikasi desa yang memerlukan penanganan paling signifikan agar dapat mengejar ketertinggalan dari kecamatan lainnya, khususnya pada fasilitas dasar pendidikan, fasilitas kesehatan, dan infrastruktur jalan dan jaringan transportasi untuk mendukung kegiatan masyarakat. Strategi yang dapat dikembangkan untuk diterapkan pada desa tertinggal, sesuai dengan pendapat Hartoyo et al., (2023) adalah melalui:

- Pendirian sekolah tingkat dasar dan menengah di beberapa wilayah desa yang strategis.
- Penyediaan fasilitas kesehatan di lokasi strategis yang dapat melayani beberapa desa sekaligus.
- Pembangunan infrastruktur jalan menuju desa-desa untuk memudahkan mobilitas warga serta penyediaan rute angkutan umum.
- Fasilitasi pembangunan infrastruktur industri berbasis potensi lokal desa, seperti pengolahan hasil pertanian dan perikanan.

Tingkat efektivitas strategi pembangunan wilayah kecamatan di Indonesia melalui optimalisasi potensi desa telah menunjukkan hasil yang berbeda-beda. Dukungan penuh terhadap program peningkatan kinerja manajemen dan kelembagaan sangat memengaruhi keberhasilan pelaksanaan strategi pembangunan pedesaan agar berjalan secara optimal sesuai harapan. Pengembangan ekonomi desa dapat dimulai melalui kolaborasi masyarakat yang berorientasi pada pemberdayaan lokal (Fitriani, Kurniawan, dan Ahmad, 2020) dengan syarat pembangunan kerakyatan berupa tersentuhnya aspek-aspek keadilan, keseimbangan sumber daya alam, dan adanya partisipasi masyarakat (Tewu, 2015). Langkah ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pedesaan, meningkatkan daya saing produk, serta mendorong peningkatan pendapatan dan kesejahteraan masyarakat tanpa meninggalkan ciri khas kedesaan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa pengembangan potensi wilayah memiliki peranan yang sangat penting. Potensi desa pada masing-masing kecamatan sangat beragam jika dilihat dari berbagai aspek. Oleh sebab itu, pendekatan klaster menjadi alat yang efektif untuk memetakan keberagaman potensi desa dan kecamatan di Kabupaten Subang, guna mendukung perannya dalam Metropolitan Rebana. Potensi wilayah dikelompokkan menjadi beberapa klaster menggunakan metode Hirarki. Klasterisasi digolongkan ke dalam empat klaster utama. Hal ini berbeda dengan indikasi pada pembagian awal klasifikasi Indeks Desa Membangun menjadi lima klaster, karena hasil analisis menyebutkan tidak ada kecamatan yang tergolong sebagai kecamatan yang memiliki karakteristik Desa Sangat Tertinggal.

Penelitian ini mengelompokkan kecamatan di Kabupaten Subang ke dalam empat klaster berdasarkan potensi dan ketersediaan infrastruktur desa. **Klaster pertama** terdiri dari kecamatan dengan desa mandiri yang memiliki sarana dan infrastruktur paling maju. Klaster ini dapat menjadi *role model* dengan mendorong pembangunan yang partisipatif dan transparan. **Klaster kedua** mencakup satu kecamatan dengan desa maju yang unggul di sektor pariwisata akan tetapi harus memerlukan dukungan dalam pengembangan pariwisata melalui peningkatan infrastruktur, pelestarian budaya, dan penguatan UMKM. **Klaster ketiga** meliputi kecamatan dengan desa berkembang yang memiliki potensi SDM dan lahan pertanian tetapi masih memerlukan optimalisasi infrastruktur dan perlu difokuskan pada peningkatan SDM, aksesibilitas, serta penguatan industri berbasis potensi lokal. **Klaster**

**keempat** terdiri dari kecamatan dengan desa tertinggal yang memiliki keterbatasan fasilitas dasar seperti kesehatan, pendidikan, dan transportasi. Klaster ini membutuhkan prioritas pada pembangunan fasilitas pendidikan, kesehatan, transportasi, serta pengembangan ekonomi berbasis BUMDes.

Kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat sangat diperlukan untuk mendukung pengembangan wilayah secara berkelanjutan khususnya dalam menjadikan desa-desa terdeliniasi Proyek Strategis Nasional menjadi wilayah dengan status Desa Mandiri. Sinergi yang dibangun melalui kebijakan yang ramah investasi dan melindungi potensi lokal akan mendorong Kabupaten Subang menjadi kawasan penyangga yang kuat bagi Metropolitan Rebana.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Bappenas sebagai pendonor utama beasiswa dan Institut Teknologi Bandung yang telah memfasilitasi jalannya penelitian sehingga artikel ini dapat diselesaikan dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bachrein, Saeful. (2010). "Developing Village Approach in West Java: Rural Development Policy and Strategy." *Analisis Kebijakan Pertanian* 8 (Juni): 133-49.
- BPS Kabupaten Subang. (2023). "Kabupaten Subang Dalam Angka 2023."
- Fathia, Annisa Nur., Rita. Rahmawati, dan Tarno. (2016). "Analisis Klaster Kecamatan di Kabupaten Semarang." *JURNAL GAUSSIAN* 5: 801-10. doi:<https://doi.org/10.14710/j.gauss.5.4.801-810>.
- Fitriani, F. Laksmi, Iwan Kurniawan, dan Fandi Ahmad. (2020). "Strategi Pengembangan Potensi Desa dengan Pembuatan Klaster di Wilayah Kabupaten Bandung." *Jurnal Wacana Kinerja: Kajian Praktis-Akademis Kinerja dan Administrasi Pelayanan Publik* 23 (2). Pusat Kajian dan Pelatihan dan Pendidikan Aparatur Lembaga Administrasi Negara (PKP2A I LAN): 151. doi:10.31845/jwk.v23i2.202.
- Hariyanti, Fitri, dan Bekti Indasari. (2022). "Utilization of village potential data to determine the sustainability status of village development in Riau Province, Indonesia." Dalam *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 1083. Institute of Physics. doi:10.1088/1755-1315/1083/1/012074.

- Hartoyo, Djoko, Sri Fatkhia Sa'diah, Supardiono, Dhodik Christanto, Erlangga Putra, Thias Anggoro, Narulita Altari, dkk. (2023). *Pengembangan Kawasan Rebana dan Jawa Barat Bagian Selatan (Implementasi Perpres Nomor 87 Tahun 2021)*. Deputi Bidang Koordinasi Infrastruktur dan Transportasi, Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi RI.
- Johnson, Richard A., dan Dean W. Wichern. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis. Sixth Edition*. Pearson Prentice Hall. 6 ed. Vol. 6th Edition. Pearson Education, Inc.
- Mertens, Donna M. (2010). *Research and Evaluation in Education and Psychology*. SAGE Publication. Vol. 3rd edition. SAGE Publications, Inc.
- Najiyati, Sri, Robert Arthur Simanjuntak, dan Dan Nunung Nurwati. (2015). "Synergism of Local Economic Development Components for Increase in Social Welfare at Telang and Batu Betumpang Rural Areas." *Kajian Ekonomi dan Keuangan* 19 (Desember): 218-45.
- Nur Arifah, Miratun, dan Nugrahani Kusumastuti. (2019). "STRATEGI MEMPERCEPAT PEMBANGUNAN DESA MANDIRI: STUDI DI DESA KEMADANG GUNUNGKIDUL." *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat: Media Pemikiran dan Dakwah Pembangunan* 2 (1). Al-Jamiah Research Centre: 169-88. doi:10.14421/jpm.2018.021-09.
- Putra, Pramana. (2013). "Pengawasan Badan Permusyawaratan Desa (BPD) Dalam Pengelolaan Alokasi Dana Desa (ADD) di Desa Suliliran Baru Kecamatan Pasir Belengkong Kabupaten Paser." *eJournal Ilmu Pemerintahan* 1 (4): 1501-12.
- Rencher, Alvin C. (2002). *Methods of Multivariate Analysis Second Edition*. 2 ed. John Wiley & Sons, Inc. Publication.
- Setiawan, Eko Fajar, dan Suhirman. (2023). "Actor-Based Regional Development Strategy in Metropolitan Rebana." *Proceedings of the Fifth Annual International Conference on Business and Public Administration*, 221-37. doi:10.2991/978-2-38476-090-9\_20.
- Shetty, Pranav, dan Suraj Singh. (2021). "Hierarchical Clustering: A Survey." *International Journal of Applied Research* 7 (4). AkiNik Publications: 178-81. doi:10.22271/allresearch.2021.v7.i4c.8484.
- Soleh, Ahmad. (2017). "Strategi Pengembangan Potensi Desa." *Jurnal Sungkai* 5 (Februari): 32-52.
- Sukarno, Mohamad. (2020). "Analisis Pengembangan Potensi Desa Berbasis Indeks Membangun Desa (IDM) (Studi Kasus: Desa Ponggok, Kecamatan Palohharjo, Kabupaten Klaten)." Dalam *Prosiding Seminar Edusainstech FMIPA UNIMUS 2020*.
- Tewu, Mikael Eukarista. (2015). "Peranan Sumber Daya Manusia Dalam Meningkatkan Aktivitas Kelompok Tani di Desa Tember." *Acta Diurna* 4.
- Widagdo, Rama Arianto, Faizah Finur Fithriah, dan Eka Jatnika Sundana. (2023). "Konsep Pengembangan Kawasan REBANA: Memisahkan Fungsionalitas dan Branding Pengembangan Kawasan." *Jurnal Riset Perencanaan Wilayah dan Kota*, Desember. Universitas Islam Bandung (Unisba), 175-80. doi:10.29313/jrpwk.v3i2.3299.
- Wildani, Widya Nissa, dan Asnita Frida Sebayang. (2023). "Kesiapan Regulasi Pemerintah dalam Implementasi Kerjasama Pemerintah dengan Badan Usaha untuk Penyediaan Infrastruktur Metropolitan Rebana." *Bandung Conference Series: Economics Studies* 3 (1). Universitas Islam Bandung (Unisba). doi:10.29313/bcses.v3i1.5952.
- Zulkarnaen, Reza M. (2016). "PENGEMBANGAN POTENSI EKONOMI DESA MELALUI BADAN USAHA MILIK DESA (BUMDES) PONDOK SALAM KABUPATEN PURWAKARTA." *Dharmakarya: Jurnal Aplikasi Ipteks Untuk Masyarakat* 5 (1): 1-4.

