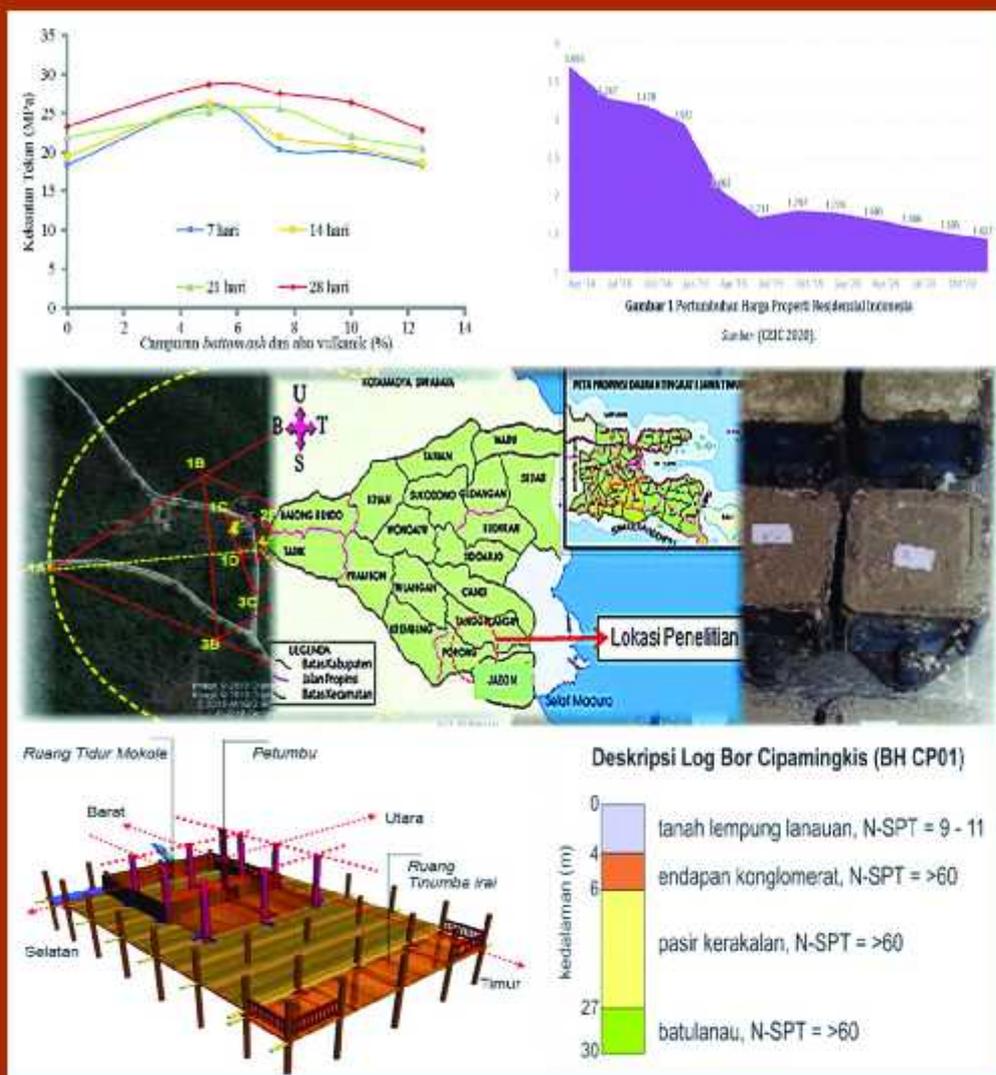


JURNAL PERMUKIMAN



JURNAL PERMUKIMAN	VOL. 16	NO. 2	HAL 61 - 125	BANDUNG November 2021	E-ISSN 2339 - 2975
-------------------	---------	-------	-----------------	--------------------------	-----------------------

Terakreditasi KEMENRISTEKDIKTI No : 21/E/KPT/2018 Peringkat 2 (S2)

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

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

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

- Pelindung Penanggung Jawab : Direktur Bina Teknik Permukiman dan Perumahan
: Kepala Sub Direktorat Data dan Pengembangan Sistem Informasi Permukiman
- Ketua merangkap anggota : Drs. Aris Prihandono, MSc. (*Bidang Teknologi Infrastruktur Permukiman*)
Anggota : Lia Yulia Iriani, SH., MSi. (*Bidang Kebijakan Ilmu dan Teknologi*)
: Ir. Sri Darwati, MSc. (*Bidang Manajemen Lingkungan*)
: Wahyu Sujatmiko, ST. MT. (*Bidang Teknik Fisika*)
- Mitra Bebestari : Prof. Dr. Ir. Bambang Subiyanto, M. Agr. (*Bidang Bahan Bangunan, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia*)
: Prof. Ir. Iswandi Imran, MASc. Ph. D. (*Bidang Rekayasa Struktur, Institut Teknologi Bandung*)
: Dr. Ir. Tri Padi (*Bidang Teknik Lingkungan, Profesional*)
: Muhamad Abduh, Ph. D. (*Bidang Rekayasa Konstruksi, Institut Teknologi Bandung*)
: Dr. Ir. Suprpto, MSc. FPE. (*Bidang Teknik Fisika, Profesional*)
: Prof. Dr. Ir. Anita Firmanti, MT. (*Bidang Bahan Bangunan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat*)
: I Gede Nyoman Mindra Jaya, MSi. (*Bidang Statistik, Universitas Padjadjaran*)
: Dr. Eng. Aris Aryanto, ST. MT. (*Bidang Bahan dan Rekayasa Struktur, Institut Teknologi Bandung*)
: Dr. Yosafat Aji Pranata, ST. MT. (*Bidang Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha*)
: Dr. Ir. Purnama Salura, MT. MBA. (*Bidang Arsitektur, Universitas Katolik Parahyangan*)
: Prof. Dr. Andreas Wibowo, ST., MT. (*Bidang Manajemen dan Rekayasa Konstruksi, 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*)
- PemimpinRedaksiPelaksana : Dra. Nursiah
: Dra. Roosdharmawati
: Drs. Arif Sugiarto, MM.
: Rindo Herdianto, S.IIP.
: Meydina Fauzia A., S. Ptk.

Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan
Direktorat Jenderal Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
Jalan Panyawungan, Cileunyi Wetan, Kabupaten Bandung 40393
Tlp. 022-7798393 (4 saluran) Fax. 022-7798392
<http://jurnalpermukiman.pu.go.id>

Daftar Isi

Daftar Isi	ii
Pengantar Redaksi	iii
Usulan Pembaruan Tabel Faktor Langit pada SNI 03-2396-2001 tentang Pencahayaan Alami pada Bangunan <i>Proposal for Revision of Sky Component Table in SNI 03-2396-2001 on Daylighting in Buildings</i> <i>Fahmi Nur Hakim, Atthaillah, Rizki Armanto Mangkuto</i>	61 – 68
<i>Gated Community, Cluster, Sistem Keamanan 24 Jam: Menelusuri Bentuk Perumahan dari Sisi Pengembang</i> <i>Gated Community, Cluster, 24-hours Security System: Unveiling Form of Housing Estates from Developers' Perspective</i> <i>Fenita Indrasari</i>	69 – 81
Persepsi Masyarakat dan Kesesuaian Teknis Jalur Pemandu bagi Pejalan Kaki Tunanetra pada Area Publik: Studi Kasus Jalur Pemandu pada Ruas Teras Cihampelas, Bandung <i>Public Perception and Technical Compatibility of Tactile Paving for Visually Impaired in Public Area: A Case Study of Tactile Paving in Teras Cihampelas Section, Bandung</i> <i>Agara Dama Gaputra</i>	82 – 89
Pemetaan Kerentanan Tsunami untuk Mendukung Ketahanan Wilayah Pesisir <i>Tsunami Vulnerability Mapping to Support Coastal Area Resilience</i> <i>Andik Isdianto, Diah Kurniasari, Aris Subagiyo, Muchamad Fairuz Haykal, Supriyadi</i>	90 – 100
Aplikasi Model Sistem Dinamik untuk Evaluasi Skenario Pengelolaan Sampah di Wilayah Pelayanan Tempat Pengolahan dan Pemrosesan Akhir Sampah (TPPAS) Nambo <i>Application of System Dynamics Model for Evaluation of Municipal Solid Waste Management Scenarios in Service Areas of Nambo Regional Waste Treatment and Final Disposal Site</i> <i>Mochammad Chaerul, Ika Artika</i>	101 – 115
Kumpulan Abstrak	116 – 121
Indeks Subjek	122
Indeks Pengarang	123 – 125

Pengantar Redaksi

Puji syukur kami panjatkan karena dengan izinNya dapat menyelesaikan penerbitan Jurnal Permukiman edisi kedua pada tahun ini. Bahasan yang kami sajikan pada edisi ini adalah mengenai pencahayaan pada bangunan, bentuk perumahan, fasilitas dan infrastruktur bagi disabilitas, ketahanan di wilayah pesisir menghadapi bencana tsunami, dan kebijakan pengelolaan sampah.

“Usulan Pembaruan Tabel Faktor Langit Pada SNI 03-2396-2001 Tentang Pencahayaan Alami Pada Bangunan” dibahas oleh Fahmi Nur Hakim, Atthailah, dan Rizki A. Mangkuto. Diutarakan bahwa pencahayaan alami siang hari merupakan unsur krusial untuk dipertimbangkan pada desain bangunan karena dua manfaat besarnya yaitu efisiensi energi dan peningkatan kerja, serta kesehatan bagi pengguna.

Proses pengambilan keputusan berbasis pasar menjadi penentu bentuk perumahan yang dibangun oleh pengembang. Pemerintah perlu mengarahkan melalui regulasi yaitu perizinan perumahan untuk mengurangi efek negatif dari pembangunan *gated community*. Fenita Indrasari membahasnya dalam tulisan yang berjudul “*Gated Community, Cluster, Sistem Keamanan 24 Jam : Menelusuri Bentuk Perumahan Dari Sisi Pengembang*”

Proses dan tahapan perancangan, konstruksi dan pengelolaan jalur pemandu pada area publik harus diawasi dengan ketat dan melibatkan pihak-pihak lintas disiplin, sehingga jalur pejalan kaki pada umumnya dan jalur pemandu pada khususnya dapat dibangun dan dimanfaatkan. Bahasan tersebut ditulis oleh Agara Dama Gaputra dalam judul “Persepsi Masyarakat dan Kesesuaian Teknis Jalur Pemandu Bagi Pejalan Kaki Tunanetra Pada Area Publik : Studi Kasus Jalaur Pemandu Pada Ruas Teras Cihampelas, Bandung”

Andik Isdianto, Diah Kurniasari, Aris Subagiyo, Muchamad Fairuz Haykal, dan Supriyadi melakukan “Pemetaan Kerentanan Tsunami Untuk Mendukung Ketahanan Wilayah Pesisir”. Dikemukakan sebagai langkah awal untuk membangun ketahanan bencana tsunami yaitu dengan mengidentifikasi karakteristik ancaman, kerentanan dan resiko bencana tsunami. Sistem informasi geografis digunakan dalam memetakan kerentanan suatu daerah terhadap bencana tsunami dengan parameter antara lain : kemiringan lahan, tingkat elevasi daratan, penggunaan lahan dan jarak dari garis pantai, dan diolah dengan metode *Weighted Overlay Analysis*.

Tulisan penutup adalah “Aplikasi Model Sistem Dinamik Untuk Evaluasi Skenario Pengelolaan Sampah Di Wilayah Pelayanan Tempat Pengolahan Dan Pemrosesan Akhir Sampah (TPPAS) Nambo” oleh Mochammad Chaerul dan Ika Kartika. Diharapkan dengan aplikasi sistem dinamik dapat dihasilkan skenario optimum terkait pengelolaan sampah yang menjadi wilayah pelayanan TPPAS Nambo, terutama dengan mempertimbangkan faktor timbulan sampah, kapasitas fasilitas pengolahan sampah, kapasitas pengangkutan, biaya pengelolaan sampah, dan emisi lingkungan.

Selamat Membaca.

Bandung, November 2021
Redaksi

UCAPAN TERIMA KASIH

Redaksi pelaksana Jurnal Permukiman mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi, khususnya para Mitra Bestari Jurnal Permukiman Volume 16 Nomor 2 November 2021 :

1. Dr. Sri Astuti, MSA.
2. Dr. Ir. Tri Padmi
3. Ir. Indra Budiman Syamwil, MSc. Ph.D. (Almarhum)

USULAN PEMBARUAN TABEL FAKTOR LANGIT PADA SNI 03-2396-2001 TENTANG PENCAHAYAAN ALAMI PADA BANGUNAN

Proposal for Revision of Sky Component Table in SNI 03-2396-2001 on Daylighting in Buildings

Fahmi Nur Hakim¹, Atthailah², Rizki Armanto Mangkuto³

¹Program Magister Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung,
Jalan Ganesha 10, Bandung 40132

²Program Doktor Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung,
Jalan Ganesha 10, Bandung 40132

³Kelompok Keahlian Fisika Bangunan, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung,
Jalan Ganesha 10, Bandung 40132

Surel: 23320015@mahasiswa.itb.ac.id, atthailah@unimal.ac.id, armanto@tf.itb.ac.id

Diterima : 19 Maret 2021; Disetujui : 28 Oktober 2021

Abstrak

Pencahayaan alami siang hari (PASH) ialah unsur krusial untuk dipertimbangkan pada desain bangunan karena dua manfaat besar yaitu efisiensi energi dan peningkatan kinerja dan kesehatan pengguna. Di Indonesia hanya terdapat satu regulasi yang mengatur tentang PASH dalam bangunan, yaitu Standar Nasional Indonesia (SNI) SNI 03-2396-2001. Selain belum pernah diperbarui kembali sejak dipublikasikan, terdapat sejumlah persoalan dalam SNI 03-2396-2001, antara lain penggunaan model langit seragam yang tidak lagi relevan serta adanya kesalahan nilai-nilai faktor langit (FL) pada tabel yang dicantumkan standar tersebut. Untuk itu, penelitian ini mengusulkan penggunaan model langit berawan standar CIE yang masih berlaku saat ini, serta mengamati nilai galat dari FL pada berbagai kasus uji dalam SNI 03-2396-2001 dan kasus uji 5.11 dalam dokumen CIE 171:2006. Metode analitik digunakan untuk menghitung nilai FL dan mengetahui nilai galat untuk model langit seragam pada SNI 03-2396-2001 terhadap langit berawan standar CIE. Hasil yang didapat menunjukkan perbedaan nilai FL yang signifikan untuk kasus $H/D < 1,0$, dengan galat maksimum sebesar 163% untuk $H/D = L/D = 0,1$, serta 34% pada kasus uji 5.11 dalam dokumen CIE 171:2006, sehingga dapat menimbulkan kesalahan yang serius dalam praktik desain bangunan.

Kata Kunci: Cahaya siang hari, faktor langit, faktor pencahayaan siang hari, standar CIE overcast sky, model langit seragam

Abstract

Daylighting is a crucial factor in building design, due to the benefits of energy efficiency and improvement in user performance and health. In Indonesia, the only national regulation on daylighting is SNI 03-2396-2001, which has not been revised since its publication. Several problems are recognised in the standard, among others are the use of obsolete uniform sky and the errors in sky component (SC) values provided in the lookup table. Therefore, this research aims to propose the use of the standard CIE overcast sky, which is still valid up to now, while observing the errors of SC values in several test cases in SNI 03-2396-2001 and in the test case 5.11 of the CIE 171:2006 document. Analytical method is applied to calculate SC values and to determine the errors for the case of the uniform sky model in SNI 03-2396-2001 with respect to the standard CIE overcast sky. The results suggest significant difference of SC values in cases where $H/D < 1.0$, with maximum error of 163% when $H/D = L/D = 0.1$, and 34% for the test case 5.11 in CIE 171:2006, which may yield serious errors in building design practice.

Keywords: Daylighting, sky components, daylight factor, standard CIE overcast sky, uniform sky model

PENDAHULUAN

Pada tahap awal proses desain suatu bangunan, terdapat beberapa aspek yang perlu diperhatikan, salah satunya aspek pencahayaan alami siang hari (PASH). Pada dekade 1970-an, aplikasi teknologi pencahayaan elektrik menjadi primadona dalam

desain bangunan karena kepraktisan dalam penggunaan dan pengendaliannya (Bellia, Bisegna, dan Spada 2011). Akan tetapi, isu pemborosan energi dan degradasi lingkungan pada akhir abad 20, membuat pencahayaan alami kembali menjadi faktor utama dalam desain pencahayaan bangunan

(Heerwagen 2000; Lechner 2007). Hal ini antara lain disebabkan oleh kemampuan PASH dalam meningkatkan penghematan konsumsi energi sebesar 40-45% pada bangunan (Mediastika 2013; Lechner 2007). Kedua, PASH dapat mempengaruhi aspek fisiologis dan psikologis manusia secara positif. Berbagai penelitian telah dilakukan terkait manfaat PASH terhadap peningkatan kinerja dan kesehatan fisiologis dan psikologis penghuni bangunan (Boubekri 2008; Boubekri et al. 2020; Hescong, Wright, dan Okura 2000; Mediastika 2013; Lechner 2007; Bellia, Bisegna, dan Spada 2011). Oleh sebab itu, keberadaan PASH dalam desain suatu bangunan menjadi sangat krusial untuk dipertimbangkan dengan bijaksana.

Untuk dapat menjamin kualitas dari penerapan PASH dalam bangunan diperlukan regulasi yang mengatur metrik yang digunakan serta kriteria yang relevan. Di Indonesia, standar yang mengatur tentang PASH dalam bangunan adalah SNI 03-2396 (2001), yaitu revisi dari standar yang sama sebelumnya (1991). Metrik PASH yang digunakan pada SNI 03-2396-2001 adalah faktor pencahayaan alami siang hari (FPASH) dan faktor langit (FL), namun dengan asumsi model langit berawan seragam (Yamauti 1924), mengacu pada standar NGB II 1951/V 1069 (NNI, 1953) yang dipublikasikan di Belanda pada tahun 1953. Penggunaan langit seragam pada standar NGB II 1951/V 1069 tersebut terutama disebabkan belum diadopsinya model langit berawan (Moon dan Spencer 1942) sebagai langit berawan standar oleh Komisi Internasional Pencahayaan (CIE).

Sementara itu, sejak diadopsinya langit berawan Moon dan Spencer sebagai langit berawan standar, CIE sudah tidak lagi memasukkan langit seragam sebagai salah satu model langit standar yang digunakan untuk perhitungan FPASH (Reinhart 2011). Hal ini terutama disebabkan kondisi langit seragam dinilai tidak realistis karena hanya mengasumsikan satu nilai luminansi yang konstan secara spasial di seluruh kubah langit.

Di berbagai standar yang berlaku di luar negeri, FPASH sampai saat ini masih banyak digunakan sebagai salah satu metrik PASH dalam bangunan. Hal ini dapat dilihat dengan masih diadopsinya FPASH pada regulasi internasional seperti EN 17037:2018 (CEN 2018) yang berlaku di negara-negara Eropa, yang masih mengasumsikan penggunaan langit berawan standar CIE dalam perhitungan FPASH. Sementara dalam SNI 03-2396-2001, seperti telah dijelaskan sebelumnya, model langit seragam masih digunakan untuk perhitungan FPASH. Selain itu, SNI 03-2396-2001 juga memiliki ketidakakuratan dalam penulisan nilai-nilai FL yang disajikan dalam bentuk tabel (Tabel 4 dalam SNI 03-2396-2001),

sebagaimana telah dijabarkan pada penelitian sebelumnya (Mangkuto 2016). Hal ini cukup memprihatinkan, sehingga perlu adanya upaya untuk memperbaiki standar PASH tersebut yang masih berlaku hingga saat ini.

Berdasarkan hal-hal tersebut, pada penelitian ini dilakukan perbandingan nilai FL pada model langit seragam Yamauti (1924) yang diadopsi oleh SNI 03-2396-2001 dengan model langit berawan standar CIE berdasarkan model Moon dan Spencer (1942), untuk mengetahui nilai galat yang ditimbulkan. Selanjutnya, pada penelitian ini juga dilakukan perhitungan nilai FL untuk lima kasus uji seperti terdapat dalam SNI 03-2396-2001, serta kasus uji 5.11 dalam dokumen CIE 171 (2006). Hal ini dilakukan sebagai langkah awal dalam upaya memberikan masukan untuk pembaruan standar yang mengatur tentang PASH di Indonesia.

METODE

Dalam SNI 03-2396-2001, perhitungan FPASH dilakukan berdasarkan nilai FL saja, dengan asumsi bahwa FL ialah komponen yang paling berkontribusi dalam menentukan nilai FPASH keseluruhan. Meskipun demikian, FPASH tidak hanya terdiri dari FL saja, namun juga faktor refleksi luar (FRL) dan faktor refleksi dalam (FRD) yang secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$FPASH = FL + FRL + FRD \dots\dots\dots (1)$$

Sementara itu, FL dapat didefinisikan sebagai persentase perbandingan nilai iluminansi pada suatu titik dalam ruangan ($E_{i,l}$) akibat cahaya langsung dari langit terhadap nilai iluminansi di lapangan terbuka di luar ruangan (E_o) pada saat yang bersamaan. Secara matematis:

$$FL = \frac{E_{i,l}}{E_o} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Selanjutnya, langit seragam sendiri ialah deskripsi paling awal dan sederhana dari model langit, di mana matahari tidak terlihat serta luminansi langit di setiap titik kubah langit memiliki nilai yang sama (Yamauti 1924). Secara matematis:

$$L(\gamma, \alpha) = L_z = \text{konstan} \dots\dots\dots (3)$$

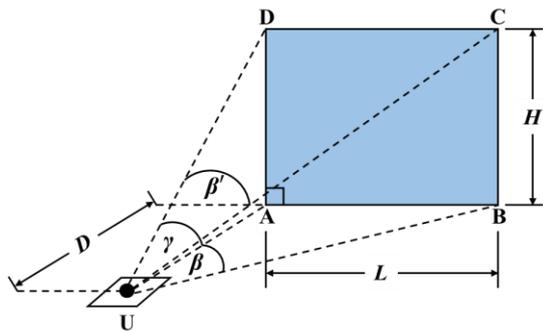
Adapun model langit berawan standar CIE ialah deskripsi standar dari kondisi terburuk untuk model langit yang lazim digunakan dalam desain pencahayaan alami dalam ruang (Moon dan Spencer 1942). Pada model langit ini, besarnya luminansi langit di cakrawala adalah 1/3 luminansi langit di titik zenit, sedangkan luminansi langit pada dengan model matematis sebagai berikut:

$$L(\gamma, \alpha) = L_z \frac{1+2 \sin \gamma}{3} \dots \dots \dots (4)$$

di mana $L(\gamma, \alpha)$ ialah luminansi langit pada titik dengan sudut ketinggian (γ) dan sudut azimut (α) tertentu, serta L_z adalah luminansi langit pada titik zenit.

Perhitungan FL dengan Model Langit CIE Berawan Standar

Untuk menyamakan format tabel usulan dengan Tabel FL (yaitu Tabel 4) pada SNI 03-2396-2001, maka perhitungan FL pada penelitian ini menggunakan parameter-parameter masukan nilai FL yang sama dengan Tabel SNI 03-2396-2001. Pada tabel yang dimaksud, parameter masukan yang digunakan adalah perbandingan lebar lubang cahaya efektif dengan jarak titik ukur ke lubang cahaya (L/D) (Gambar 1) pada rentang nilai 0,1~6,0 dan tinggi lubang cahaya efektif dengan jarak titik ukur ke lubang cahaya (H/D) (Gambar 1) juga pada rentang nilai 0,1~6,0.



Gambar 1 Ilustrasi Suatu Titik Ukur U yang Terletak pada Jarak D dari Suatu Lubang Cahaya Efektif Vertikal ABCD

Kemudian, perhitungan nilai FL dilakukan menggunakan model langit berawan standar CIE dengan model matematis sebagai berikut:

$$FL = \frac{3}{14\pi} (\beta - \beta' \cos \gamma) + \frac{2}{7\pi} \sin^{-1} (\sin \beta \sin \gamma) - \frac{1}{7\pi} (\sin 2 \gamma \sin \beta') \dots (5)$$

$$\beta = \tan^{-1} \frac{L}{D}; \beta' = \tan^{-1} \frac{\frac{L}{D}}{\sqrt{(H/D)^2 + 1}}; \gamma = \tan^{-1} \frac{H}{D} \dots (6)$$

Perbandingan Nilai FL Model Langit Berawan Standar CIE dengan Model Langit Seragam pada SNI 03-2396-2001

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan nilai FL dengan model langit berawan standar CIE dengan beberapa skenario, yaitu perbandingan dengan parameter pada Tabel SNI 03-2396-2001, perbandingan pada contoh perhitungan dalam SNI

03-2396-2001, serta perbandingan pada kasus uji 5.11 dalam dokumen CIE 171:2006.

Pada Tabel SNI 03-2396-2001 terdapat 19 nilai L/D dan H/D pada rentang 0,1~6,0, sehingga terdapat 361 nilai FL pada tabel tersebut. Perbedaan setiap nilai FL yang dihitung dengan model langit berawan standar CIE (FL_{CIE}) dengan nilai FL pada Tabel SNI 03-2396-2001 (FL_{SNI}) dinyatakan dengan galat relatif ϵ yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\epsilon = \frac{|FL_{CIE} - FL_{SNI}|}{FL_{CIE}} \times 100\% \dots \dots \dots (7)$$

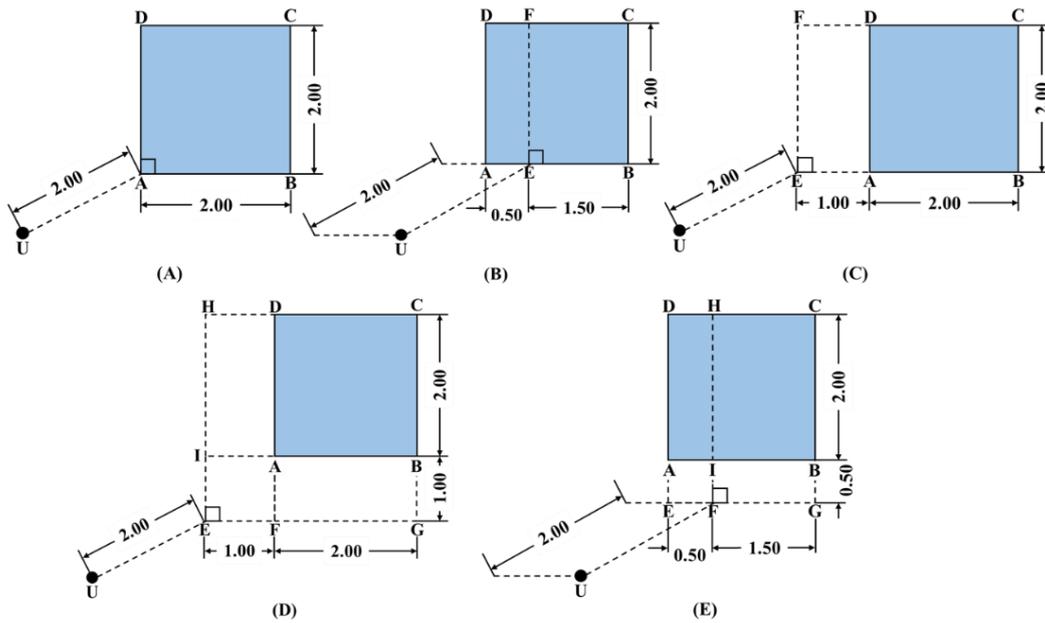
Setiap nilai FL tersebut dapat dikelompokkan berdasarkan nilai galat yang ditimbulkan, yaitu $\epsilon > 10\%$: perbedaan sangat signifikan (atau sangat tidak akurat), $5\% < \epsilon < 10\%$: perbedaan signifikan (tidak akurat), $2\% < \epsilon < 5\%$: perbedaan tidak signifikan (akurat), serta $\epsilon < 2\%$: perbedaan sangat tidak signifikan (sangat akurat) (Mangkuto, 2016).

Perbandingan Nilai FL pada Contoh Perhitungan dalam SNI 03-2396-2001

Untuk menunjukkan aplikasi dari konsep FL dalam desain suatu bangunan, SNI 03-2396-2001 memberikan contoh perhitungan nilai FL pada lima kasus bukaan cahaya efektif yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Pada kelima kasus tersebut, titik ukur ditunjukkan pada titik U dengan jarak 2 m terhadap bidang lubang cahaya ABCD yang berukuran 2 m x 2 m dengan konfigurasi yang berbeda-beda. Perhitungan nilai FL pada kelima kasus tersebut dilakukan dengan memasukkan nilai L/D dan H/D ke dalam Persamaan (5), serta dibandingkan dengan nilai FL menggunakan Tabel SNI 03-2396-2001. Rincian perhitungan nilai FL dengan berbagai nilai L/D dan H/D pada lima kasus tersebut ialah sebagai berikut:

1. Pada kasus (a), FL di titik U = FL dari ABCD ($L/D=2/2=1, H/D=2/2=1$)
2. Pada kasus (b), FL di titik U = FL dari EFDA ($L/D = 0,5/2 = 0,25, H/D = 2/2 = 1$) + FL dari EBCF ($L/D = 1,5/2 = 0,75, H/D = 2/2 = 1$)
3. Pada kasus (c), FL di titik U = FL dari EBCF ($L/D = 3/2 = 1,5, H/D = 2/2 = 1$) - FL dari EADF ($L/D = 1/2 = 0,5, H/D = 2/2 = 1$)
4. Pada kasus (d), FL di titik U = FL dari EGCH ($L/D = 3/2 = 1,5, H/D = 3/2 = 1,5$) - FL dari EFDH ($L/D = 1/2 = 0,5, H/D = 3/2 = 1,5$) + FL dari EFAI ($L/D = 1/2 = 0,5, H/D = 1/2 = 0,5$) - FL dari EGBI ($L/D = 3/2 = 1,5, H/D = 1/2 = 0,5$).
5. Pada kasus (e), FL di titik U = FL dari FHDE ($L/D = 0,5/2 = 0,25, H/D = 2,5/2 = 1,25$) - FL dari FIAE ($L/D = 0,5/2 = 0,25, H/D = 2,5/2 = 1,25$) + FL dari FHCG ($L/D = 1,5/2 = 0,75, H/D = 2,5/2 = 1,25$) - FL dari FIBG ($L/D = 1,5/2 = 0,75, H/D = 2,5/2 = 1,25$).



Gambar 2 Lima kasus dari Suatu Lubang Cahaya Efektif, Relatif terhadap Titik Ukur yang Tercantum pada SNI 03-2396-2001 (BSN, 2001); Dimensi dalam Satuan Meter

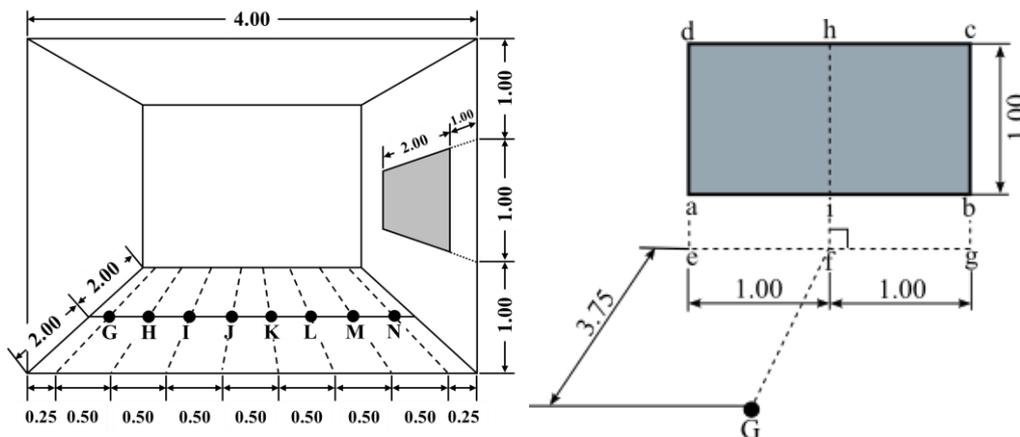
Perbandingan Nilai FL pada Kasus Uji 5.11 dalam CIE 171:2006

Untuk mengetahui lebih lanjut mengenai perbedaan nilai FL dengan model langit berawan standar CIE dengan nilai FL pada Tabel SNI 03-2396-2001, suatu ruang dengan bukaan yang sama namun posisi titik ukur yang berbeda, dilakukan perhitungan nilai FL pada kasus uji (*test case*) 5.11 dalam dokumen CIE 171 (2006). Kasus uji tersebut bertujuan mengevaluasi nilai FL pada beberapa titik ukur yang terdapat pada suatu ruangan tanpa refleksi dengan ukuran 4 m x 4 m x 3 m dan bukaan cahaya tanpa kaca berukuran 2 m x 1 m pada kondisi langit CIE Berawan Standar. Pada penelitian ini, hanya titik-titik ukur yang terletak pada bidang horizontal yang digunakan

untuk mengevaluasi nilai FL. Posisi titik-titik ukur serta dimensi ruangan dan bukaan pada kasus uji ini ditunjukkan pada Gambar 3.

Rincian perhitungan nilai FL di setiap titik ukur pada ruang dengan nilai perbandingan L/D dan H/D yang beragam adalah sebagai berikut:

1. Pada titik ukur G, FL di titik G = 2 × (FL dari FGCH ($L/D = 1/3,75 = 0,267, H/D = 2/3,75 = 0,533$) - FL dari FGBI ($L/D = 1/3,75 = 0,267, H/D = 1/3,75 = 0,267$))
2. Pada titik ukur H, FL di titik H = 2 × (FL dari FGCH ($L/D = 1/3,25 = 0,308, H/D = 2/3,25 = 0,615$) - FL dari FGBI ($L/D = 1/3,25 = 0,308, H/D = 1/3,25 = 0,308$))



Gambar 3 Posisi Titik Ukur serta Dimensi Ruang dan Bukaan Pada Kasus Uji 5.11 dalam Dokumen CIE 171:2006 (CIE, 2006); Dimensi dalam Satuan Meter

3. Pada titik ukur I, FL di titik I = $2 \times$ (FL dari FGCH ($L/D = 1/2,75 = 0,364$, $H/D = 2/2,75 = 0,727$) – FL dari FGBI ($L/D = 1/2,75 = 0,364$, $H/D = 1/2,75 = 0,364$))
4. Pada titik ukur J, FL di titik J = $2 \times$ (FL dari FGCH ($L/D = 1/2,25 = 0,444$, $H/D = 2/2,25 = 0,889$) – FL dari FGBI ($L/D = 1/2,25 = 0,444$, $H/D = 1/2,25 = 0,444$))
5. Pada titik ukur K, FL di titik K = $2 \times$ (FL dari FGCH ($L/D = 1/1,75 = 0,571$, $H/D = 2/1,75 = 1,143$) – FL dari FGBI ($L/D = 1/1,75 = 0,571$, $H/D = 1/1,75 = 0,571$))
6. Pada titik ukur L, FL di titik L = $2 \times$ (FL dari FGCH ($L/D = 1/1,25 = 0,8$, $H/D = 2/1,25 = 1,6$) – FL dari FGBI ($L/D = 1/1,25 = 0,8$, $H/D = 1/1,25 = 0,8$))
7. Pada titik ukur M, FL di titik M = $2 \times$ (FL dari FGCH ($L/D = 1/0,75 = 1,333$, $H/D = 2/0,75 = 2,667$) – FL dari FGBI ($L/D = 1/0,75 = 1,333$, $H/D = 1/0,75 = 1,333$))
8. Pada titik ukur N, FL di titik N = $2 \times$ (FL dari FGCH ($L/D = 1/0,25 = 4$, $H/D = 2/0,25 = 8$) – FL dari FGBI ($L/D = 1/0,25 = 4$, $H/D = 1/0,25 = 4$))

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan nilai FL dengan model langit berawan standar CIE dengan L/D pada rentang 0,1~6,0 dan H/D pada rentang 0,1~6,0 ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan tabel tersebut, dapat dilihat bahwa nilai FL_{CIE} meningkat seiring meningkatnya nilai L/D dan H/D dengan rentang nilai yaitu 0,008% ~ 19,85%.

Perbandingan Nilai FL Model Langit CIE Berawan Standar dengan Model Langit pada SNI 03-2396-2001

Hasil perbandingan nilai FL model langit berawan standar CIE dengan model langit pada SNI 03-2396-2001 ditunjukkan oleh nilai galat relatif ε yang dirangkum pada Tabel 2.

Dapat diamati bahwa seiring meningkatnya nilai H/D , nilai galat yang diperoleh semakin kecil; sedangkan seiring meningkatnya nilai L/D , nilai galat sedikit meningkat. Selain itu, rentang nilai $H/D < 1,0$ menghasilkan $\varepsilon > 20\%$, dengan ε maksimum 163% pada $L/D = H/D = 0,1$, serta ε minimum sebesar 101% pada $L/D = 0,2$, $H/D = 0,1$. Hal ini menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan antara nilai FL_{CIE} dibandingkan dengan nilai FL_{SNI} . Hal ini perlu diperhatikan dengan saksama, karena dapat menimbulkan konsekuensi kesalahan yang serius dalam praktik desain bangunan. Adapun nilai ε pada rentang nilai $H/D > 3,0$ didapati kurang dari 5%. Hal ini menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan antara FL_{CIE} dan FL_{SNI} .