**Jurnal Permukiman**

Volume 20 No. 1, Mei 2025

ISSN : 1907 – 4352  
E-ISSN : 2339 – 2975

**Kumpulan Abstrak**

DDC : 624.1762

Aranta, Seto Ditosurya, Inggar Septhia Irawati

Evaluasi Kinerja Struktur Pada Desain Struktural Gedung Rumah Sakit Dengan Metode *Pushover*  
Jurnal Permukiman Vol. 20 No. 1, Mei 2025, hal.: 11–21

Desain struktur gedung rumah sakit rawat inap 10 lantai di Kota Magelang telah selesai dilakukan dengan metode analisis linear dinamik. Mempertimbangkan bahwa Indonesia termasuk negara yang rawan terhadap gempa maka evaluasi kinerja struktur hasil desain penting untuk dilakukan. Dengan mempertimbangkan fungsi bangunan untuk rumah sakit dan saat ini masih dalam tahap desain maka tujuan evaluasi ini untuk mengetahui apakah target kinerja Immediate Occupancy dan Life Safety tercapai untuk level seismik BSE-1N dan BSE-2N. Evaluasi kinerja kemudian dilakukan berdasarkan ASCE 41-17 dengan menggunakan metode nonlinear statik. ASCE 41-17 ini dirujuk dalam penyusunan rancangan SNI tentang Evaluasi dan Rehabilitasi Seismik untuk Bangunan Gedung Eksisting. Pemodelan geometri struktur menggunakan pemodelan hasil desain. Pemodelan tersebut kemudian dilengkapi dengan parameter nonlinear, yang terdiri dari parameter nonlinear material, nonlinear penampang, dan nonlinear elemen. Arah beban lateral pushover pada analisis ini terbagi menjadi 4 arah, yaitu X positif, X negatif, Y positif, dan Y negatif. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa kinerja struktur tidak memenuhi persyaratan ASCE 41-17 baik pada level seismik BSE-1N maupun BSE-2N. Berdasarkan hasil pengecekan nilai rasio kekuatan elastis perlu terhadap nilai rasio kekuatan maksimum, direkomendasikan untuk melanjutkan analisis dengan menggunakan metode nonlinear dinamik.

Kata kunci: Evaluasi kinerja, kinerja struktur, struktur beton bertulang, nonlinear statik analisis, gedung rumah sakit

DDC: 307.76

Halim, Musthafa

Pengklasteran Potensi Pembangunan di Kabupaten Subang: Strategi Penguatan Peran Desa Penyangga Metropolitan Rebana, Jawa Barat  
Jurnal Permukiman Vol. 20 No. 1, Mei 2025 hal.: 43–53

*Kabupaten Subang perlu mengembangkan potensi wilayahnya yang sebagian besar didominasi wilayah perdesaan untuk mendukung posisinya sebagai penyangga Kawasan Metropolitan Rebana. Penelitian ini bertujuan mengklasterkan kecamatan-kecamatan di Kabupaten Subang berdasarkan potensi desa masing-masing, sehingga dapat dirumuskan strategi pengembangannya untuk ditingkatkan statusnya menjadi Desa Mandiri. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan campuran (kuantitatif dan kualitatif), dengan populasi berupa seluruh kecamatan di Kabupaten Subang yang mencakup sejumlah desa di dalamnya. Pengambilan sampel dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode nonprobability sampling dengan memanfaatkan data sekunder dari BPS Kabupaten Subang serta hasil observasi lapangan. Penelitian ini menggunakan analisis kluster dengan pendekatan hirarki melalui metode ward's dan single linkage. Dalam penelitian ini ditemukan bahwa kecamatan-kecamatan di Kabupaten Subang dapat dikelompokkan menjadi empat kluster atau kategori sesuai ketentuan pada Indeks Desa Membangun (IDM) dan berdasarkan faktor demografi, geografi, serta ketersediaan sarana dan prasarana umum. Selanjutnya, kluster pertama menjadi role model yang pengembangannya berfokus pada rencana pembangunan yang partisipatif. Kluster kedua berfokus pada strategi pengembangan infrastruktur pariwisata beserta kelembagaannya. Kluster ketiga lebih berfokus pada peningkatan sumber daya manusia berbasis vokasi agar dapat mengoptimalkan potensi lokal. Sedangkan, kluster keempat memerlukan perhatian lebih dalam penyediaan infrastruktur fisik dasar dan optimalisasi BUMDes.*