Galat antara nilai FL tersebut dapat terjadi karena pada model langit berawan, nilai luminansi langit pada setiap titik tidak sama melainkan sesuai dengan Persamaan (4) di mana nilai luminansi langit pada bintang cakrawala (sudut ketinggian = 0°) sebesar $1/3$ nilai luminansi langit di titik zenit dan nilai luminansinya meningkat seiring meningkatnya nilai sudut ketinggian, sehingga pada nilai H/D yang kecil ($< 1,0$), nilai FL_{CIE} jauh lebih kecil dibandingkan dengan Tabel SNI 03-2396-2001, sehingga menghasilkan perbedaan yang sangat signifikan ($\varepsilon > 10\%$).

Perbandingan Nilai FL pada Contoh Perhitungan dalam SNI 03-2396-2001

Hasil perbandingan nilai FL_{CIE} dan FL_{SNI} untuk contoh perhitungan dalam lima kasus (yaitu A s.d. E) yang ada dalam SNI 03-2396-2001 ditunjukkan pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3, nilai galat yang dihasilkan pada kasus A, B, dan C cukup besar dibandingkan pada kasus D dan E. Hal ini dikarenakan pada kasus A, B, dan C perhitungannya melibatkan nilai H/D yang kurang dari 1,0, sehingga perbedaan antara nilai FL_{CIE} dan FL_{SNI} cukup signifikan, yaitu dengan $\varepsilon > 10\%$. Selain itu, perhitungan pada kasus D dan E melibatkan nilai $H/D > 1,0$, sehingga perbedaan antara nilai FL_{CIE} dan FL_{SNI} tidak terlalu signifikan, dengan $\varepsilon < 10\%$.

Perbandingan nilai FL pada kasus uji 5.11 dalam CIE 171:2006

Hasil perbandingan nilai FL pada kasus uji 5.11 dalam CIE 171:2006 yang dihitung menggunakan FL_{CIE} dan FL_{SNI} pada delapan titik ukur (G s.d. N) sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4, dapat dilihat bahwa nilai galat yang dihasilkan cenderung lebih besar pada titik ukur yang lebih jauh dari bukaan pada ruangan, yaitu pada titik ukur G, H, I, dan J; dengan galat maksimum sebesar 34% terdapat pada titik G. Hal ini dikarenakan pada titik ukur yang lebih jauh dari bukaan, perhitungan nilai FL melibatkan nilai H/D yang kecil ($H/D < 1,0$). Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2, pada rentang nilai $H/D < 1,0$ terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara nilai FL_{CIE} dengan FL_{SNI} , sehingga dapat timbul galat yang cukup besar.

Adapun nilai galat yang dihasilkan pada titik ukur K, L, M, dan N cenderung lebih kecil, karena pada titik ukur yang lebih dekat dengan bukaan, perhitungan nilai FL melibatkan nilai $H/D > 1,0$. Pada rentang nilai H/D tersebut terdapat perbedaan yang tidak terlalu signifikan antara nilai FL_{CIE} dengan FL_{SNI} .

Berdasarkan uraian di atas, perlu ada upaya pembaruan dalam substansi SNI 03-2396-2001, khususnya terkait dengan asumsi model langit yang digunakan. Dengan memperhatikan kecenderungan yang ada saat ini, khususnya di dunia praktik desain bangunan, penggunaan langit berawan standar CIE praktis telah menjadi standar minimum dalam memprediksi kondisi PASH dalam ruang, misalkan dengan perangkat pemodelan dan simulasi komputasi pencahayaan.

Adapun penggunaan langit seragam praktis tidak lagi ditemui dalam berbagai perangkat pemodelan dan simulasi, serta tidak pula diakui lagi secara resmi oleh

CIE. Perbedaan yang ditimbulkan antara nilai FL yang dihitung dengan kedua model langit tersebut dapat berbeda secara signifikan, sehingga berisiko menimbulkan konsekuensi yang serius berupa kesalahan implementasi desain di lapangan.

Dengan demikian, penggunaan langit berawan standar CIE serta tabel nilai FL yang bersesuaian dapat dipertimbangkan untuk dimasukkan ke dalam SNI PASH yang akan diperbarui. Hal tersebut diharapkan dapat meningkatkan akurasi dari hasil prediksi desain PASH yang dilakukan dengan mengacu kepada ketentuan-ketentuan yang dicantumkan dalam SNI.

Tabel 1 Nilai FL [%] dengan Model Langit Berawan Standar CIE (FL_{CIE})

H/D	L/D	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,1		0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
0,2		0,03	0,06	0,09	0,12	0,14	0,16	0,18	0,19	0,20	0,21
0,3		0,08	0,15	0,22	0,28	0,34	0,38	0,42	0,45	0,48	0,50
0,4		0,14	0,27	0,40	0,51	0,61	0,69	0,76	0,82	0,86	0,90
0,5		0,22	0,42	0,62	0,79	0,94	1,07	1,18	1,27	1,35	1,41
0,6		0,30	0,59	0,87	1,11	1,32	1,51	1,66	1,79	1,90	1,99
0,7		0,39	0,77	1,13	1,45	1,73	1,97	2,18	2,35	2,49	2,61
0,8		0,49	0,95	1,39	1,79	2,14	2,45	2,71	2,92	3,11	3,26
0,9		0,57	1,13	1,65	2,12	2,55	2,91	3,23	3,49	3,71	3,90
1,0		0,66	1,30	1,90	2,45	2,93	3,36	3,73	4,04	4,30	4,53
1,5		0,99	1,96	2,87	3,72	4,48	5,17	5,77	6,29	6,74	7,13
2,0		1,19	2,35	3,46	4,49	5,44	6,29	7,05	7,72	8,31	8,82
2,5		1,31	2,59	3,82	4,96	6,02	6,98	7,84	8,60	9,28	9,88
3,0		1,39	2,74	4,04	5,26	6,38	7,41	8,34	9,17	9,91	10,56
3,5		1,43	2,84	4,18	5,45	6,62	7,70	8,67	9,54	10,32	11,02
4,0		1,47	2,90	4,28	5,58	6,79	7,89	8,89	9,80	10,61	11,33
4,5		1,49	2,95	4,35	5,67	6,90	8,03	9,06	9,98	10,82	11,56
5,0		1,51	2,99	4,40	5,74	6,99	8,13	9,18	10,12	10,97	11,73
6,0		1,53	3,03	4,47	5,84	7,10	8,27	9,34	10,30	11,17	11,96

H/D	L/D	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0
0,1		0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
0,2		0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
0,3		0,55	0,58	0,59	0,59	0,59	0,60	0,60	0,60	0,60
0,4		1,01	1,05	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,09	1,09
0,5		1,58	1,65	1,67	1,69	1,70	1,70	1,70	1,71	1,71
0,6		2,24	2,33	2,38	2,40	2,41	2,42	2,42	2,42	2,43
0,7		2,95	3,09	3,15	3,18	3,19	3,20	3,21	3,21	3,21
0,8		3,70	3,87	3,95	3,99	4,01	4,02	4,03	4,04	4,04
0,9		4,45	4,67	4,77	4,82	4,85	4,86	4,87	4,88	4,88
1,0		5,19	5,46	5,58	5,64	5,68	5,69	5,71	5,71	5,72
1,5		8,35	8,90	9,16	9,30	9,37	9,42	9,45	9,46	9,48
2,0		10,51	11,33	11,75	11,98	12,11	12,19	12,23	12,27	12,30
2,5		11,92	12,98	13,54	13,86	14,05	14,16	14,24	14,29	14,34
3,0		12,85	14,09	14,78	15,19	15,43	15,59	15,69	15,76	15,84
3,5		13,49	14,87	15,67	16,15	16,45	16,64	16,77	16,86	16,96
4,0		13,94	15,43	16,31	16,85	17,20	17,43	17,59	17,69	17,83
4,5		14,26	15,83	16,78	17,38	17,77	18,04	18,22	18,35	18,51
5,0		14,51	16,14	17,15	17,79	18,22	18,51	18,71	18,86	19,05
6,0		14,83	16,56	17,65	18,36	18,85	19,19	19,43	19,61	19,85

Tabel 2 Nilai Galat Relatif ε [%] dari Perbandingan Nilai FL_{CIE} dengan FL_{SNI}

$\frac{L/D}{H/D}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,1	163,24	101,40	131,00	116,76	112,61	114,01	118,95	103,71	114,13	105,08
0,2	82,54	86,24	81,60	83,83	89,73	85,74	85,88	88,73	88,54	90,15
0,3	68,02	71,40	67,85	70,28	70,00	70,77	72,05	71,23	72,54	73,37
0,4	57,44	56,89	55,58	56,88	58,16	58,06	58,17	59,35	59,98	59,86
0,5	47,90	46,03	47,29	47,84	47,40	48,25	48,99	49,44	50,13	50,05
0,6	38,84	38,04	38,70	39,69	39,74	40,61	40,73	41,20	41,70	42,51
0,7	32,16	31,94	33,08	33,35	33,58	33,85	34,51	35,29	35,55	35,94
0,8	27,82	27,92	27,88	27,96	28,42	33,27	29,36	29,97	30,40	30,81
0,9	23,63	23,91	23,59	24,24	24,50	24,62	25,20	25,71	26,26	26,67
1,0	19,87	20,25	20,72	20,65	21,34	21,68	22,02	22,48	22,89	23,09
1,5	10,94	10,93	43,87	11,11	11,27	11,64	11,81	12,07	12,46	12,69
2,0	6,59	6,64	38,67	6,80	6,80	7,11	7,21	7,37	7,63	7,87
2,5	4,51	4,18	4,30	19,80	4,50	4,76	4,86	4,94	5,15	5,28
3,0	3,23	2,92	3,04	20,86	3,24	3,37	3,39	3,52	3,67	3,78
3,5	2,52	2,22	2,33	21,45	2,38	2,53	2,57	2,61	2,69	2,83
4,0	1,56	1,95	1,82	21,88	1,82	1,88	1,97	2,05	2,08	2,17
4,5	1,29	1,33	1,32	22,29	1,54	1,47	1,58	1,67	1,70	1,72
5,0	1,45	1,16	1,26	22,35	1,15	1,30	1,24	1,29	10,51	1,45
6,0	0,57	0,94	0,81	22,72	0,92	0,82	0,89	0,96	0,97	7,40

$\frac{L/D}{H/D}$	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0
0,1	101,40	110,90	107,24	105,48	104,54	103,99	103,65	103,43	103,18
0,2	91,25	91,90	92,68	91,09	90,25	89,76	89,46	89,26	92,98
0,3	74,80	74,88	75,36	75,62	74,86	76,10	75,82	75,65	75,44
0,4	61,54	62,75	62,81	63,33	63,54	64,05	63,79	63,63	63,44
0,5	52,00	53,13	53,46	53,95	53,85	54,63	54,39	54,23	54,05
0,6	43,95	45,19	45,53	45,93	46,09	46,52	46,28	46,13	46,37
0,7	37,83	38,95	39,52	38,56	40,08	40,00	40,39	40,23	40,37
0,8	32,50	33,69	34,34	34,56	34,86	34,96	35,22	35,06	35,13
0,9	28,36	29,30	26,60	28,64	29,59	30,21	30,58	31,03	31,05
1,0	24,77	25,86	26,49	26,90	27,22	27,32	27,59	27,42	27,58
1,5	14,05	14,95	15,56	16,03	16,27	16,47	16,98	16,76	16,83
2,0	8,87	9,67	10,26	10,69	11,00	11,19	11,32	11,44	11,59
2,5	6,05	6,74	7,22	7,65	7,92	8,17	8,31	8,42	8,62
3,0	4,34	4,89	5,38	5,74	6,00	6,23	6,43	6,54	6,75
3,5	3,26	3,71	4,11	4,48	4,71	4,93	5,19	5,23	5,45
4,0	2,60	2,95	3,27	3,55	3,78	4,02	4,17	4,32	4,49
4,5	2,08	2,37	2,66	2,92	2,96	3,29	3,47	3,62	3,80
5,0	1,68	1,91	2,18	2,41	2,59	2,81	2,91	3,07	3,27
6,0	1,18	1,37	1,54	1,73	1,87	2,04	2,15	2,29	2,44

Tabel 3 Nilai Galat Relatif ε [%] dari Perbandingan Nilai FL_{CIE} dengan FL_{SNI} untuk Kasus Contoh Perhitungan pada SNI 03-2396-2001

Kasus	FL_{CIE} (%)	FL_{SNI} (%)	Galat (%)
(A)	4,53	5,57	23,09
(B)	5,50	4,54	17,38
(C)	2,25	2,91	29,22
(D)	3,23	3,52	9,08
(E)	6,71	7,27	8,34

Tabel 4 Nilai Galat Relatif ε [%] dari Perbandingan Nilai FL_{CIE} dengan FL_{SNI} pada Kasus Uji 5.11 dalam CIE 171:2006

Titik Ukur	FL_{CIE} (%)	FL_{SNI} (%)	Galat (%)
G	0,94	1,26	33,52
H	1,37	1,74	26,64
I	2,06	2,46	19,14
J	3,19	3,58	12,28
K	4,97	5,00	0,65
L	7,42	7,00	5,68
M	9,12	8,12	10,92
N	5,04	5,10	1,25

KESIMPULAN

Penelitian ini menyajikan perhitungan nilai faktor langit (FL) menggunakan model langit berawan standar CIE, sebagai usulan pembaruan nilai-nilai FL dalam tabel yang tercantum pada SNI 03-2396-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada Bangunan Gedung. Nilai-nilai FL dengan menggunakan model langit berawan standar CIE telah dihitung untuk rentang H/D dan L/D sebesar 0,1~6,0. Besar perbedaan atau galat dengan nilai-nilai FL yang tercantum pada Tabel SNI 03-2396-2001 telah pula dihitung dan dilaporkan, beserta galat yang ditimbulkan pada sejumlah kasus contoh perhitungan pada SNI 03-2396-2001 dan kasus uji 5.11 dalam dokumen CIE 171:2006.

Nilai FL yang dihitung menggunakan model langit berawan standar CIE didapati memiliki perbedaan signifikan dengan nilai FL pada Tabel SNI 03-2396-2001, yang menggunakan model langit seragam, terutama untuk nilai H/D < 1,0, dengan galat maksimum sebesar 163% untuk H/D = L/D = 0,1, serta 34% pada kasus uji 5.11 dalam dokumen CIE 171:2006, sehingga dapat menimbulkan kesalahan yang serius dalam praktik desain bangunan. Adapun perbedaan nilai FL yang terjadi untuk H/D > 1,0 didapati tidak terlalu signifikan. Hal tersebut terjadi karena luminansi langit pada model langit berawan standar CIE berubah seiring dengan berubahnya sudut ketinggian, sedangkan pada model langit seragam yang diadopsi pada SNI 03-2396-2001, besar nilai luminansi kubah langit ialah sama di setiap titik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) ITB melalui skema P2MI tahun 2021.

DAFTAR PUSTAKA

(CIE), Commission Internationale de l'Eclairage. 2006. "CIE 171-2006: Test cases to assess the accuracy of lighting computer programs."

Badan Standardisasi Nasional (BSN). 1991. "SNI 03-2396: Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami."

———. 2001. "SNI 03-2396: Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami."

Bellia, L., F. Bisegna, dan G. Spada. 2011. "Lighting in indoor environments: Visual and non-visual effects of light sources with different spectral power distributions." *Building and Environment* 46 (10): 1984–92. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.04.007>.

Boubekri, M. 2008. *Daylighting, Architecture and Health: Building design strategies*. Oxford: Elsevier.

Boubekri, M, J Lee, K Bub, dan K Curry. 2020. "Impact of Daylight Exposure on Sleep Time and Quality of Elementary School Children." *European Journal of Teaching and Education* 2 (2): 10–17.

Heerwagen, Judith. 2000. "Green buildings, organizational success and occupant productivity." *Building Research and Information* 28 (5–6): 353–67. <https://doi.org/10.1080/096132100418500>.

Heschong, L, R Wright, dan S Okura. 2000. "Daylighting and Productivity: Elementary School Studies," in *Efficiency and Sustainability*. Washington.

Lechner, Norberg. 2007. *Heating, Cooling, Lighting: Strategi Desain untuk Arsitektur*. 2nd ed. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.

Mangkuto, R.A. 2016. "Akurasi perhitungan faktor langit dalam SNI 03-2396-2001 tentang pencahayaan alami pada bangunan gedung." *Jurnal Permukiman* 11 (2): 110–15.

Mediastika, Christina. E. 2013. *Hemat Energi Dan Lestari Lingkungan Yogyakarta*: CV Andi Offset.

Moon, P., dan D.E. Spencer. 1942. "Illumination from a non-uniform sky." *Transactions of the Illuminating Engineering Society* 37 (10): 707–26.

Reinhart, Christoph F. 2011. "Daylight performance predictions." In *Building Performance Simulation for Design and Operation*, diedit oleh Jan L M Hensen dan Roberto Lambert, 235–76. New York: Spon Press.

Yamauti, Z. 1924. "Geometrical calculation of illumination." *Electrotech. Lab. Tokyo. Res.*, 148.

GATED COMMUNITY, CLUSTER, SISTEM KEAMANAN 24 JAM: MENELUSURI BENTUK PERUMAHAN DARI SISI PENGEMBANG

Gated Community, Cluster, 24-hours Security System: Unveiling Form of Housing Estates from Developers' Perspective

Fenita Indrasari

Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Kementerian
Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jalan Panyawungan Cileunyi Wetan, Kab. Bandung
Surel: f.indrasari@puskim.pu.go.id

Diterima: 09 Mei 2021 ; Disetujui: 28 Oktober 2021

Abstrak

Bentuk perumahan berbenteng (gated community) telah banyak dikaji karena dianggap lebih banyak menimbulkan masalah daripada memberikan manfaat. Namun pada prakteknya, pengembang tetap membangun perumahan yang sejenis—bahkan dibuat sebagai cluster dengan skala yang lebih kecil dari sebelumnya. Artikel ini mengupas sudut pandang pengembang perumahan di kawasan pinggiran Kota Bandung dalam mengambil keputusan untuk membangun perumahan dengan bentuk yang serupa dengan gated community untuk menjadi dasar pengaturan bentuk perumahan. Berdasarkan wawancara diketahui bahwa selain analisis pasar, perizinan merupakan salah satu faktor yang berperan dalam proses tersebut. Dalam perizinan, bentuk perumahan tidak diatur secara langsung. Aturan yang ada hanya mencantumkan besaran nilai tertentu yang masih perlu diterjemahkan ke dalam bentuk dan melalui proses yang panjang. Pelibatan masyarakat sekitar perumahan dalam proses perizinan pun masih sangat terbatas, bahkan sering kali disalahgunakan demi kepentingan pengembang dan alasan ekonomi. Dalam artikel ini juga telah diungkap pemahaman aparat pemerintah terhadap perizinan yang mempengaruhi bentuk perumahan. Pada akhirnya, telah diidentifikasi beberapa celah potensial untuk mengarahkan pengembang supaya membangun perumahan yang memberikan lebih banyak manfaat bagi masyarakat luas.