Kata kunci: Penyangga metropolitan, potensi desa, kluster, analisis hirarki, strategi pengembangan

DDC : 363.3495

Hidayati, Desti Ayu Setia, Joko Adianto

Strategi Pemulihan Kondisi Pasca Bencana oleh Penghuni melalui Penyesuaian Rumah pada Huntap RISHA Cianjur

Jurnal Permukiman Vol. 20 No. 1, Mei 2025 hal.: 32-42

Kejadian bencana alam di Indonesia meningkat akibat krisis perubahan iklim yang berdampak pada hilangnya tempat tinggal serta modal penghidupan para korban. Sebagai upaya mengurangi risiko bencana, hunian berteknologi RISHA menjadi solusi Pemerintah bagi korban yang direlokasi. Kurangnya pertimbangan terhadap sumber penghidupan masyarakat mengakibatkan timbulnya masalah baru, seperti fenomena penyesuaian rumah. Hasil survei menunjukkan adanya penyesuaian menggunakan material lain selain komponen RISHA, meskipun ada ketentuan tidak boleh melakukan perubahan pada hunian. Sampai saat ini, evaluasi penilaian kepuasan penghuni terhadap hunian RISHA belum dilakukan secara empiris, sehingga dikhawatirkan luput melihat kebutuhan masyarakat yang sebenarnya. Studi ini bertujuan untuk menilai tingkat kepuasan penghuni terhadap hunian RISHA pasca bencana dan mengidentifikasi adaptasi merumah pada hunian dikaitkan dengan strategi memperbaiki modal penghidupan. Metode kuantitatif melalui survei angket terhadap 232 penghuni menghasilkan penilaian kepuasan hunian pada skor 69,70% (cukup puas), sementara metode kualitatif melalui observasi serta wawancara mendalam menyimpulkan bahwa housing adjustment menjadi strategi penghuni untuk mengatasi ketidakpuasan merumah dan membangun kembali modal penghidupan. Temuan ini memberikan masukan terhadap kebijakan penyediaan hunian pasca bencana, dimana penyesuaian pada hunian RISHA selayaknya tidak dinilai sebagai hal negatif, namun justru perlu mendapatkan pendampingan dan dukungan dari pemerintah sebagai bagian dari upaya pemulihan kondisi korban pasca direlokasi.

Kata kunci : Penyesuaian rumah, ketidakpuasan merumah, kepuasan merumah, hunian pasca bencana, modal penghidupan, RISHA

DDC : 624.183

Partama I Gusti Ngurah Eka

Reformulasi Grafik Kuat Tekan Beton Dengan Hammer Test Tipe-N untuk Meningkatkan Akurasi Hasil Uji Kubus Dan Silinder

Jurnal Permukiman Vol. 20 No. 1, Mei 2025 hal.: 1-10

Salah satu pengujian kuat beton non-destructive test yaitu menggunakan Original Hammer Test Tipe-N yang sangat tergantung pada ketelitian saat menarik garis, menentukan titik dan membaca nilai kuat tekan pada kurva maupun sumbu pada grafik yang disiapkan. Kelemahan ini akan diatasi dengan menyusun persamaan matematis yang menyatakan hubungan nilai pantul ( $R_n$ ) dan kuat tekan ( $f'_c$ ). Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi grafik dan menentukan formulasi yang menyatakan korelasi  $R_n$ - $f'_c$ . Kajian dilakukan dengan analisis regresi berdasarkan korelasi  $R_n$ - $f'_c$  pada grafik yang tersedia pada badan alat maupun buku panduannya dan mensimulasi ulang menggunakan  $R_n = 2$  sampai 60. Data hasil simulasi dianalisis ulang untuk menentukan koreksi persamaan regresi dan modifikasi grafik aslinya. Penelitian ini menyimpulkan bahwa dalam pengujian menggunakan Original Hammer Test Tipe-N kuat tekan dapat ditentukan dengan persamaan regresi polinom derajat 2 yaitu: Kuat tekan yang setara spesimen kubus arah horisontal, kebawah dan keatas masing-masing menggunakan formulasi  $f'_{ccu} = 0,0113R_n^2 + 0,8569R_n - 12,615$ ;  $f'_{ccu} = 0,011R_n^2 + 0,8845R_n - 8,1916$ ;  $f'_{ccu} = 0,0156R_n^2 + 0,5544R_n - 14,081$ , sedangkan untuk spesimen silinder menggunakan persamaan  $f'_{cci} = 0,0077R_n^2 + 0,8557R_n - 7,9264$ ;  $f'_{cci} = 0,0074R_n^2 + 0,8875R_n - 12,663$ ;  $f'_{cci} = 0,0083R_n^2 + 0,877R_n - 19,679$ , dengan  $f'_c$  dalam MPa dan  $R_n =$  Nilai pantul palu.

Kata kunci: Beton, hammer test Tipe-N, kuat tekan, nilai pantul palu, non-destructive test, regresi polinom derajat 2

DDC : 720.47

Sari, Suzanna Ratih, Fadhil Muhammad, Muhammad Fariz Hilmy, Djoko Indrosaptono

Desain Hunian Adaptif Perubahan Iklim di Pesisir Kota Pekalongan

Jurnal Permukiman Vol. 20 No. 1, Mei 2025, hal.: 22-31

Pekalongan merupakan kota di pesisir utara Pulau Jawa yang paling parah terkena dampak perubahan iklim seperti banjir dan genangan air pasang akibat dari perubahan iklim global. Hunian di kawasan pesisir Kota Pekalongan khususnya di Desa Jeruksari mengalami adaptasi sebagai respon terhadap perubahan iklim ini. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan aspek desain yang adaptif dari bangunan gedung di kawasan pesisir Kota Pekalongan. Solusi desain yang adaptif didapatkan berdasarkan kondisi lingkungan fisik hunian berupa rumah tinggal serta mengacu pada pengalaman kota-kota lain yang memiliki dampak serupa. Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif-deskriptif untuk menjelaskan fenomena adaptasi pada bangunan perumahan di kawasan pesisir Kota Pekalongan. Metode pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi langsung ke lapangan dan wawancara terhadap pemilik bangunan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bangunan gedung khususnya bangunan hunian di kawasan pesisir Kota Pekalongan mengalami perubahan akibat adanya proses adaptasi terhadap perubahan iklim yang menyebabkan kenaikan muka air laut antara lain seperti menaikkan level lantai hingga menggunakan material yang mudah dibongkar pasang. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi pedoman desain arsitektur untuk pengembangan rumah terapung.

Kata kunci : Hunian adaptif, kawasan pesisir, iklim, desain, perumahan

## Jurnal Permukiman

Volume 20 No. 1, May 2024

ISSN : 1907 – 4352  
E-ISSN : 2339 – 2975

### *Abstract*

DDC : 624.1762

Aranta, Seto Ditosurya, Inggar Septhia Irawati

Structure Performance Evaluation of the Design of a Hospital Building Using the Pushover Method

Jurnal Permukiman Vol. 20 No. 1, May 2025 p.: 11–21

The structural design of a 10-story inpatient hospital building in Magelang has been completed using the dynamic linear analysis method. Considering that Indonesia is an earthquake-prone country, it is essential to evaluate the structural performance of the design results. This evaluation aims to determine whether the target performance of Immediate Occupancy and Life Safety has been achieved for seismic levels BSE-1N and BSE-2N, respectively. Performance evaluation was then performed using static nonlinear methods based on ASCE 41-17, referred for the draft of the Indonesia Standard Code for Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings. Structural geometry modeling uses results from the previous design steps. Then, the modeling is assigned material nonlinear parameters, cross-sectional nonlinearity, and element nonlinearity. The direction of the pushover lateral load in this analysis is divided into 4 directions, i.e., positive X, negative X, positive Y, and negative Y. Based on the results of the analysis, it is known that the structural performance does not meet the requirements of ASCE 41-17 at both BSE-1N and BSE-2N seismic levels. Based on the results of checking the requirement ratio of the elastic strength demand to yield strength toward the maximum strength ratio, it is recommended that the analysis be continued using the dynamic nonlinear method.