Kata Kunci: *Bentuk perumahan, perizinan, pengembang, cluster, gated community*

Abstract

Abundant research has addressed problems associated with gated community which considered to cause more problems rather than benefits. In practice, however, developers are still building the similar form—even made as cluster with smaller scale than before. This article tries to unveil developers' view point in making decisions to build housing estates similar to gated community—yet different label—in suburban Bandung in order to provide basis to regulate housing form. Based on interviews, it was found that permit has become one of the influential factors in the process beside market analysis. Form of housing estates is not directly regulated within the permit. The current regulation merely states certain values which require a long process and further translation into form. There is also limited community involvement within the permit, in fact most of the time it has been mistreated for developers' need and economic reasons. This article has also revealed the comprehension of government officials on permits that affect housing forms. Nonetheless, some potential breaches to direct developers in building housing estates with more benefit for public are available

Keywords : *Housing estate form, permit, developer, cluster, gated community*

PENDAHULUAN

Banyak perumahan di Indonesia sejak tahun 1990an dilengkapi dengan gerbang dan benteng—menyerupai *gated community*. Kawasan pinggiran Kota Bandung pun tidak luput dari elemen ini (Samsirina, Pratiwi, dan Harun 2017). Perumahan yang dibangun dengan pembatas tersebut memisahkan penghuni perumahan dengan

masyarakat lainnya dalam mengakses jalan dan fasilitas perumahan. Pemisahan ini tentu membawa dampak terhadap kondisi perkotaan baik secara spasial maupun sosial. Meskipun dampak telah ditimbulkan selama lebih dari dua dekade terakhir, perumahan berbenteng (*gated community*) tetap banyak dibangun. Artikel ini membahas alasan dibalik maraknya pembangunan *gated community* yang dikupas melalui sudut pandang pengembang.

Untuk itu terlebih dahulu diperlukan pemahaman tentang fenomena *gated community* dan jejak pembangunannya di Indonesia. Sebagai sebuah bentuk yang dihasilkan dari pembangunan perumahan yang marak di kawasan pinggiran kota, *gated community* telah menjadi sebuah fenomena global meskipun berasal dari Amerika Utara (Bagaeen dan Uduku 2010; Grant dan Mittelsteadt 2004; Hogan et al. 2012; Kozak 2008; Le Goix dan Webster 2008; Tedong, Grant, dan Abd Aziz 2014). *Gated community* didefinisikan sebagai kawasan perumahan dengan akses yang terbatas, biasanya dikontrol dengan penghalang fisik, benteng atau pagar perimeter, dan pintu gerbang serta satpam, yang membuat ruang yang seyogyanya bersifat publik menjadi privat (Blakely dan Snyder 1997; 1998a; 1998b). Karakter fisik ini terbentuk oleh elemen yang dibangun pada dua fase: Fase pertama oleh pengembang dan fase kedua oleh penghuni perumahan seperti portal yang dibangun pada masa pascakonstruksi.

Meskipun telah menjadi fenomena global, karakter *gated community* beragam di setiap tempat berdasarkan konteks lokalnya (Bagaeen dan Uduku 2010; Le Goix dan Webster 2008; Hogan et al. 2012). *Gated community* di luar Amerika Serikat tidak seluruhnya merepresentasikan apa yang dijabarkan oleh Blakely dan Snyder (Grant dan Mittelsteadt 2004). Meskipun eksistensi dan bentuk perumahan memiliki keterkaitan dengan konteks lokal sosio-kultural, tidak dapat dipungkiri bahwa peningkatan kekayaan membuat orang membeli privasi dan mengontrol hubungan terhadap orang lain. *Gated community* berfungsi sebagai wadah sekelompok orang yang memiliki keseragaman; mayoritas merupakan kelas menengah yang memiliki ketakutan, baik yang nyata maupun persepsi, terhadap kriminalitas dan kontaminasi dari masyarakat lain yang tidak sekelompok dengan status sosio-ekonomi mereka (Bagaeen dan Uduku 2010; Blakely dan Snyder 1997; Leisch 2002).

Di Indonesia, *gated community* mulai dibangun sejak tahun 1980an saat Presiden Suharto mengarahkan perubahan dari pendekatan terpusat (*state-directed approaches*) menjadi liberalisasi ekonomi berbasis pasar ala Amerika (Kusno, 2000; Marks, 2007). Namun maraknya perumahan semacam ini bukanlah menjadi hal yang positif.

Dalam literatur disebutkan bahwa *gated community* menimbulkan permasalahan. *Gated community* mencegah lingkungan menjadi matang dengan tidak adanya keragaman fungsi dan koneksi terhadap jaringan transportasi (Duany, Plater-Zyberk, dan Speck 2001). Jalan dibuat menjadi privat dengan terbatasnya akses publik (Charmes 2010; Grant dan

Curran 2007) dan gerbang satu akses menciptakan efek *cul-de-sac* yang mengakumulasi semua jenis lalu lintas pada satu titik. Hal ini berdampak pada pembatasan kemampuan penghuni untuk melakukan perjalanan serta tidak sesuai dengan siklus hidup manusia yang tumbuh dan berkembang mulai dari anak-anak. Dewasa dan berkeluarga hingga akhirnya menjadi lansia (Duany, Plater-Zyberk, dan Speck 2001). *Gated community* juga telah menjadi sebuah istilah yang merefleksikan ketidakacuhan dan pemisahan dari masyarakat luas (Hastijanti 2003; Lang dan Danielsen 1997; Le Goix dan Webster 2008; Yandri 2015). Konflik kepentingan dan akses terhadap jalan juga muncul hingga menimbulkan komunitas yang terpisah-pisah (Hastijanti 2003; Yandri 2015).

Meskipun banyak eksternalitas negatif yang ditimbulkan oleh *gated community*, masih banyak pengembang yang membangunnya untuk segmen kelas masyarakat menengah ke atas sampai yang kelas bawah (Samsirina, Pratiwi, dan Harun 2017). Untuk memahami alasan dibalik terbangunnya *gated community*, artikel ini bermaksud mengupas sudut pandang pengembang yang membangun perumahan di kawasan pinggiran Kota Bandung.

Gated community di Indonesia telah banyak dikaji, mulai dari segi tipologinya (i.e. Diningrat 2015; Hartanto 2016; Samsirina, Pratiwi, dan Harun 2017; Sueca dan Fitriani 2012; Wulangsari dan Pradoto 2014) sampai dengan preferensi konsumennya (i.e. Aini dan Kusuma 2016; Hapsariniaty, Sidi, dan Nurdini 2013). Namun alasan yang menjadi dasar bagi pengembang untuk membangun *gated community* tidak terbatas pada preferensi konsumen dan tren yang terjadi tapi juga terkait dengan apa yang diatur dalam proses perizinan sebagai bagian dari tata kelola penyediaan perumahan dan juga perilaku pengembang sebagai pencari profit. Artikel ini mencoba memberikan kebaruan dari sudut pandang tersebut.

METODE

Pertanyaan penelitian ini adalah: (1) Apakah proses perizinan mempengaruhi bentuk perumahan hingga membentuk *gated community*; (2) Mengapa perumahan *gated community* memiliki variasi bentuk yang berbeda-beda (akses ke kampung sekitar, benteng, gerbang, luas).

Penelitian ini bersifat kualitatif dengan menggunakan wawancara semi terstruktur dalam pengambilan datanya. Wawancara dilakukan dengan sembilan pengembang yang telah membangun total 22 perumahan di kawasan pinggiran barat laut Kota

Bandung. Pemilihan pengembang dilakukan dengan terlebih dahulu mengunjungi lokasi proyek pembangunan perumahan atau kantor pemasarannya. Pada kunjungan ini baru kemudian diatur jadwal wawancara yang sesuai. Data wawancara berupa rekaman selama 45 menit sampai dengan 2 jam lalu dibuat menjadi transkrip dan diolah dengan *content analysis*. Tahapan pertama yang dilakukan adalah *open coding* yaitu mengidentifikasi kata-kata kunci dari data teks yang ada. Berdasarkan deskripsi dari responden, didapatkan beberapa kata kunci dari permasalahan yang ada pada pembangunan *gated community* dan serah terima perumahan. Selanjutnya, dilakukan *axial coding* untuk mengelompokkan kata-kata kunci yang telah didapatkan menjadi kategori. Kategori-kategori ini kemudian digunakan untuk tahap analisis selanjutnya, yakni analisis distribusi.

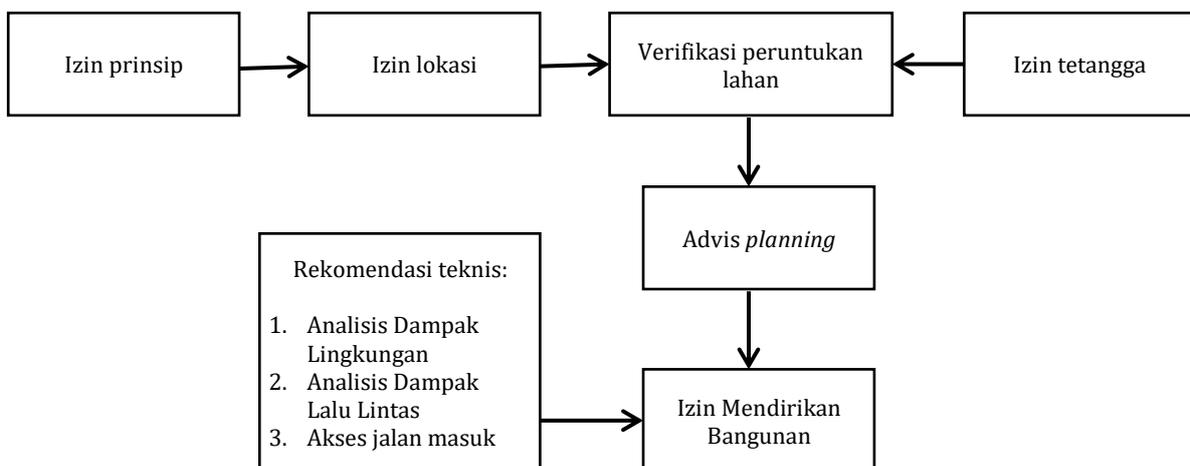
HASIL DAN PEMBAHASAN

Bentuk Perumahan Sebagai Respon Perilaku Pengembang Terhadap Perizinan

Dalam proses perizinan pembangunan perumahan yang tertuang dalam Peraturan Pemerintah No. 12/2010 disebutkan bahwa izin lokasi harus diperoleh dari BPN setelah pengembang mengajukan proposal. Proposal ini dikaji bersama dengan Bappeda untuk dapat disetujui oleh walikota atau bupati. Izin lokasi ini memperbolehkan pengembang untuk membeli lahan. Izin pemanfaatan lahan lalu harus diperoleh melalui Bappeda dan Dinas Tata Ruang dengan turut mencantumkan izin tetangga. Proses tersebut dimaksud agar warga sekitar tidak keberatan dengan adanya pembangunan perumahan di kawasan tersebut dan gambar site plan prarencana yang diajukan oleh pengembang sesuai dengan peruntukan lahan dalam rencana tata ruang

yang ditentukan oleh pemerintah daerah. Izin pemanfaatan lahan lalu dihasilkan sebagai gambar advis plan yang memuat aturan utama terkait selubung bangunan seperti Garis Sempadan Bangunan (GSB) dan Koefisien Lantai Bangunan (KLB). Advis plan bersama beberapa rekomendasi teknis lalu menjadi dasar untuk pemberian Izin Mendirikan Bangunan (IMB). Proses ini diilustrasikan pada gambar 1. Namun pada perkembangannya, IMB telah diganti menjadi Persetujuan Bangunan Gedung (PBG) dengan adanya Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung yang turut menyertakan proses lanjutan Sertifikat Laik Fungsi (SLF) sebelum akhirnya bangunan gedung dapat dihuni. Secara proses, PBG masih meliputi konsultasi perencanaan, yang sebelumnya disebut sebagai advis *planning*, dan penerbitan. Konsultasi perencanaan, yang terdiri dari pendaftaran, pemeriksaan dan pernyataan pemenuhan standar teknis, diselenggarakan tanpa dipungut biaya.

Literatur tentang proses perizinan di Indonesia menyatakan bahwa proses perizinan dapat memakan waktu selama bertahun-tahun (Monkkonen 2013). Lamanya proses ini bergantung pada upaya pengembang untuk mengakuisisi lahan dan mematuhi aturan. Salah satu pengembang menyebutkan bahwa mereka membutuhkan waktu selama dua tahun untuk memperoleh lahan dan dua tahun lagi untuk memperoleh izin. Namun, pengembang juga mengisyaratkan bahwa proses perizinan diwarnai dengan hubungan layaknya klien dimana aplikasi izin dan setiap komunikasi terkait dengan prosesnya dilakukan secara personal dengan satu orang tertentu, tidak dengan institusi. Hal ini diutarakan dalam wawancara salah satu pengembang berikut:



Gambar 1 Proses Perizinan Perumahan

“Proses perizinan lumayan lama, setahun-an kurang lah. Tapi intinya sih cepat, IPPT kan cepat. Izin lain yang memang terkendala, karena belum selesai. Person-nya yang kita percaya pensiun. UPL UKL yang lama, itu yang menentukan juga sebenarnya karena yang menentukan site plan kan.” (D11)

Walaupun alur proses perizinan telah dipahami oleh pengembang, hasil wawancara menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk memperoleh semua izin tidak menghalangi mereka untuk melakukan pemasaran sedini mungkin. Pengembang bahkan menganggap bahwa mengantongi izin lokasi merupakan sebuah jaminan yang memungkinkan mereka untuk melaksanakan proses konstruksi—padahal IMB belum diperoleh. Salah satu pengembang menjelaskan sebagai berikut:

“Sejak izin prinsip sudah dapat, kita bisa mulai memasarkan. Bahkan booking fee sudah ada yang masuk.” (D15)

Selain memakan waktu lama, proses perizinan juga memerlukan biaya yang substansial meskipun dalam aturannya tidak menyebutkan biaya apapun. Studi yang dilakukan oleh (2013) menyingkap fakta bahwa biaya transaksi (informal) untuk perizinan perumahan bisa lebih besar daripada biaya perolehan lahan. Ketidakjelasan biaya ini lah yang dianggap pengembang cenderung menjadikan rencana anggaran yang *over calculated*. Sebagai konsekuensinya, hal ini turut meningkatkan harga jual rumah. Oleh karenanya, proses perizinan ini digambarkan sebagai proses yang menyulitkan serta memakan waktu dan biaya (Monkkonen 2013). Ketidakjelasan aturan ini juga diutarakan dalam kutipan wawancara berikut:

“Biayanya tidak jelas, tidak ada yang baku segini...Kita kan pakai konsultan, konsultan ‘segini, pak’. Sebenarnya ga ada duitnya (retribusi), cuma IMB. Tapi di Indonesia kalau tidak ada duitnya ya tidak jalan. Mereka punya aturan tapi untuk ekspos, transparansi ke masyarakat masih sangat kurang, terutama ke harga ... Akhirnya kita menghitung RAB-nya itu biar ga beresiko kita up-in, RAB kan menentukan harga jual rumah. Yang terjadi perizinan itu tidak murah, sangat mahal, nah itu yang memberatkan ... Lebih baik mahal tapi jelas tidak masalah sehingga kita bikin RAB kan tepat.” (D18)

Kondisi ini sangat jauh dari ideal karena mendorong terjadinya penyuaipan. Namun sayangnya, hal ini tidak hanya terjadi antara pengembang dan perencana tapi juga dengan warga karena pengembang juga menyebutkan izin tetangga sebagai

elemen lain yang mahal. Untuk memperoleh izin tertulis dari masyarakat yang tinggal di kawasan yang bersebelahan dengan perumahan, biasanya pengembang mengadakan pertemuan dengan warga dan mengundang setiap kepala keluarga.

Maksud dari pertemuan ini adalah untuk mendiskusikan jika masyarakat menolak atau merasa keberatan dengan dibangunnya perumahan tersebut. Jika masyarakat merasa keberatan, pengembang akan mencoba untuk mencapai kesepakatan. Namun, yang umumnya terjadi adalah pengembang hanya mengundang beberapa ketua RT/RW pada pertemuan khusus yang tidak dihadiri oleh warga lainnya. Hal ini diutarakan oleh salah satu aparat perencana berikut:

“Kadang kalo aturan itu kan harus tetap ada izin masyarakat ya tinggal masyarakat tertentu aja, kasih duit, udah beres. Terus tau-tau di tengah masyarakat yang lainnya tidak tau apa-apa kok begini ya.” (P01)

Dalam pertemuan ini, pengembang mencoba untuk memberikan kompensasi supaya warga sepakat dan memperbolehkan dibangunnya perumahan. Salah satu pengembang menyebutkan bahwa mereka memerlukan waktu dua bulan untuk memperoleh izin tetangga. Kompensasi umumnya dimaksudkan untuk memperbaiki kondisi fisik dari fasilitas dan infrastruktur lingkungan, tapi bentuknya berbeda-beda antara satu lokasi dengan lokasi lainnya. Pengembang kadang diminta untuk tetap membuka akses pejalan kaki ke dalam perumahan. Gang yang terhubung dengan akses tersebut pun kadang diperlebar dan diberi perkerasan seperti dijelaskan dalam kutipan berikut:

“Ada beberapa akses warga yang kita biarkan dan permintaan warga untuk bisa akses kesana ... awalnya jalan setapak tapi kita perbagus, masuk ke jalan kompleks, diperlebar, itu dicor, yang semula hanya tanah.” (D11)

Pertimbangan untuk mempertahankan akses pejalan kaki, atau dengan kata lain untuk tidak memotong akses warga, biasanya dilakukan dengan melihat keuntungan ataupun kerugian pengembang dengan adanya akses tersebut terhadap pentingnya proyek pembangunan perumahan tetap berjalan tanpa ditolak oleh warga sekitar. Jika akses dipotong dan membuat resiko kegagalan pada proyek mereka maka pengembang tidak akan melakukannya seperti dikemukakan dalam kutipan berikut:

“Itu dulu kan ada jalan setapak warga itu tidak bisa dimatikan. Sebetulnya kalau pakai kendaraan mereka bisa lewat jalan tapi kan untuk supaya situasi juga kondusif dengan

tetangga tidak bisa juga serta merta. Mereka kan sudah mewakafkan tanahnya untuk dijadikan jalan ke kampung sehingga salah satu klausul di izin tetangga yang begitu.” (D09)

Pada kasus lainnya, warga sekitar meminta kompensasi berupa uang. Beberapa pengembang, telah mengaku memberikan uang saku untuk setiap kepala keluarga ataupun hanya beberapa pemuka masyarakat yang tinggal di kawasan sekitar. Meskipun nominal uang saku tersebut terlihat kecil, tapi akumulasinya mengambil bagian yang cukup besar dari total anggaran pembangunan perumahan. Hal ini dikemukakan oleh salah satu pengembang berikut:

“Kita meeting-nya 1-RW 3-RT di kantor desa. Permintaan dari warga banyak sekali. Kita bangun kantor RW 30 juta. Kompensasi per rumah tangga bentuknya uang, ada 25 juta dibagi-bagiin ke warga ... Kompensasi itu dimana-mana ... Beda lokasi beda kompensasinya, tergantung lingkungan. Lingkungan kota mungkin orangnya lebih berpendidikan tapi mintanya lebih besar. Izin tetangganya juga ribet. Bahkan teman saya ada bikin cuma 28 unit dia sampai ngaspal dari depan, sampai habis 280juta untuk kompensasi doang” (D18)

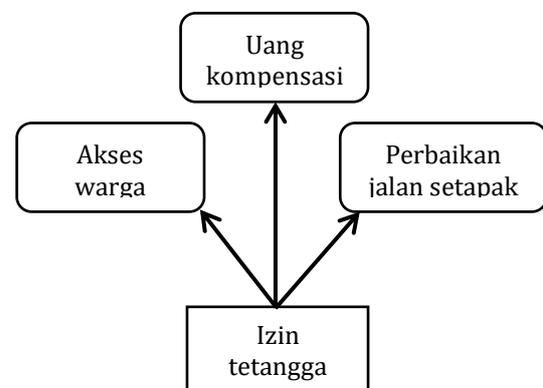
Cara lain dalam memperoleh izin tetangga yang juga lazim dilakukan oleh pengembang adalah dengan membujuk. Persuasi dilakukan dengan memberikan pengandaian akan kemungkinan terjadinya peningkatan nilai lahan yang juga diikuti dengan peningkatan jumlah konsumen yang berbelanja di warung atau usaha milik masyarakat sebagai hasil dari kenaikan jumlah populasi dari adanya perumahan baru. Hal ini telah diakui oleh salah satu pengembang sebagai salah satu trik untuk mengakali masyarakat sekitar:

“Asal kita bisa mengkomunikasikan menguntungkan juga untuk warga sekitar; warga dengan disitu ada pembangunan juga mungkin secara ekonomi bisa naik. Mungkin mereka bikin usaha, penduduk disana makin banyak kan buka toko makin laku. Lalu harga tanahnya, mungkin sebelumnya 1 juta setelah ada developer, makin dipasarkan, tanah juga makin habis, otomatis harga rumah warga juga makin naik ... Pintar-pintarnya kita lah menjelaskan.” (D17)

Data hasil wawancara dalam sub-bab ini menunjukkan bahwa akses sebagai salah satu elemen yang menentukan bentuk perumahan *gated community* dipengaruhi oleh proses perizinan, khususnya izin tetangga seperti terlihat pada gambar

2. Meskipun bentuk kompensasi yang disepakati antara pengembang dan penghuni kampung sudah sangat spesifik, sayangnya tidak dicantumkan dalam surat pernyataan izin tetangga yang dilampirkan saat pengurusan izin di Pemda. Dalam surat pernyataan, hanya disebutkan bahwa warga memperbolehkan pembangunan perumahan di lokasi mereka tinggal. Jika saja klausul kesepakatan dicantumkan, persyaratan teknis dapat diverifikasi oleh perencana dari Pemda dan hal ini dapat menjadi salah satu cara informal bagi Pemda untuk mengarahkan bentuk-bentuk fisik yang tidak termasuk ke dalam lingkup perizinan.

Proses perizinan yang ada sekarang belum banyak ditaati oleh pengembang karena proses yang memakan waktu lama, biaya yang besar meskipun tidak ada standard biaya, dan klientelisme. Selain itu, proses perizinan memiliki potensi untuk mengarahkan bentuk perumahan tapi harus disiasati dengan cara-cara yang dapat mengimbangi trik pengembang, salah satunya dalam berdialog dengan masyarakat yaitu untuk memperoleh izin tetangga.



Gambar 2 Bentuk Kompensasi dalam Memperoleh Izin Tetangga

Tanggapan Aparat tentang Perizinan yang Mempengaruhi Bentuk Perumahan

Sementara itu, beberapa hasil dengan wawancara aparat pemerintah yang bekerja pada dinas teknis terkait perizinan perumahan disajikan dalam sub-bab ini. Perizinan perumahan yang dibangun oleh pengembang dimulai dengan proses izin perencanaan pada Dinas Penataan Ruang. Salah satu peran dari Dinas Penataan Ruang adalah melakukan verifikasi yang terdiri dari tata ruang (peruntukkan), rencana (persil) dan intensitas (KDB, KLB dll). Dalam verifikasi persil dilakukan pengukuran. Di dalam proses ini, tidak hanya intensitas pemanfaatan ruang yang dibahas, tapi juga arah peletakan bangunan dan orientasinya. Jika proses ini dilakukan secara benar, pengembang tidak bisa leluasa menutup akses dan

membuat jaringan jalan baru yang tidak tersambung dengan jaringan jalan eksisting hingga membuat tanah-tanah mati. Pengembang harus menyesuaikan peletakan bangunan dengan orientasi yang mengikuti jaringan jalan yang sudah ada seperti dalam kutipan wawancara dengan salah satu personil dari DPKP3 Kota Bandung berikut:

“Dulu ada peraturan mengenai garisan rencana kota, semua jalan harus ada sambungan jalan dan drainase dan ini dilakukan pada saat pembahasan site plan. Setiap rumah juga ada aturannya harus menghadap jalan atau sungai. Jadi sesuai ketentuan ini, tidak seharusnya dibuat jalan baru kalau misalnya sudah ada jalan eksisting. Bahkan kalau diperlukan, dibuat rencana pelebaran jalan dan penyambungan jaringan sirkulasi berdasarkan jaringan yang sudah ada. Jalan baru hanya dibuat jika diperlukan dan tidak ada sambungan yang bisa dibuat.” (NDP)

Pada pelaksanaannya, penyambungan jaringan jalan antar perumahan ini sulit dilakukan. Salah satu alasannya karena jika kawasan di sekitar perumahan berupa perkampungan maka tidak ada izin yang dimiliki warga. Pengembang mungkin akan mengalami kesulitan karena akan terjadi kesenjangan baik dalam bentuk spesifikasi ukuran dan bahan maupun pengelolaannya nanti. Hal ini dikemukakan pada kutipan berikut:

“Jalan masuk di dalam site itu dia harus publik ya..bukan privat..kalau dulu sih jaman saya dulu kalau misalnya ada satu site plan dia tetep harus ada akses yang menghubungkan dengan sebelah-sebelahnya. Banyak kan sekarang yang rumahnya tertutup benteng tapi kadang-kadang developer ini dia ga mau karena disana itu belum tentu ada izinnya. Selain masalah keamanan, dalam pemberian akses perumahan, kadang pengembang tidak mau tersambung dengan kawasan sebelahnya kalau tidak ada IMB, sementara di kampung jarang yang memiliki izin. [Akhirnya] dia bikin jalan untuk perumahannya saja jadi eksklusif.. tapi kita lihat saja rencana kota.” (NDP)

Untuk menghasilkan rekomendasi teknis yang komprehensif, diperlukan keterlibatan beragam dinas. Peran dari setiap dinas berbeda-beda sesuai dengan tupoksinya. Di tingkat pemerintah kota, Bappelitbangda memberikan rekomendasi teknis untuk perumahan dalam bentuk Surat Persetujuan Pemanfaatan Ruang (SPPR) dan masuk ke dalam Tim Koordinasi Penataan Ruang Daerah (TKPRD). Dinas PU hanya melakukan kajian advis planning perhitungan KDB *site plan*. Untuk aspek fisik seperti tinggi benteng dsb mungkin dikaji pada saat

pengurusan IMB di DPMTSP namun informasi dari Bappeda menunjukkan bahwa belum ada arah perencanaan perumahan yang membatasi pembangunan *gated community*. Analisis Dampak Lingkungan (Amdal) dikaji oleh Dinas Lingkungan Hidup. Laporan Amdal tetap jadi persyaratan untuk lahan diatas 10.000 m² namun belum tentu dilihat berdasarkan luasan tetapi dilihat juga fungsinya untuk apa. Luasan di bawah standar tersebut dilakukan oleh UPL/UKL. Terkait hal itu Dinas Perhubungan mengkaji Analisis Dampak Lalu Lintas (Andalalin).

Aturan mengenai tinggi dan material benteng biasanya diatur oleh Dinas PU, begitu pula halnya dengan jarak antar persimpangan atau lokasi akses perumahan. Akses dan lebar jalan masuk untuk perumahan biasanya diatur sebagai berikut:

- a) Untuk 1 akses, lebar jalan 8 meter
- b) Untuk 2 akses yang dibedakan antara keluar dan masuk, lebar jalan 5-6 meter.

Dinas Perhubungan cenderung tidak memperhatikan akses gang untuk pejalan kaki dan memprioritaskan pada kendaraan bermotor. Akses untuk kendaraan cenderung dibatasi karena dianggap menyulitkan dalam membuat kajian serta untuk mengurangi jumlah bangkitan dari perumahan sebagaimana dijelaskan dalam kutipan wawancara berikut:

“Kalau saya, membatasi akses sih sebetulnya. Ruas jalan yang harus dikaji yang kena imbas dari akses. Saya kadang suka kasih masukan ke konsultannya: satu akses aja biar ga ribet kajiannya. Kalau di andalalin ga diatur jalan motor ke gang. Setiap akses yang dibuat jadi menambah bangkitan dari perumahan itu” (DHC).

Dalam perizinan tidak pernah ada yang menyebutkan izin untuk membangun sebagai *gated community* dan walaupun sudah terbangun tidak ada aturan yang mengaturnya. Hal ini diutarakan oleh salah satu personil Bappelitbang Kota Bandung dalam kutipan berikut:

“Izin pasti bukan gated, mereka tidak mencantumkan akan ada gated atau tidak. Izinnya itu hanya ada berapa tapak, site plan apa. Kalau satpam iya, tidak bisa juga melarang orang pakai satpam. Permasalahannya kalau sudah jadi [terbangun], mereka pasang portal, tidak ada aturan melarang. [Padahal] seharusnya aparat kewilayahan segera turun ke lokasi [dan memberi teguran yang] sifatnya himbauan. Kalau alasannya menjaga keamanan [bisa diperbolehkan] tapi kemudian [kalau] terlalu eksklusif tentu tidak baik, seolah

ada negara dalam negara, wilayah dalam wilayah, [contohnya kalau sampai] tukang bakso [dan pedagang keliling] tidak bisa masuk.” (BPLB).

Bentuk Perumahan Sebagai Fungsi atau Strategi Pengembang

Jika *gated community* telah menjadi istilah yang lazim diantara para perencana kota, pengembang lebih mengenal istilah *cluster*. Berdasarkan observasi dan wawancara, *gated community* dan *cluster* tidak memiliki elemen yang berbeda jauh. Namun, sangat sulit untuk menemukan brosur pemasaran yang mencantumkan istilah ‘*gated community*’. Pengembang lebih banyak mencantumkan istilah ‘*cluster*’, keamanan 24 jam atau *one-gate-system*, seperti terlihat pada gambar 3, untuk mempromosikan keamanan sebagai salah satu daya jual.

Mengenai bentuk perumahan, setiap pengembang memiliki brand masing-masing yang sesuai dengan tren, seperti minimalis dsb. Aspek yang diatur oleh pemerintah hanya harga rumah untuk mendapatkan FLPP dan spesifikasi teknis. Pasca konstruksi, pengembang disyaratkan untuk menerbitkan SLF untuk setiap unit rumah sebelum dilakukan akad kredit dengan bank. Kemungkinan untuk rekomendasi kebijakan yang mengatur tentang bentuk perumahan disambut dengan baik oleh asosiasi pengembang asalkan tujuannya untuk mempermudah, misalnya untuk mempermudah serah terima. Kutipan wawancara berikut ini menjelaskan hal tersebut:

“Tidak ada pengaturan bentuk karena bentuk itu biasanya pihak developer yang nentuin. masih bebas. sekarang ini rangkanya aja yang jadi problem, terkait besi berapa. Permasalahan dalam perizinan untuk awal biasanya pendekatan terhadap instansi [dinas terkait], setiap wilayah itu beda-beda ada yang lancar ada yang terbentur. Sebetulnya kita pengembang kalau ada hal-hal lain yang memudahkan ya senang-senang aja.

pengembang kadang sulit juga ... tiap daerah beda-beda kebijakan. tiap korwil tiap kabupaten pasti ada kendala lain.” (AGS).

Sementara itu, benteng perumahan berfungsi untuk membentuk karakter perumahan yang lebih mudah dijual seperti dikemukakan oleh salah satu pengembang dalam kutipan berikut:

“Benteng dibangun untuk membatasi, kenyamanan konsumen ... keamanannya mereka, rasa amannya pembeli kita aja sih sebetulnya. Kalau dibuat terbuka dengan warga kampung, memang seperti mengeksklusifkan diri sih sebetulnya tapi ternyata memang ini yang terbaik. Kalau dibuat terlalu blong juga malah menjadi tidak nyaman mereka ... keamanan memang jadi daya jual yang lumayan. Sekian meter, dibenteng, 1 akses, ya lebih menarik lah dibanding kawasan kita kan ada gang. Meskipun kita selalu infokan keamanan 24 jam tapi dengan luas yang sekian belas hektar juga agak sedikit susah mungkin ya kontrolnya. Tapi kalau yang cul-de-sac satu hektar, itu sih kaya semacam menarik minat aja sih sebetulnya karena kalau kecurian mah kecurian we ... jadi support marketing sih jadi mendorong marketing supaya jualnya lebih percaya diri.” (D09).

Alasan dibalik perubahan dari perumahan terbuka menjadi *gated community* adalah karena kondisi pasar dan preferensi konsumen. Pertimbangan yang dilakukan oleh Perumnas sebagai badan usaha yang akhirnya membangun *gated community* diutarakan dalam kutipan berikut:

“Strategi (cluster) gini kan eksternal juga kan ... kemudian turun ke internalnya seperti apa ... kita punya strategi dimana segmentasi pasarnya, ada low cost [housing], rumah komersil. sekarang difokusin lagi misalnya komersil itu sebenarnya disurvei lagi ke masyarakat.. konsumennya yang butuh seperti itu, kita olah gimana keinginan masyarakat sama produk ini bisa mix, bisa diperjualbelikan,



Gambar 3 Label Lain dari *Gated Community*

bisa mengurangi backlog perumahan. kita kan ga mungkin product oriented, kita customer oriented. karena kita menyediakan kebutuhan untuk konsumen. Ada benchmarking, dibandingkan dengan kompetitor-kompetitor developer lain. Developer lain ngambil segmennya yang mana, pasar yang mana, kalau mereka ambil yang ini kita ambil yang lain.. nanti dari benchmark ada threat... Semua bisnis sekarang berangkatnya dari pasar.” (PRN).

Untuk mengetahui kebutuhan konsumen, salah satu pengembang yang diwawancarai melakukan survei konsumen sebagai salah satu bagian dari proses bisnis yang mereka lakukan. Hal ini diungkapkan dalam kutipan wawancara berikut:

“Ada kuesioner untuk standard indeks kepuasan pelanggan dan keluhan masyarakat seperti apa. Nanti dari situ kita maintenance strategi pemasaran, [kalau] ada masukan baru kita ke business development, baru nanti ada perencanaan. Awalnya dulu ada kuesioner [ke konsumen] tapi sekarang di beberapa tempat ada google forms. Kita ada kriteria- kriteria untuk mencari sebenarnya konsumen ini prefernya kemana, kenapa mereka pilih [perumahan yang dibangun oleh] kami. Tiap minggu, tiap bulan ada laporan nanti ada historinya nanti kita strateginya seperti apa... atau secara annually, grafiknya itu kan kaya musiman.. kaya lebaran, sekolah masuk, kaya bunga bank juga.” (PRN).

Dari survei konsumen tersebut, data menunjukkan bahwa konsumen memang lebih cenderung memilih bentuk perumahan *gated community*. Sama seperti perkembangan *gated community* di Indonesia, *gated community* yang dikembangkan oleh salah satu pengembang ini awalnya ditujukan untuk segmen menengah ke atas namun kemudian bergeser hingga ke kelas menengah dengan harga rumah yang lebih terjangkau. Pembangunan *gated community* untuk segmen kelas menengah dimungkinkan dengan adanya subsidi dari area komersil yang bisa dijual dengan harga tinggi. Kutipan wawancara berikut menjelaskan dengan lebih detail:

“Hasilnya konsumen pilih cluster karena dari segi keamanan [tampaknya lebih baik pada bentuk perumahan] cluster. Tapi nanti trade-offnya ke masalah price ya. Untuk sasaran menengah ke atas akan beda dengan sasaran menengah bawah, ga sama. Awalnya [cluster] untuk menengah atas tapi sekarang RSS pun kita sudah pakai pagar cluster ... [trade-off] cluster bisa mahal bisa murah ... [mencari solusi] mungkin ga subsidi, misalnya ada townhouse, townhouse kan harganya bisa tinggi..

[kemungkinan subsidi lain] dari komersial area, misalnya pasar modern.. ada model-model bisnisnya.” (PRN)

Selain pertimbangan preferensi konsumen, gerbang membedakan antara satu perumahan dengan perumahan lain atau area lain dalam suatu kawasan. Di kawasan ini, benteng yang dibangun oleh pengembang bukanlah yang sederhana tapi yang mewah dan dirancang memiliki nilai estetika. Pengembang menyatakan bahwa gerbang dibangun untuk memberikan kesan eksklusif terlepas dari jumlah rumah yang ada. Namun, terkadang pengembang terlalu mementingkan desain gerbang tanpa mempertimbangkan kesan yang didapat dalam kawasan perumahannya. Dalam gambar 4 terlihat bahwa benteng dirancang cukup tinggi dan masif tapi dibaliknya terdapat rumah-rumah berukuran kecil dengan jalan yang sempit. Kesan yang kontras seperti ini memang disengaja. Gerbang perumahan dianggap lebih menarik daripada elemen desain lainnya bagi pembeli dari masyarakat kelas menengah, ujar pengembang dalam kutipan berikut:

“Cluster X, ada 20-an lah. Itu lebih eksklusif, sudah sedikit, dibuat gerbang sendiri lagi yang bagus...dengan harapan konsumen lihatnya oh niat...walaupun cuma berapa unit, terasa eksklusif” (D12).