Keywords: Performance evaluation, structural performance, reinforced concrete structure, nonlinear static analysis, hospital

DDC : 307.76

Halim, Musthafa

District Clustering in Subang Regency: A Strategy for Developing Buffer Village of Rebana Metropolitan, West Java

Jurnal Permukiman Vol. 20 No. 1, May 2025 p.: 43–53

Subang Regency needs to develop its regional potential, which is predominantly rural, to strengthen its position as a supporting area for the Rebana Metropolitan Region. This study aims to cluster the districts in Subang Regency based on the potential of each village, allowing for the formulation of development strategies to elevate their status to Desa Mandiri. This research employs mixed-method approach (quantitative and qualitative), with the population consisting of all districts in Subang Regency, encompassing multiple villages. The sampling technique used in this study is non-probability sampling, utilizing secondary data from BPS Kabupaten Subang and field observations. The study applies hierarchical clustering analysis using Ward's method and single linkage. The findings indicate that the districts in Subang Regency can be categorized into four clusters based on the criteria of the Village Development Index (IDM) and factors such as demographics, geography, and the availability of public infrastructure and facilities. The first cluster serves as a role model, focusing on participatory development planning. The second cluster emphasizes the development of tourism infrastructure and related institutions. Third cluster prioritizes vocational-based human resource development to optimize local potential. Meanwhile, fourth cluster requires greater attention in providing basic physical infrastructure and optimizing village-owned enterprises (BUMDes).

Keywords: Metropolitan buffers area, village potentials, cluster, hierarchical analysis, development strategy

DDC : 363.3495

Hidayati, Desti Ayu Setia, Joko Adianto

Post Disaster Recovery Strategy by Residents Through Housing Adjustment at RISHA Settlement

Cianjur

Jurnal Per mukiman Vol. 20 No. 1, May 2025 p.: 32-42

Natural disasters in Indonesia are increasing due to climate change and impacts on the loss of housing and livelihood for the victims. For future disaster risk reduction, the Governments used RISHA housing technology for resettlement. Lack of consideration of post-disaster livelihood in the resettlement programs has resulted in the emergence of the housing adjustment phenomenon. Initial surveys showed that adjustments were done using materials other than RISHA components, though there were prohibitions to make physical changes to housing. Evaluation of resident's satisfaction with RISHA housing in Indonesia has not been carried out empirically, so it might fail to see the real needs of the community. This study aims to assess the level of satisfaction with RISHA housing and identify their housing adjustment as strategies for improving livelihood. A questionnaire survey of 232 respondents resulted in a satisfaction level of 69.70%(moderate), while through observation and in-depth interviews, it concluded that housing adjustment is a strategy to overcome the housing deficit and rebuild livelihood. These findings provide input for post-disaster housing policies, where adjustments to RISHA housing should not be seen as negative things, but instead require assistance and support from the government as efforts to restore the community's livelihood after resettlement.

Keywords: Housing adjustment, housing deficit, housing satisfaction, livelihood capitals, post-disaster settlement, RISHA

DDC: 624.183

Partama, I Gusti Ngurah Eka

Reformulation of Concrete Compressive Strength Graphics With N-Type Hammer Test to Improve the Accuracy of Cube and Cylinder Test Results

Jurnal Per mukiman Vol. 20 No. 1, May 2025 p.: 1-10

One of the non-destructive test concrete strength tests is using N-Type Original Hammer Test which really depends on accuracy when drawing lines, determining points and reading compressive strength values on curves and axes on the prepared graph. This weakness will be overcome by compiling a mathematical equation that states the relationship between reflective value (Rn) and compressive strength (f'c). This research aims to modify the graph and determine a formulation that expresses the Rn-f'c correlation. The study was carried out using regression analysis based on the Rn-f'c correlation on the graphs available on the tool body and in the manual and re-simulating using Rn = 2 to 60. The simulation data was re-analyzed to determine corrections to the regression equation and modifications to the original graph. This research concludes that in testing using the N-Type Original Hammer test the compressive strength can be determined using the 2nd degree polynomial regression equation, namely: The equivalent compressive strength of a cube specimen in horizontal, downward and upward directions respectively using the formulation  $f'_{c_{cu}} = 0.0113Rn^2 + 0.8569Rn - 12.615$ ;  $f'_{c_{cu}} = 0.011Rn^2 + 0.8845Rn - 8.1916$ ;  $f'_{c_{cu}} = 0.0156Rn^2 + 0.5544Rn - 14.081$ , while for cylindrical specimens respectively  $f'_{c_{ci}} = 0.0077Rn^2 + 0.8557Rn - 7.9264$ ;  $f'_{c_{ci}} = 0.0074Rn^2 + 0.8875Rn - 12.663$ ;  $f'_{c_{ci}} = 0.0083Rn^2 + 0.877Rn - 19.679$ , with f'c in MPa and Rn = hammer rebound number.

Keywords: Concrete, N-Type hammer test, compressive strength, hammer rebound number, non-destructive test, polynomial regression of degree 2

DDC : 720.47

Sari, Suzanna Ratih, Fadhil Muhammad, Muhammad Fariz Hilmy, Djoko Indrosaptono  
Climate Change Adaptive Residential Design in The Coastal City of Pekalongan  
Jurnal Permukiman Vol. 20 No. 1, May 2025 p.: 22–31

Pekalongan is a city on the north coast of Java Island that is worst affected by climate disasters such as floods and tidal inundation due to global climate change. Residential areas in the Pekalongan City Coastal Area, especially in Jeruksari Village, are experiencing changes in response to this disaster. The aim of this research is to find adaptive design aspects of buildings in the coastal area of Pekalongan city. Adaptive design solutions are obtained based on conditions and refer to the experience of other cities that have had a similar impact. This research uses a qualitative-descriptive research method to explain the phenomenon of adaptation in residential buildings in the Coastal Area of Pekalongan City. The data collection method was carried out by direct observation in the field and interviews with building owners. The research results show that buildings, especially residential buildings in the coastal area of Pekalongan city, are experiencing changes due to the adaptation process to climate change which causes sea levels to rise, including raising the floor level and using materials that are easy to dismantle and assemble. The results of this research can also serve as architectural design guidelines for the development of floating houses and to assess the hypotheses made regarding floating structures.

Keywords: Adaptive housing, coastal areas, climate, design, housing

**Indeks Subjek / Subject Index**

<b>A</b>	<b>L</b>
Akurasi, 4, 10	Linear, 6, 10, 12, 13, 14, 16, 18, 41, 44
Analisis, 1, 7, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 22, 23, 29, 41, 42, 43, 44, 49, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 60	Lingkungan, 12, 22, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 46, 51, 53
<b>B</b>	<b>M</b>
Banjir Rob, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34	Metropolitan, 46, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 59, 60
Bantuan, 38, 39, 45, 47	Modifikasi, 1, 7, 8, 9, 10, 34, 38, 39, 40, 41, 44
Bencana, 24, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 36, 38, 39, 40, 45, 46, 47, 52, 53	<b>N</b>
Beton, 1, 2, 4, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 22, 23, 31, 32, 34	Nilai pantul palu, 1, 7
<b>D</b>	Nonlinear, 12, 14, 16, 17, 19, 22
Deformasi, 14, 18	<b>O</b>
Desain, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 44	Observasi, 22, 24, 28, 29, 36, 40, 41, 43, 46, 49
<b>E</b>	Operasional, 27, 28
Ekosistem, 26, 27	<b>P</b>
Elastis, 12, 14, 18, 22	Pantulan, 2, 4, 6
Evaluasi, 2, 7, 12, 14, 15, 16, 17, 22, 23, 36, 38, 40, 46	Pascabencana, 38, 40, 45
<b>F</b>	Pemanasan global, 26
Fasilitas, 22, 38, 39, 40, 41, 42, 46, 51, 53, 57, 58, 59	Pengujian, 1, 2, 3, 9, 10
Fondasi, 16	<b>R</b>
<b>G</b>	Regresi, 1, 6, 7, 10, 11, 41, 44
Gedung, 12, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24	Relokasi, 38, 39, 40, 45, 47
Geografis, 51, 55	Representatif, 4, 9
Grafik, 1, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 15	<b>S</b>
<b>H</b>	Sirkulasi, 28
Hammer Test, 1, 9	Strategi, 27, 36, 39, 40, 44, 46, 49, 52, 54, 56, 57, 58, 59, 60
Hirarki, 49, 51, 53, 59	Survei, 36, 39, 40, 41
Hunian, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47	<b>T</b>
<b>I</b>	Teori, 6, 38, 39, 43
Iklm, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 38, 51	<b>U</b>
<b>J</b>	Unik, 52, 55
Jarak, 3, 18, 29, 52, 53, 54, 55, 56	<b>V</b>
<b>K</b>	Variabel, 6, 28, 41, 43, 53, 54, 55, 56, 57
Kapasitas, 19, 20, 21, 22, 26, 39	Variatif, 56
Kawasan Pesisir, 24, 26, 27, 28, 29, 32	<b>W</b>
Kayu, 31, 32, 34	Wawancara, 24, 28, 29, 36, 40, 41, 43, 44, 46
Kinerja, 12, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 59	Wilayah, 24, 26, 27, 34, 35, 38, 39, 40, 45, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60