Gambar 4 Eksterior Gerbang Perumahan yang Kontras dengan Ambience Perumahan

Melihat sejarah perubahan sosial di Indonesia dan perspektif pengembang, tampaknya fenomena membenteng atau ‘*walling or forting up*’, sebagaimana Blakely dan Snyder (1998a), mendefinisikan sebagai proses membangun benteng untuk menciptakan *gated community*, juga berkaitan dengan tujuan untuk melindungi nilai properti. Benteng bermanfaat bagi

pengembang untuk membeli lahan yang kurang layak secara pertimbangan pasar karena dapat memisahkan realisme antara kawasan perumahan dengan lingkungan sekitarnya (Lang dan Danielsen 1997), misalnya karena terletak bersebelahan dengan kampung yang dianggap padat dan kumuh. Hal ini umum berlaku di Indonesia karena telah banyak diketahui bahwa benteng berfungsi untuk mendapatkan harga lahan yang lebih murah.

Selain pertimbangan terhadap calon pembeli, salah satu pengembang menyatakan bahwa keputusan untuk membangun benteng juga didasarkan pada proses perolehan lahan. Pengembang sengaja memblok akses bagi lahan masyarakat yang berada di belakang perumahan yang belum terbeli. Blokade ini akan menyulitkan pemilik lahan untuk menjual lahannya karena tidak adanya akses ke jalan. Pada akhirnya, pemilik lahan akan terpaksa menjual lahannya ke pengembang dan sering kali dengan harga jual yang rendah. Tindakan blokade ini diutarakan oleh salah satu pengembang dalam kutipan berikut:

"Sekarang ada proyek lain tahap satu 96 unit. Tahap berikutnya masih ada 10 hektar tapi belum dibebaskan ya ke belakang. Tapi sudah diblok dari depan gerbang kita" (D18)

Strategi pengembang untuk melakukan blokade menggunakan benteng ternyata tidak hanya ditujukan untuk menarik calon pembeli tapi juga untuk merencanakan perolehan lahan di masa yang akan datang serta perluasan proyek yang dapat dilakukan dalam beberapa tahapan. Tahapan pembangunan perumahan ini dapat diilustrasikan seperti pada gambar 5. Tahap pertama, pengembang mendesain sejumlah jalan buntu (tanda panah kuning) yang diakhiri dengan benteng perumahan. Sewaktu-waktu benteng ini dapat dibongkar jika diperlukan untuk memperluas perumahan menjadi

gambar kedua. Di tahap kedua ini, pengembang membangun jalan buntu lain untuk memungkinkan pembangunan tahap ketiga. Begitu pula pada tahap-tahap selanjutnya.

Jalan buntu lazim ditemui dalam kawasan perumahan. Pengembang menganggap bahwa bentuk jalan buntu memudahkan mereka untuk membuat koneksi baru—sebuah strategi desain untuk mengamankan pembangunan yang akan datang tapi tergantung pada lokasi lahan yang masih kosong. Jika akan melakukan ekspansi kawasan perumahan ke sebelahnya, jalan buntu dapat mudah disambungkan ke blok rumah yang baru. Tapi bentuk ini tidak selalu dimaksud untuk tujuan tersebut, pengembang selalu menginginkan profit yang maksimal sehingga lahan yang ada harus dibuat semaksimal mungkin sebagai kavling daripada dibuat sebagai jalan. Salah satu pengembang menjelaskan sebagai berikut:

"Kita selalu berpikir bahwa suatu saat kita akan mengembangkan lokasi, sehingga bentuk jalan kita selalu mentok, itu suatu saat ini bisa dibuka, kita bikin blok baru. Selalu begitu...kalau dibuat keliling saya hilang 2 kavling... 1 sqm. kali sekian juta, itu yang dihitung, hilang...ujung-ujungnya efektifitas lahan yang bisa dijual...kita yang jualan harus sangat efektif" (D09).

Keterlibatan developer dalam pemeliharaan PSU terbatas selama kawasan perumahan tersebut masih dalam masa konstruksi. Namun kini ada kecenderungan bisnis baru dari para pengembang hingga mencakup *property management*. Hal ini disebutkan dalam kutipan wawancara dengan Perumnas berikut:

"Yang sudah terjual nunggu semuanya [dalam master plan] baru serah terima.. Kalau dari



Gambar 5 Tahapan Pembangunan Perumahan

masyarakat belum ada yang minta [untuk tetap pemeliharaan oleh perumnas] atau gimana.. tapi kami sudah ada estate management, belum ke landed [perumahan tapak], masih apartemen.. ini bisnis unit baru.. masih akan berkembang [mungkin saja hingga ke perumahan tapak].. Cluster biasanya udah ada RT/RW untuk kelola sendiri.. di Cilegon belum serah terima jadi kita [kenakan penghuni] ada biaya estate management, kita kelola.. [besarnya biaya tersebut] tergantung kebutuhannya apa dulu, dihitung.. sampah, rumput, biaya petugas keamanan.. dijaga 24 jam ada satpamnya.” (PRN)

Selain kesamaan elemen fisik gerbang dan benteng, terdapat faktor pendorong yang membedakan terciptanya *cluster*. Menurut perencana kota, *cluster* muncul karena masa *boom* pembangunan perumahan membuat pemilik lahan individual tertarik untuk membagi lahannya dan mengkonversikannya menjadi kavling-kavling dan membangun rumah. Salah satu perencana yang bekerja di Pemda bahkan mengaku dulu pernah menjadi salah satu pengembang tersebut. Individu pemilik lahan tersebut dapat bertindak sendiri atau menggunakan jasa kontraktor untuk membangun perumahan *cluster* tapi pada umumnya mereka tidak memiliki izin apapun. Praktek ini sudah lazim dilakukan. Serupa dengan praktek pembangunan di kampung dimana lahan dibagi menjadi kontrakan-kontrakan, logika pembagian lahan untuk membangun rumah dan dijual dalam bentuk *cluster* juga serupa.

Pengembang selalu mencari lahan kosong untuk dikembangkan. Kedua faktor yang dibahas sebelumnya mendorong pengembang untuk mengambil jalan lain dalam memperoleh lahan. Daripada membeli lahan, empat dari sembilan pengembang melakukan kerjasama dengan sejumlah pemilik lahan berdasarkan pembagian hasil. Kerjasama ini memungkinkan individu yang memiliki lahan berukuran medium untuk menjual lahannya serta pengembang berskala kecil untuk mengembangkan perumahan. Pengembang dapat melangsungkan proses perizinan dan konstruksi tanpa harus membuat pengeluaran untuk membeli lahan. Praktek seperti ini dijelaskan oleh salah satu pengembang dalam kutipan berikut:

“Developer pasti menjajaki lahan yang bisa dikembangkan sementara perolehan lahan semakin sulit karena harga. Untuk proyek kita ada yang beli dan ada yang kerjasama dengan pemilik lahan, kita yang mendesain lalu sistem bagi hasil.” (D17)

Dalam bentuk kerjasama seperti ini, pemilik lahan tidak dibayar penuh selama proses pembangunan masih berlangsung. Pemilik lahan dibayar lunas jika semua rumah telah terjual. Alasan untuk menahan pembayaran ini mungkin dikarenakan pengembang ingin menghindari resiko seandainya penjualan rumah bermasalah. Dengan adanya bentuk kerjasama seperti ini, maraknya pembangunan perumahan *cluster* dapat dimaklumi, apalagi dengan tingginya permintaan perumahan *cluster* dari masyarakat kelas menengah seperti diutarakan salah satu pengembang:

“Kerjasama dengan pemilik lahan, jadi rumahnya udah laku baru tanahnya dilunasin. Di KBB banyak pengembang kecil, tanah cuma 4000 km². bikin perumahan. Tanah cluster banyak, peminat banyak.” (P02)

Kerjasama tidak hanya dilakukan dengan pemilik lahan, tapi juga dengan perusahaan atau pengembang lain yang telah memiliki izin lokasi namun proses pembangunannya terhenti. Praktek seperti ini pengembang memberikan keuntungan bagi pengembang untuk membangun dengan luasan yang lebih besar karena izin lokasi yang dimiliki biasanya berlaku sebelum adanya peraturan tentang Kawasan Bandung Utara pada tahun 2008 yang mengurangi batasan KDB. Salah satu pengembang menjelaskan kerjasama dengan pengembang lain dalam kutipan berikut:

“Saya ada proyek lain. Itu dari 1987 kita yang kelola sampai 2004. 2004 kolaps kemudian dijual ke developer lain. 2012 ada lahan diatasnya, masih izin yang lama, mau kita coba garap lagi 2 hektar-an. Ngorehan sisa-sisa, dimana yang masih bisa dijual dimanfaatkan.” (D09)

Selain terkait dengan kalkulasi nilai lahan, membangun perumahan berskala kecil dalam bentuk *cluster* juga dianggap menguntungkan jika dilihat dari sudut pandang penyediaan sarana. Hal ini merefleksikan kurangnya kepercayaan diri dan keterbatasan kapasitas dari pengembang skala kecil. Persyaratan sarana yang ada sekarang adalah semakin besar ukuran perumahan berarti semakin banyak sarana yang harus disediakan sementara perumahan *cluster* hanya disyaratkan untuk menyediakan ruang terbuka hijau atau masjid di dalam kawasan perumahannya. Selain itu, pengembang juga menganggap bahwa mengembangkan perumahan *cluster* memberikan profit yang lebih banyak daripada mengembangkan perumahan berskala besar meskipun logikanya lebih banyak pengeluaran untuk perizinan. Hal ini diutarakan salah satu pengembang dalam kutipan berikut:

“Ada beberapa ketentuan yang menjadi hilang kalau luasannya berkurang ... misalnya perumahan X dengan luasan yang besar jadi harus ada fasilitas sekolah, rumah sakit. Kalau dari segi hitung-hitungan bisnis sebetulnya 5x5 itu lebih menguntungkan daripada 1x10 dari sisi cashflow ... biaya yang dikeluarkan lebih mahal sebetulnya karena perizinan banyak tapi begitu dihitung di ujung proyek, cash-on kita lebih bagus yang kecil-kecil” (D09)

Bentuk *cluster* juga dianggap serupa dengan bentuk *cul-de-sac* karena menciptakan area privat. Jika sebenarnya *cul-de-sac* adalah sebuah jalan tanpa koneksi atau jalan buntu, istilah ini telah banyak digunakan untuk merujuk kepada sebuah layout dengan satu akses. Pengembang mengaku bahwa preferensi pasar yang memaksa mereka untuk membangun bentuk tersebut. Jika tidak mengikuti, penjualannya tidak sebaik *cul-de-sac* sehingga mereka terpaksa menurunkan harga jual rumahnya dan memasang portal untuk menciptakan efek privatisasi jalan yang serupa dengan *cul-de-sac*. Pengalaman pengembang seperti ini dikemukakan dalam kutipan berikut:

“Preferensi pasarnya cul-de-sac. lebih menjual. saya ada cluster yang tidak cul-de-sac, banyak orang tanya ‘kok tidak cul-de-sac ya’, jadi kurang suka gitu. Saya dulu bikin 10 unit tapi memang itu jalan umum ya...akhirnya saya jualnya juga dimurahin... akhirnya kita kasih portal.” (D18)

Tidak hanya ukuran area perumahan, ukuran rumah yang lebih kecil juga lebih diminati terutama oleh keluarga muda dengan pendapatan total lebih dari 10 juta rupiah per bulan. Karena sibuk bekerja, mereka memiliki sedikit waktu di rumah sehingga rumah yang berukuran kecil akan lebih mudah untuk dibersihkan dan dirawat. Salah satu pengembang mengutarakan pengalamannya dalam kutipan berikut:

“Sekarang kalau misalnya kita bangun rumah yang cluster gitu, 1000 m². ada beberapa puluh unit, kita bisa jual mahal karena yang belinya juga para pasangan muda yang baru punya 1-2 anak dengan posisi kerja yang punya joint income yang lumayan besar. Mereka sudah tidak mau beli perumahan yang terbuka, lebar, dan belinya tipe 40 mereka tidak mau. Kita selaku penjual juga mengikuti tren akhirnya..karena ternyata pasangan-pasangan muda rata-rata lebih suka yang itu cluster-cluster yang 20-30 unit. Akhirnya tren itu terjadi ketika pasarnya meminta sebetulnya...Jualan saya dari 2009 sampai sekarang bagusnya di tipe 40, 40-50 m².. Ketika

bangun rumah tipe 80 aja sudah mulai susah jualannya. Saya disini 80 hanya beberapa kapling, sampai sekarang cuma laku 6-7 kavling ... yang tadinya besar, kita kecilin lagi” (D09)

Pada akhirnya, keputusan untuk membentuk perumahan menjadi *gated community* tidak hanya berujung di pihak pengembang. Walaupun pengembang bersedia untuk membuat akses umum, hal ini belum tentu dilaksanakan jika ada pertimbangan preferensi konsumen. Tapi tentu perlu diingat bahwa hal ini umumnya terjadi pada kondisi tidak adanya persyaratan dari Pemda.

Pembahasan

Bentuk perumahan dipengaruhi oleh proses perizinan. Dari proses perizinan diketahui bahwa beberapa pengembang telah mempertahankan akses warga. Namun alasan dibalik akses ini tidak hanya untuk menghormati warga yang sudah menyumbangkan tanahnya untuk akses publik tapi juga supaya warga kampung yang tinggal bersebelahan ini memberikan izin tetangga kepada pengembang. Izin tetangga ini menjadi salah satu prasyarat dalam mendapatkan *advis planning* yang kemudian dapat ditindaklanjuti dengan mendapatkan rekomendasi teknis serta diakhiri dengan IMB atau kini PBG.

Selain proses perizinan, kombinasi antara pasar tanah dan segmen pasar perumahan di pinggiran Kota Bandung ini turut mempengaruhi pengembang untuk menentukan harga jual dan bentuk perumahan yang spesifik: benteng, gerbang dan *cul-de-sacs*— yang merepresentasikan *gated community* dan *cluster*. Pengembang sebagai pelaku pasar diasumsikan sebagai *profit maximizers* yang menghasilkan setiap keputusan berdasarkan perhitungan profit (Campbell, Tait, dan Watkins 2014). Tidak hanya untuk menarik calon pembeli, benteng dan gerbang perumahan juga sengaja dibangun untuk memenuhi kebutuhan pengembang akan perolehan lahan di masa yang akan datang.

Karena alasan eksklusifitas, sebagai salah satu daya tarik dalam menjual properti, desain perumahan dengan layout grid dan tanpa benteng tidak dianggap sebagai solusi yang baik karena bertolak belakang dengan aspirasi pasar. Sebagaimana temuan dari Rahadi et al. (2013) bahwa selayaknya sektor privat, pengembang membangun perumahan berdasarkan preferensi masyarakat baik fakta maupun asumsi, pengembang dalam kajian ini cenderung menghindari akses ke kampung sekitar karena dianggap tidak menarik oleh pembeli yang umumnya masyarakat kelas menengah. Dari segi desain, sepertinya diperlukan adanya solusi yang memungkinkan transisi yang lebih halus dari jalan

umum ke dalam area perumahan daripada sekedar gerbang dan benteng.

Ditujukan supaya terpisah dari warga kampung sekitar, *clusters* dan *gated community* juga berfungsi sebagai alat pembagian kaveling yang efisien. Efisiensi dalam hal ini tentunya yang dianggap oleh pengembang dapat memberikan profit yang lebih banyak dengan menghasilkan lebih banyak produk yang dijual dan mengurangi biaya untuk penyediaan sarana. Perumahan yang memiliki sarana lengkap memerlukan biaya yang tinggi dalam penyediaannya, sehingga strategi berbasis pasar tidak lagi sesuai (Talen 2013).

Dilihat secara sekilas, pengembang cenderung tidak mengikuti aturan tapi praktek yang mereka lakukan sebenarnya hanya menunjukkan bahwa pengembang bertindak untuk mendapatkan profit tanpa adanya aturan yang melarang terbangunnya *gated community*. Diperlukan adanya intervensi dari pemerintah untuk mengurangi efek negatif dari *gated community*. Upaya yang dapat dilakukan diantaranya adalah dengan memberikan definisi fisik yang jelas serta panduan untuk mengatur bentuk perumahan *gated community*. Tahap awal untuk pendefinisian dan kategori ini sudah dilakukan oleh beberapa studi, misalnya Samsirina (2015). Sementara panduan yang dapat dijadikan acuan diantaranya dapat ditemui di Malaysia yang membedakan antara *gated community* dan *guarded neighbourhood* (Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan Semenanjung Malaysia 2010). Panduan ini memuat ketentuan diantaranya: lokasi yang diperkenankan, jenis batas yang diperbolehkan digunakan, luas minimum, jumlah unit minimal dan maksimal di dalamnya, perletakan fasilitas umum, dan tersedianya akses darurat selain gerbang masuk.

KESIMPULAN

Artikel ini telah mengungkap alasan yang menjadi dasar bagi pengembang untuk membangun *gated community*. Temuan menunjukkan bahwa tidak hanya preferensi konsumen dan tren yang terjadi yang menentukan keputusan terkait bentuk perumahan, pengembang juga bertindak cukup leluasa untuk membangun *gated community* karena hubungan personal dalam perolehan izin serta kebiasaan pengembang dalam membujuk warga sekitar terutama dalam menentukan apakah akan dibuat akses atau tidak. Selain itu, *gated community* juga dibuat untuk memfasilitasi pengembang dalam memperoleh profit yang lebih tinggi dengan cara memberikan pentahapan pembangunan, dan pengurangan kewajiban penyediaan fasilitas. Seluruh alasan inilah yang akhirnya menentukan bentuk

perumahan untuk memiliki akses ke kampung sekitar, benteng, gerbang, dan luas perumahan yang relatif kecil.

Gated community tetap banyak dibangun oleh pengembang meskipun banyak efek negatif yang dihasilkan dari bentuk pembangunan perumahan semacam ini. Alasan dibalik maraknya pembangunan *gated community* yang dikupas melalui sudut pandang pengembang serta dilengkapi dengan sudut pandang aparat pemerintah yang terlibat pada dinas teknis terkait perizinan perumahan menunjukkan bahwa pemerintah tidak berperan banyak dalam menentukan bentuk perumahan yang boleh dibangun. Sebaliknya, proses pengambilan keputusan berbasis pasar yang lebih banyak menentukan bentuk perumahan yang dibangun oleh pengembang. Bentuk perumahan yang baik seyogyanya perlu diarahkan oleh pemerintah melalui regulasi, salah satunya adalah perizinan perumahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ini dibuat berdasarkan data dari studi penulis di RMIT University, Australia, dan kegiatan inovasi dengan sumber dana APBN TA 2019 yang dilakukan penulis bersama dengan Siti Zubaidah Kurdi dan Kunthi Herma Dwidayati

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, N, dan HE Kusuma. 2016. "Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Ketertarikan pada Perumahan Berbasis Agama." In *Temu Ilmiah IPLBI 2016*, 147-57.
- Bagaeen, Samer, dan Ola Uduku. 2010. *Gated Communities: Social Sustainability in Contemporary and Historical Gated Developments. Gated Communities: Social Sustainability in Contemporary and Historical Gated Developments*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781849774772>.
- Blakely, Edward J, dan Mary Gail Snyder. 1997. *Divided We Fall: Gated and Walled Communities in the United States.* *Architecture of Fear*. Vol. 320. New York: Princeton Architectural Press New York.
- . 1998a. "Forting up: Gated communities in the United States." *Journal of Architectural and Planning Research*, 61-72.
- . 1998b. "Separate places: Crime and security in gated communities." *Reducing crime through real estate development and management*, 53-70.