## Pedoman Penulisan Naskah

1. Redaksi menerima naskah karya ilmiah ilmu pengetahuan dan teknologi bidang permukiman, baik dari dalam dan luar lingkungan Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan
2. Naskah yang diusulkan untuk dimuat dalam Jurnal Permukiman haruslah tulisan yang belum pernah dipublikasikan dalam majalah ilmiah lainnya. Naskah dapat ditulis dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris dengan menggunakan kaidah bahasa tulis yang baik dan benar
3. Naskah disampaikan ke redaksi dalam bentuk file digital "MS Word" jumlah halaman naskah maksimum 15 halaman termasuk abstrak, gambar, tabel dan daftar pustaka
4. Naskah akan dinilai oleh dewan penelaah (mitra bebestari). Kriteria penilaian meliputi kebenaran isi, derajat, orisinalitas, kejelasan uraian dan kesesuaian dengan sasaran jurnal. Dewan penelaah berwenang mengembalikan naskah untuk direvisi atau menolaknya
5. Dewan redaksi dan dewan penelaah berhak memperbaiki naskah tanpa mengubah isi dan pengertiannya, serta akan berkonsultasi dahulu dengan penulis apabila dipandang perlu untuk mengubah isi naskah. Penulis bertanggung jawab atas pandangan dan pendapatnya di dalam naskah
6. Jika naskah disetujui untuk diterbitkan, penulis harus segera menyempurnakan dan menyempurnakannya kembali ke redaksi paling lambat satu minggu setelah tanggal persetujuan
7. Bila naskah diterbitkan, penulis akan mendapatkan *reprint* (cetak lepas) sebanyak 3 eksemplar dan naskah akan menjadi hak milik instansi penerbit
8. Naskah yang tidak dapat diterbitkan akan diberitahukan kepada penulis dan naskah tidak akan dikembalikan, kecuali ada permintaan lain dari penulis
9. Keterangan yang lebih terperinci dapat menghubungi Sekretariat Redaksi
10. Secara teknis persyaratan naskah adalah : Sistematika penulisan :
  - **Bagian awal:** Judul, Keterangan Penulis, Abstrak. Abstrak disusun dalam satu alinea antara 150-200 kata berisi: alasan penelitian dilakukan, pernyataan singkat apa yang telah dilakukan (metode), pernyataan singkat apa yang telah ditemukan, pernyataan singkat apa yang telah disimpulkan disertai minimal 5 kata kunci. Judul, Abstrak dan Kata Kunci disusun dalam 2 (dua) bahasa (Indonesia - Inggris).
  - **Bagian utama :** Pendahuluan, Metode, Hasil dan Pembahasan, Kesimpulan
  - **Bagian akhir:** Ucapan Terima Kasih, Daftar Pustaka dan Lampiran (jika ada) Teknik penulisan:
    - a. Naskah ditulis pada kertas ukuran A4 *portrait* (210 x 297 mm), ketikan satu spasi dengan 2 kolom, jarak kolom pertama dan kedua 0,5 cm.
    - b. Margin: tepi atas 3 cm, tepi bawah 2,5 cm, sisi kiri 3 cm dan kanan 2 cm. Alinea baru diberi tambahan spasi (+ ENTER).

Penggunaan huruf:

      - Judul, ditulis di tengah halaman, Cambria 14 pt. Kapital **Bold**
      - Isi Abstrak, Cambria 10 pt *italic*, 1 spasi
      - Judul Bab ditulis di tepikiri, Cambria Kapital 11pt, **Bold**
      - Judul Sub Bab, Cambria *Tittle Case* 11pt, **Bold**
      - Isi, Cambria 10 pt, 1 spasi
      - Penomoran halaman menggunakan angka arab
    - c. Daftar Pustaka sebaiknya menggunakan referensi terbaru, terbitan 5 (lima) tahun terakhir, kecuali untuk *handbook* yang belum ada cetakan revisi/ terbaru.
    - d. Pustaka dalam teks (*in text citation*), sumber pustaka suatu kutipan atau cuplikan dalam teks ditulis dengan mengacu pada aturan Chicago Manual Style (*authors - date*);
      - Sumber pustaka dapat ditulis langsung dalam teks dalam suatu tanda kurung( ). Bila terdapat beberapa sumber pustaka maka urutan penulisan adalah berdasarkan abjad dan kemudian berdasarkan tahun publikasi. CONTOH: "... seperti diungkap dalam penelitian terdahulu (Allan 1996a, 1996b, 1999; Allan and Jones 1995). Armstrong et al. (2010) telah menyatakan bahwa ..."
    - e. Daftar pustaka ditulis sesuai contoh sebagai berikut:

**Buku/monograf** (satu pengarang)  
Pollan, Michael. 2006. *The Omnivore's Dilemma: A Natural History of Four Meals*. New York: Penguin.

**Artikel Jurnal**  
Sabaruddin, Arief, Tri Harso Karyono, Rumiati R. Tobing. 2013. Metoda Kovariansi dalam Penilaian Kinerja Kemampuan Adaptasi Bangunan terhadap Lingkungan. *Jurnal Permukiman* Vol. 8 No.1 April 2013: 30-38.

**Situs Web**  
Achenbach, Joel. 2015. "Why Do Many Reasonable People Doubt Science?". *National Geographic*.  
<http://ngm.nationalgeographic.com> (diakses 15 Juni 2015).



Kementerian Pekerjaan Umum  
Direktorat Jenderal Cipta Karya  
Direktorat Bina Teknik Bangunan Gedung dan Penyehatan Lingkungan

ISSN 1907-4352



9 771907 435264