- Campbell, Heather, Malcolm Tait, dan Craig Watkins. 2014. "Is there space for better planning in a neoliberal world? Implications for planning practice and theory." *Journal of Planning Education and Research* 34 (1): 45-59.
- Charmes, Eric. 2010. "Cul-de-sacs, superblocs and environmental areas as supports of residential territorialization." *Journal of Urban Design* 15 (3): 357-74.
- Diningrat, Rendy Adriyan. 2015. "Spatial Segregation of Large Scale Housing: The Case of Kota Harapan Indah New Town, Bekasi." *Journal of Regional and City Planning* 26 (2): 111-29.
- Duany, Andres, Elizabeth Plater-Zyberk, dan Jeff Speck. 2001. *Suburban nation: The rise of sprawl and the decline of the American dream*. Macmillan.
- Goix, R Le, dan C Webster. 2008. "Gated communities." *Geography Compass* 2 (4): 1118-1214.
- Grant, Jill, dan Andrew Curran. 2007. "Privatized suburbia: The planning implications of private roads." *Environment and Planning B: Planning and Design* 34 (4): 740-54. <https://doi.org/10.1068/b32136>.
- Grant, Jill, dan Lindsey Mittelsteadt. 2004. "Types of gated communities." *Environment and planning B: Planning and Design* 31 (6): 913-30.
- Hapsariniaty, Alia Widyarini, Boedi Darma Sidi, dan Allis Nurdini. 2013. "Comparative Analysis of Choosing to Live in Gated Communities: A case study of Bandung metropolitan area." *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 101: 394-403.
- Hartanto, Tri. 2016. "Gated Community Studi Kasus: Perumahan Casa Grande di Yogyakarta." *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur* 18 (22).
- Hastijanti, Retno. 2003. "Kampung Kota sebagai 'Permukiman Berpintu Gerbang.'" *Nalars* 2 (2): 59-63.
- Hogan, Trevor, Tim Bunnell, Choon-Piew Pow, Eka Permanasari, dan Sirat Morshidi. 2012. "Asian urbanisms and the privatization of cities." *Cities* 29 (1): 59-63.
- Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan Semenanjung Malaysia. 2010. *Garis Panduan Perancangan Gated community and Guarded Neighbourhood*. [https://www.mpklang.gov.my/sites/default/files/panduan/Garis Panduan Guarded and Gated Community.pdf](https://www.mpklang.gov.my/sites/default/files/panduan/Garis%20Panduan%20Guarded%20and%20Gated%20Community.pdf).
- Kozak, Daniel. 2008. "Assessing urban fragmentation: The emergence of new typologies in central Buenos Aires." *World Cities and Urban Form: Fragmented, Polycentric, Sustainable*, 269-92. <https://doi.org/10.4324/9781315811871>.
- Lang, Robert E, dan Karen A Danielsen. 1997. "Gated communities in America: Walling out the world?" *Housing Policy Debate* 8 (4): 867-99.
- Leisch, Harald. 2002. "Gated communities in Indonesia." *Cities* 19 (5): 341-50.
- Monkkonen, Paavo. 2013. "Urban land-use regulations and housing markets in developing countries: Evidence from Indonesia on the importance of enforcement." *Land Use Policy* 34: 255-64. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.03.015>.
- Rahadi, Raden Aswin, Sudarso Kaderi Wiryo, Deddy P Koesrindartoto, dan Indra Budiman Syamwil. 2013. "Attributes influencing housing product value and price in Jakarta metropolitan region." *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 101: 368-78.
- Samsirina. 2015. "Tipe-Morfologi Gated Communities di Metropolitan Jakarta." Disertasi Program Doktor Arsitektur ITB.
- Samsirina, S, WD Pratiwi, dan IB Harun. 2017. "Tourism inside gated: The transformation of gated housing in peri-urban of Bandung." *ASEAN Journal on Hospitality and Tourism* 15 (1): 24-35.
- Sueca, N, dan LDR Fitriani. 2012. "Profile gated community di Denpasar." In *Temu Ilmiah IPLBI 2012*, 45-48.
- Talen, Emily. 2013. "Prospects for walkable, mixed-income neighborhoods: Insights from US developers." *Journal of Housing and the Built Environment* 28 (1): 79-94.
- Tedong, Peter Aning, Jill L Grant, dan Wan Nor Azriyati Wan Abd Aziz. 2014. "The social and spatial implications of community action to enclose space: Guarded neighbourhoods in Selangor, Malaysia." *Cities* 41: 30-37.
- Wulangsari, Amalia, dan Wisnu Pradoto. 2014. "Tipologi Segregasi Permukiman berdasarkan Faktor dan Pola Permukiman di Solo Baru, Sukoharjo." *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota* 10 (4): 387-99.
- Yandri, Pitri. 2015. "Conflicts and segregation of housing cluster communities and its surrounding." *Jurnal Kependudukan Indonesia* 10 (2): 75-88.

PERSEPSI MASYARAKAT DAN KESESUAIAN TEKNIS JALUR PEMANDU BAGI PEJALAN KAKI TUNANETRA PADA AREA PUBLIK: STUDI KASUS JALUR PEMANDU PADA RUAS TERAS CIHAMPELAS, BANDUNG

Public Perception and Technical Compatibility of Tactile Paving for Visually Impaired in Public Area: A Case Study of Tactile Paving in Teras Cihampelas Section, Bandung

Agara Dama Gaputra

Departemen Pendidikan Teknik Arsitektur, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan,
Universitas Pendidikan Indonesia, Jalan Dr. Setiabudi No. 207, Isola, Kec. Sukasari,
Kota Bandung, Jawa Barat 40154
Surel: agara.gaputra@gmail.com

Diterima : 21 Mei 2021 ;

Disetujui : 29 Oktober 2021

Abstrak

Jalur pemandu merupakan fasilitas untuk memudahkan para pengguna jalur pejalan kaki dengan kebutuhan khusus, dalam hal ini khususnya adalah bagi tunanetra (buta total maupun penglihatan rendah). Penelitian ini berangkat dari sering ditemukannya ketidaksesuaian pada penerapan jalur pemandu di area publik. Tujuan penelitian ini adalah untuk memetakan persepsi masyarakat umum, kesesuaian teknis dan ketepatan penggunaan dari jalur pemandu pada ruas Teras Cihampelas. Data dikumpulkan melalui studi literatur, observasi dan penyebaran kuesioner. Analisis data dilakukan dengan mengevaluasi hasil observasi objek studi berdasarkan regulasi dan standarisasi yang berlaku. Analisis dari hasil kuesioner juga dilakukan untuk mengetahui persepsi masyarakat mengenai jalur pemandu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baik pada tahap perancangan, konstruksi maupun pasca guna, jalur pemandu masih belum maksimal dan belum sepenuhnya dipahami oleh masyarakat umum. Hasil penelitian diharapkan dapat berkontribusi dalam penerapan jalur pemandu pada ruas-ruas pejalan kaki di area publik.

Kata Kunci: Pejalan kaki, tunanetra, jalur pemandu, kesesuaian teknis, persepsi

Abstract

Tactile paving are facilities to facilitate the use of pedestrian paths for users with special needs, in this particular case, for the visually impaired (total blindness or low vision). This research departs from the frequent finding of discrepancies in the implementation of the tactile paving in public areas. The purpose of this research is to map the general public's perceptions, technical compatibility and appropriateness of the tactile paving on the Teras Cihampelas section. Data were collected through literature study, observation and questionnaires. Data analysis was carried out by evaluating the results of the observations of the object of study based on enforced regulations and standardization. Analysis of the results of the questionnaire was also carried out to determine the public's perception of the tactile paving. The results showed that at the planning, construction and post-use stages, the tactile paving was still not maximized and was not fully understood by the general public. The results of the research are expected to contribute to the application of tactile paving on pedestrian paths in public areas.

Keywords: Pedestrians, visually impaired, tactile paving, technical compatibility, perception

PENDAHULUAN

Masyarakat berkebutuhan khusus memerlukan fasilitas dan infrastruktur yang dapat membantu mereka untuk berjalan kaki dalam kegiatannya sehari-hari. Salah satu golongan masyarakat berkebutuhan khusus yang memerlukan perhatian sebagai pejalan kaki adalah para penyandang

disabilitas netra, atau disebut juga tunanetra. Penyandang tunanetra dapat dibagi menjadi dua, yaitu penderita buta total (*total blindness*) dan pemilik kemampuan penglihatan rendah (*low vision*). Lebih lanjut, untuk memberikan fasilitas berjalan kaki yang dapat memudahkan semua kalangan pengguna, dilakukanlah upaya-upaya untuk

membuat ruang publik lebih ramah terhadap penyandang tunanetra, antara lain adalah pemasangan jalur pemandu pada jalur pejalan kaki di area publik.

Jalur pemandu (Gambar 1) pertama kali diterapkan di Kota Okayama, Jepang oleh seorang pemilik hotel bernama Seiichi Miyake pada tahun 1967 (Sekiguchi dan Nakayama 2002). Menyadari pentingnya inovasi yang dilakukan oleh Miyake, pemerintah Jepang kemudian menerapkan penggunaan jalur pemandu di seluruh Jepang pada tahun 1973, hingga pada akhirnya standardisasi dari jalur pemandu ditetapkan pada tahun 2001. Jalur pemandu yang terinspirasi oleh braille ini memiliki desain yang dalam penerapannya sangat sederhana dan mudah dimengerti.

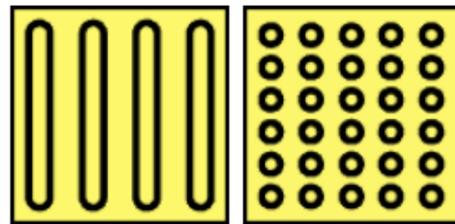


Gambar 1 Demonstrasi Penggunaan Jalur Pemandu
Sumber: (Sekiguchi dan Nakayama 2002)

Jalur pemandu terbentuk oleh ubin-ubin pemandu yang memiliki 2 (dua) elemen penting, yaitu tekstur dan warna (Sakaguchi, Takasu, dan Akiyama 2000). Tekstur pada ubin pemandu berfungsi untuk memberikan informasi pada pejalan kaki berkebutuhan khusus, sedangkan warna pada ubin pemandu berfungsi untuk membantu pejalan kaki tunanetra membedakannya dari ubin biasa.

Di Indonesia sendiri, jalur pemandu diatur oleh Permen PUPR No. 14 Tahun 2017 tentang Persyaratan Kemudahan Bangunan Gedung yang mencabut peraturan sebelumnya, yaitu Permen PU No. 30 Tahun 2006 tentang Pedoman Teknis Fasilitas dan Aksesibilitas pada Bangunan Gedung dan Lingkungan. Berdasarkan peraturan di atas, digunakan 2 (dua) jenis ubin dalam jalur pemandu, yaitu ubin pengarah dengan tekstur garis-garis yang menunjukkan arah perjalanan dan ubin peringatan dengan tekstur bulat-bulat yang memberi peringatan terhadap adanya perubahan situasi di sekitar area pejalan kaki (Gambar 2). Selain itu, diputuskan juga untuk memberikan perbedaan warna antara ubin

pemandu dengan ubin lainnya, maka pada ubin pemandu dapat diberi warna kuning atau jingga. Adapun diatur area-area yang harus menggunakan ubin pemandu, antara lain di depan jalur lalu-lintas kendaraan, di depan pintu masuk dan keluar, dari dan ke tangga atau fasilitas persilangan yang memiliki perbedaan ketinggian lantai, di pintu masuk dan keluar pada terminal transportasi umum atau area penumpang, pada pedestrian yang menghubungkan antara jalan dan bangunan, dan pada jalur yang mengarah dari fasilitas umum ke stasiun transportasi umum terdekat (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat 2017). Peraturan-peraturan ini juga tidak berbeda dengan standardisasi yang berlaku secara internasional untuk penerapan ubin pemandu (International Association of Traffic and Safety Sciences 2008).



Gambar 2 Standardisasi Tekstur Ubin Pemandu
(Int. Association of Traffic and Safety Science 2008)

Penerapan jalur pemandu pada trotoar telah dilakukan di kota-kota besar, seperti Semarang (Sari dan Dewi 2015) dan Manado (Sembor, Egam, dan Waani 2016). Meski demikian, pemahaman terhadap jalur pemandu masih sangat minim. Bahkan pihak yang terlibat dalam perencanaan dan pelaksanaan pembangunan jalur pejalan kaki sering kali melakukan kesalahan yang fatal seperti tidak menggunakan jalur pemandu dengan warna yang sesuai berdasarkan standardisasi (Gambar 3), membuat jalur pemandu yang terhalang oleh objek-objek tertentu (Gambar 4), atau bahkan mengarahkan jalur pemandu sehingga dapat membahayakan penggunaannya (Gambar 5).



Gambar 3 Warna Jalur Pemandu yang Tidak Sesuai Standardisasi
Sumber: (Rahardjo 2017)



Gambar 4 Jalur Pemandu yang Terhalang
 Sumber : (Kurniawan 2018)



Gambar 5 Jalur Pemandu yang Membahayakan Jiwa Pejalan Kaki
 Sumber: (Purnamasari 2018)

Jalan Cihampelas yang terletak di Kota Bandung, Jawa Barat merupakan area komersial yang tidak pernah sepi pengunjung. Bangunan-bangunan komersial yang terletak di sepanjang jalan Cihampelas ini menjadi penarik bagi para pengunjung untuk berjalan kaki di sepanjang trotoar jalan. Kemudian, pada akhir tahun 2016 silam telah dibangun dan diresmikan *Skywalk* Teras Cihampelas (Gambar 6) yang bertujuan antara lain untuk meningkatkan kualitas berjalan kaki pada ruas jalan tersebut.



Gambar 1 Teras Cihampelas di Jalan Cihampelas, Bandung

Teras Cihampelas adalah infrastruktur sepanjang 480 meter yang membentang di atas Jalan Cihampelas dan berfungsi sebagai ruang publik yang menampung berbagai kegiatan komersial berupa pedagang kaki lima yang direlokasi dari trotoar-trotoar pada ruas

Jalan Cihampelas sebelumnya. Teras Cihampelas meningkatkan jumlah pejalan kaki di ruas Jalan Cihampelas secara keseluruhan, sayangnya keberadaan infrastruktur ini mengakibatkan jalur pejalan kaki pada trotoar yang sudah ada sebelumnya menjadi tersamping, sedangkan fungsi-fungsi komersial yang berada di bawah Teras Cihampelas pun masih diharuskan menampung pejalan kaki yang jumlahnya tidak sedikit (Gambar 7).



Gambar 7 Kondisi Jalur Pejalan Kaki di Bawah Teras Cihampelas
 Sumber: (Kukulintingan BDG 2017)

Ruas jalur pejalan kaki pada ruas Teras Cihampelas sepatutnya tidak luput dari perhatian, terutama karena tingkat pemanfaatannya yang tinggi, termasuk oleh pejalan kaki berkebutuhan khusus. Untuk itu, selain membutuhkan jalur pejalan kaki yang nyaman untuk masyarakat umum, perlu dipastikan juga bahwa jalur pemandu yang ada pada ruas jalan tersebut telah memiliki kesesuaian teknis dengan regulasi dan standar yang berlaku.

Sebelumnya, beberapa penelitian terkait jalur pejalan kaki telah dilakukan di Bandung, termasuk mengenai kenyamanan jalur pejalan kaki (Natalia 2017; Rohmawati dan Natalia 2018; Robi 2017) maupun mengenai persepsi dari pejalan kaki berkebutuhan khusus (Octaviana 2016; 2019). Selain itu juga sudah dilakukan penelitian terhadap *Skywalk* Teras Cihampelas itu sendiri (Tekadtuera; Anindhita N. Sunartio 2018; Radhiya 2019; Kusmeilan, Prasetyanto, dan Maulana 2018; Dewa 2019). Meski demikian, belum ada yang secara khusus menyinggung mengenai kesesuaian teknis dari jalur pemandu, terutama pada ruas Teras Cihampelas.

Penelitian ini ditujukan untuk memetakan persepsi masyarakat umum, kesesuaian teknis dan ketepatangunaan dari jalur pemandu pada ruas Teras Cihampelas. Penelitian ini dianggap penting mengingat pembangunan Teras Cihampelas tahap ke-

2 yang sedang berlangsung saat penelitian ini dilakukan (Gambar 8) dan pembangunan tahap ke-3 yang akan dilaksanakan. Diharapkan bahwa temuan dari penelitian ini dapat menjadi pertimbangan ataupun masukan dan berkontribusi dalam perencanaan serta pembangunan jalur pemandu pada area publik di masa mendatang.



Gambar 8 Proses Konstruksi Teras Cihampelas 2

METODE

Pada penelitian ini, digunakan *mixed-method* yang menggabungkan metode kualitatif melalui kuesioner terbuka dan kuantitatif melalui observasi di lapangan (Creswell 2007). Penelitian ini bersifat deskriptif karena berusaha menjelaskan dan menggambarkan fenomena yang terjadi di lapangan (Groat dan Wang 2004), dengan pendekatan *case study*.

Lebih lanjut, penelitian ini juga merupakan penelitian evaluasi dengan membandingkan kondisi lapangan hasil observasi dengan regulasi dan standarisasi yang berlaku, yaitu Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 14 Tahun 2017 tentang Persyaratan Kemudahan Bangunan Gedung.

Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan 3 (tiga) metode pengumpulan data, yaitu studi literatur, survei lapangan atau observasi dan kuesioner.

Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan data mengenai jalur pemandu, baik mengenai definisi, sejarah, standar, gambar maupun aspek-aspek lainnya. Pengumpulan data ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran mengenai jalur pemandu menurut buku, artikel, regulasi dan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

Melalui observasi, peneliti melakukan survei langsung ke Jalan Cihampelas, tepatnya ruas Teras Cihampelas untuk menilai kesesuaian teknis jalur pemandu pada ruas area tersebut. Penilaian kondisi jalur pemandu hanya melibatkan penilaian mandiri karena berfokus pada kondisi fisik dari jalur pemandu tersebut, meski demikian observasi dilakukan dengan mengacu pada standarisasi yang

berlaku, sehingga dapat dilakukan pencocokan hasil studi literatur terhadap kondisi lapangan yang ada. Observasi dilakukan pada tanggal 3 dan 9 Desember 2018. Penilaian kondisi fisik pada ubin pemandu kemudian dapat dibagi berdasarkan pengaruh dari 3 (tiga) tahapan, yaitu tahap perancangan, tahap konstruksi dan tahap pasca guna (*post-use*)

Penyebaran kuesioner terbuka dilakukan secara daring yang disebar ke responden, yaitu masyarakat umum yang pernah melalui jalur pejalan kaki pada ruas Teras Cihampelas, dan memperoleh sebanyak 24 data yang valid. Kuesioner ini bertujuan untuk mengungkapkan persepsi pengguna jalan umum terhadap jalur pejalan kaki bagi pejalan kaki berkebutuhan khusus, khususnya tunanetra.

Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan pengambilan gambar dari fenomena yang terjadi di lapangan untuk dijelaskan dengan mencocokkannya terhadap standarisasi dan regulasi yang diberlakukan dari Permen PUPR No. 14 Tahun 2017. Melalui analisis ini dapat dinilai kondisi objek studi pada penelitian, dalam hal ini adalah jalur pemandu di ruas Teras Cihampelas.

Analisis data kuesioner dilakukan dengan menggunakan analisis distribusi dari pertanyaan-pertanyaan yang diajukan mengenai pemahaman responden terhadap fungsi jalur pemandu yang ada di ruas Teras Cihampelas. Analisis isi juga dilakukan untuk memetakan persepsi responden mengenai jalur pejalan kaki dan jalur pemandu pada ruas jalan tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan observasi yang dilakukan dari titik awal (Gambar 9) Teras Cihampelas yang terletak di depan gerbang samping Rumah Sakit Advent hingga titik akhir (Gambar 10) yang terletak di depan Hotel Promenade, ditemukan bahwa pemasangan ubin-ubin pemandu untuk jalur pemandu di ruas pejalan kaki Teras Cihampelas telah menggunakan warna yang



Gambar 9 Titik Awal Ruas Jalur Pejalan Kaki Objek Studi

sesuai, yaitu warna kuning yang kontras dengan warna abu-abu dari *paving* jalur pejalan kaki.



Gambar 10 Titik Akhir Ruas Jalur Pejalan Kaki Objek Studi

Meskipun memiliki warna, material dan ukuran yang telah memenuhi standar yang ditetapkan menurut Permen PUPR No. 14 Tahun 2017, ditemukan ketidaksesuaian yang diduga terjadi pada tahap perancangan jalur pemandu. Ketidaksesuaian dengan ini antara lain adalah jalur pemandu yang memiliki banyak belokan, meskipun pada saat observasi, tidak ada elemen yang terlihat menghalangi jalur pemandu tersebut untuk dibuat lurus (Gambar 11). Meski demikian, hal ini berkaitan dengan pengembangan ruas Jalan Cihampelas secara keseluruhan, di mana mungkin terdapat *street furniture* yang menghalangi jalur pemandu pada tahap konstruksi.



Gambar 11 Jalur Pemandu yang Tidak Lurus

Selain jalur pemandu yang berbelok-belok, ditemukan juga ketidaksesuaian lain yang mungkin terjadi pada tahap perancangan, yaitu terhalang atau terpotongnya jalur pemandu oleh elemen-elemen permanen yang ada di jalur pejalan kaki, seperti pohon atau bahkan struktur kolom dari Teras Cihampelas (Gambar 12 dan 13).



Gambar 12 Jalur Pemandu yang Terhalang Objek/Struktur Permanen



Gambar 13 Jalur Pemandu yang Terhalang Objek/Struktur Permanen

Selain ketidaksesuaian yang mungkin terjadi pada tahap perancangan di atas, ditemukan juga ketidaksesuaian pada tahap konstruksi, yaitu kekeliruan pemasangan tekstur ubin pemandu (Gambar 14) di beberapa titik. Antara lain kesalahan yang umum ditemukan adalah digunakannya ubin peringatan tanpa adanya elemen yang perlu diwaspadai di sekitar jalur pemandu dan digunakannya ubin pengarah pada akhir jalur pemandu yang kerap mengarahkan pengguna jalur pemandu ke area yang berbahaya ataupun elemen yang menghalangi jalur pejalan kaki.



Gambar 14 Kesalahan Pemasangan Tekstur Ubin Pemandu

Sejak diselesaikan pada tahun 2016 silam, tentunya jalur pemandu di ruas jalan ini wajarnya mengalami kerusakan sehingga diperlukan perawatan oleh pihak pengelola, dalam hal ini pemerintah Kota Bandung. Tetapi berdasarkan observasi lapangan, ditemukan banyak ubin pemandu yang tidak memperoleh perawatan yang cukup. Kerusakan yang dialami oleh jalur pemandu di ruas Teras Cihampelas bervariasi dari kerusakan ringan, kerusakan berat hingga hilang atau terlepas (Gambar 15).



Gambar 15 Kerusakan pada Ubin Jalur Pemandu (Kiri-Kanan: Ringan, Berat dan Hilang/Terlepas)

Ditemukan juga bahwa perawatan yang dilakukan terhadap jalur pemandu hanya berupa perekatan ulang ubin dengan semen, yang hasilnya cenderung berantakan dan menutup sebagian ubin pemandu sehingga menyulitkan penggunaannya (Gambar 16).



Gambar 16 Kondisi Jalur Pemandu yang Tertutup Semen

Selain ketidaksesuaian yang timbul pada tahapan perancangan dan konstruksi, pada tahap pasca guna ditemukan juga penyalahgunaan jalur pejalan kaki di ruas Teras Cihampelas sebagai area parkir. Pemanfaatan jalur pejalan kaki sebagai area parkir ini kemudian mengganggu jalur pemandu sehingga tidak dapat digunakan, karena terhalang oleh parkir motor, parkir mobil bahkan hingga parkir bus (Gambar 17, 18, dan 19). Adapun penyalahgunaan ini disebabkan oleh terjadinya ketidaksesuaian persepsi serta kurangnya tingkat pemahaman masyarakat umum terhadap jalur pemandu dan bahkan jalur pejalan kaki.



Gambar 17 Penyalahgunaan Jalur Pejalan Kaki sebagai Area Parkir Motor



Gambar 18 Penyalahgunaan Jalur Pejalan Kaki sebagai Area Parkir Mobil



Gambar 19 Penyalahgunaan Jalur Pejalan Kaki sebagai Area Parkir Bus

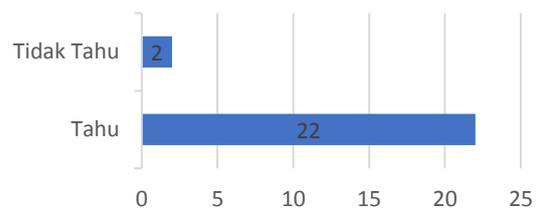
Penyalahgunaan jalur pejalan kaki pun memaksa pejalan kaki berjalan di ruas jalan raya (Gambar), di mana hal ini dapat menimbulkan kemacetan dan sangat berbahaya, terlebih bagi pejalan kaki berkebutuhan khusus. Lebih lanjut, fenomena ini juga terjadi karena adanya ketidaksesuaian rancangan jalur pejalan kaki secara umum.



Gambar 10 Pejalan Kaki yang Terpaksa Berjalan di Ruas Jalan Raya Cihampelas

Berdasarkan hasil kuesioner tentang persepsi masyarakat umum terhadap jalur pemandu yang dijawab oleh 24 orang responden, 22 orang mengungkapkan mengetahui fungsi jalur pemandu sebagai alat bantu bagi pejalan kaki berkebutuhan khusus, yaitu tunanetra, sedangkan 2 orang mengaku tidak mengetahui fungsi dari jalur pemandu tersebut (gambar 21).

Mengetahui Fungsi Jalur Pemandu

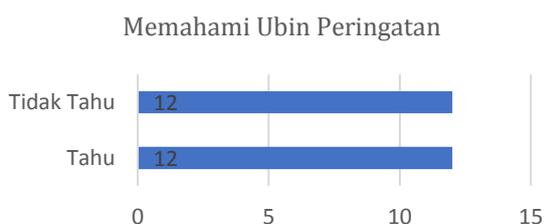


Gambar 21 Pengetahuan Responden terhadap Jalur Pemandu

Diketahui juga bahwa responden belum sepenuhnya paham mengenai fungsi tekstur yang dimiliki oleh ubin jalur pemandu. Dilihat dari 14 orang dengan tepat menyatakan bahwa ubin pemandu bertekstur garis-garis (ubin pengarah) memiliki fungsi untuk menunjukkan arah jalan (Gambar 22), sedangkan hanya 12 orang yang dengan tepat menyatakan bahwa ubin bertekstur bulat-bulat (ubin peringatan) memiliki fungsi untuk memberitahukan pada pejalan kaki berkebutuhan khusus untuk berhenti dan berhati-hati (Gambar 23).



Gambar 22 Pemahaman Responden terhadap Tekstur Ubin Pengarah



Gambar 23 Pemahaman Responden terhadap Tekstur Ubin Peringatan

Melalui kuesioner, responden juga memberikan tanggapan terhadap permasalahan jalur pemandu pada ruas Teras Cihampelas, yang secara garis besar dapat digolongkan menjadi ketidaksesuaian fisik, penggunaan, dan persepsi (Tabel 1).

Tabel 1 Tanggapan Responden terhadap Jalur Pejalan Kaki di Kolong Teras Cihampelas bagi Pejalan Kaki Berkebutuhan Khusus

No	Variabel	(%)
1	Ketidaksesuaian Fisik:	
	a. Terputus/terhalang oleh pohon	50
	b. Terputus/terhalang oleh objek lain	
	c. Banyak yang rusak	
	d. Jika hujan mengalami genangan	
e. Tidak rata & berliku		
2	Ketidaksesuaian Penggunaan:	
	a. Terhalang pengguna lain yang egois	36
	b. Digunakan untuk PKL	
c. Masyarakat tidak mematuhi peraturan		
3	Ketidaksesuaian Persepsi:	
	a. Kurang memahami fungsi jalur pemandu b. Kurang kesadaran terhadap tunanetra	14

Sebanyak 50% tanggapan mengungkapkan jalur pemandu pada ruas Teras Cihampelas memiliki ketidaksesuaian fisik, termasuk di dalamnya banyak jalur yang rusak, terputus oleh pohon dan objek lain, hingga jalur pejalan kaki yang tidak rata dan sering tergenang air saat hujan. Kemudian sebanyak 36% tanggapan mengungkapkan ketidaksesuaian penggunaan, seperti terhalang oleh pengguna yang egois, digunakan oleh PKL, dan penyalahgunaan oleh masyarakat yang tidak mengikuti aturan. Selain itu, sebanyak 14% tanggapan mengungkapkan ketidaksesuaian persepsi, yaitu kurangnya kesadaran terhadap tunanetra dan kurangnya pemahaman terhadap fungsi dari jalur dan ubin pemandu.

KESIMPULAN

Ruas jalur pejalan kaki, khususnya berkaitan dengan jalur pemandu tidak terancang, terlaksana maupun terkelola dengan baik. Terdapat banyak ketidaksesuaian yang terjadi pada tahap perancangan, konstruksi maupun pasca guna. Hal ini terlihat pada jalur pemandu yang terhalang oleh objek-objek permanen di jalur pejalan kaki, ketidaksesuaian penggunaan tekstur ubin pemandu, rusak bahkan terlepasnya beberapa ubin pemandu, hingga penyalahgunaan jalur pejalan kaki dan jalur pemandu sebagai tempat parkir kendaraan bermotor. Persepsi masyarakat juga memiliki pengaruh antara lain pada tahap pasca guna dari jalur pemandu. Karena hingga saat ini, masyarakat belum sepenuhnya paham mengenai fungsi dari jalur pemandu maupun perbedaan fungsi dari tekstur pada ubin pemandu.

Proses dan tahapan perancangan, konstruksi dan pengelolaan jalur pemandu terutama pada area publik perlu diawasi dengan ketat dan melibatkan pihak-pihak lintas disiplin, sehingga jalur pejalan kaki pada umumnya dan jalur pemandu pada khususnya dapat dibangun dan dimanfaatkan dengan lebih baik.

Kekurangan dari penelitian ini adalah: Pertama, berbicara mengenai pejalan kaki berkebutuhan khusus, maka diperlukan responden yang berperan sebagai pengguna, yaitu penyandang tunanetra yang menggunakan jalur pemandu pada objek studi. Kedua, dirasa perlu juga untuk mewawancarai pihak-pihak yang terlibat dalam perancangan, konstruksi, dan juga pengelolaan dari jalur pemandu pada ruas jalur pejalan kaki yang menjadi objek studi. Hasil dari wawancara ini kemudian dapat digunakan untuk menemukan akar permasalahan dari ketidaksesuaian fisik yang terjadi pada objek studi, baik pada tahap perancangan, tahap konstruksi, tahap pengelolaan (pasca guna) bahkan hingga tahap pengembangan. Ketiga, lingkup area penelitian yang hanya mencakup

ruas Teras Cihampelas tahap 1 perlu dikembangkan, terutama berkaitan dengan pengembangan Teras Cihampelas tahap 2 dan 3. Lebih lanjut, rangkaian pengembangan infrastruktur ini tentunya saling berhubungan satu sama lain, sehingga tidak menutup kemungkinan jalur pejalan kaki pada ruas Teras Cihampelas 1 terdampak pengembangan dari konstruksi yang tengah dan akan dilakukan nantinya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang terlibat dalam penelitian ini, termasuk pihak-pihak yang telah bersedia menjadi responden dan telah membantu terwujudnya penelitian ini. Selain itu, peneliti juga hendak menyampaikan terima kasih kepada seluruh rekan dan pengajar di Program Studi Magister Arsitektur, Sekolah Arsitektur, Perencanaan, dan Pengembangan Kebijakan, Institut Teknologi Bandung.

DAFTAR PUSTAKA

Creswell, John W. 2007. "Research Design: Qualitative, Quantitative and Mixed Method Approaches." *SAGE Publications*.

Dewa, Zulfikar Rakita. 2019. "Implementasi Kebijakan Pemerintah Kota Bandung Tentang Revitalisasi Pedagang Kaki Lima di Kawasan Skywalk Cihampelas Kota Bandung Tahun 2017-2018." *CosmoGov* 5 (1): 118.

Groat, Linda, dan David Wang. 2004. *Architectural Research Methods*. *Nexus Network Journal*.

International Association of Traffic and Safety Sciences. 2008. *Guidebook for the Proper Installation of Tactile Ground Surface Indicators (Braille Blocks): Common Installation Errors*. Tokyo: International Association of Traffic and Safety Sciences.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2017. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 14/PRT/M/2017 tentang Persyaratan Kemudahan Bangunan Gedung*.

Kukulintingan BDG. 2017. "teras cihampelas – Jadi urang kudu liwat mana?" Februari 2017.

Kurniawan, Sigid. 2018. "Jalur Pemandu Disabilitas Terhalang | ANTARA Foto." *Antara Foto*. 2018.

Kusmeilan, Ervin, Dwi Prasetyanto, dan Andrian Maulana. 2018. "Tingkat Pelayanan Pejalan Kaki pada Skywalk Jalan Cihampelas Kota Bandung." *Reka Racana: Jurnal Teknik Sipil* 4 (2): Pp. 28 – 37.

Natalia, Tri Widiyanti. 2017. "Hubungan Karakteristik Pejalan Kaki dengan Peningkatan Fasilitas

Trotoar di Sepanjang Jalan Dipatiukur Bandung." In *Temu Ilmiah Ikatan Peneliti Lingkungan Binaan Indonesia (IPLBI)* 6, Pp. B 007 – B 010.

- Octaviana, Sally. 2016. "Persepsi Penyandang Low Vision terhadap Ciri Medan di Ruang Terbuka Publik Kasus: Proses Meruang (Wayfinding) di Kota Bandung." Institut Teknologi Bandung.
- . 2019. "Jalur Trotoar Responsif Penyandang Low Vision: Studi Kasus Pasar Baru Bandung." *Inklusi* 6 (2): 313.
- Purnamasari, Niken. 2018. "Viral Foto Trotoar di Mojokerto yang Bisa Bahayakan Disabilitas." *DetikNews*. 2018.
- Radhiya, R. Januar. 2019. "The Public Sign on Teras Cihampelas as a Form of Increasing the Happiness Index of Bandung Residents." In *Proceedings of the Eleventh Conference on Applied Linguistics (CONAPLIN 2018)*.
- Rahardjo, Edza. 2017. "Difabel Sayangkan Jalur Tuna Netra Malioboro yang Tak Kuning." *DetikNews*. 2017.
- Robi. 2017. "Analisis Kebutuhan Pengembangan Trotoar di Jalan Ciumbuleuit dan Jalan Gegerkalong Hilir Kota Bandung." *Politeknik Negeri Bandung*.
- Rohmawati, Tatik, dan Tri Widiyanti Natalia. 2018. "Tingkat Kepuasan Pejalan Kaki terhadap Trotoar di Kota Bandung." *Jurnal Ilmu Politik dan Komunikasi* 8 (2).
- Sakaguchi, R., S. Takasu, dan T. Akiyama. 2000. "Study concerning the colors of tactile blocks for the visually handicapped – Visibility for the visually handicapped and scenic congruence for those with ordinary sight and vision." In *JPEA World Congress 2000*, Pp 453 – 462.
- Sari, Ritscha Okta, dan Diah Intan Kusumo Dewi. 2015. "Pemanfaatan Jalur Pemandu Tunanetra Pada Pedestrian di Kota Semarang." *RUANG* 1 (1): Pp. 11 – 20.
- Sekiguchi, H., dan H. Nakayama. 2002. "On a History and a present circumstances of walking aid for persons with visual impairment in Japan," 1–6.
- Sembor, Adrian, Pingkan P. Egam, dan Judy O. Waani. 2016. "Evaluasi Jalur Pedestrian Bagi Tunanetra terhadap Persyaratan Teknis di Koridor Jalan Sam Ratulangi Kota Manado." *Jurnal Arsitektur DASENG* 5 (1): Pp. 104 – 115.
- Tekadtuera; Anindhita N. Sunartio, Arvin. 2018. "Effect of Scale, Proportion, and Walkability To Visual Trotoar Quality Under the Teras Cihampelas." *Riset Arsitektur (RISA)* 2 (02): 182–95.

PEMETAAN KERENTANAN TSUNAMI UNTUK Mendukung KETAHANAN WILAYAH PESISIR

Tsunami Vulnerability Mapping to Support Coastal Area Resilience

Andik Isdianto¹, Diah Kurniasari¹, Aris Subagiyo², Muchamad Fairuz Haykal², Supriyadi³

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya,
Jalan Veteran Malang 65145

²Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya,
Jalan MT. Haryono No.167 Malang 65144

³Keamanan Maritim, Universitas Pertahanan Indonesia, Kawasan IPSC Sentul,
Sukahati, Kec. Citeureup, Bogor, Jawa Barat 16810

Surel: andik.isdianto@ub.ac.id, kurniasaridiahdk99@gmail.com, arissubagiyo@ub.ac.id,
haykalmuchamadfairuz@gmail.com, supriyadimarinescience@gmail.com

Diterima : 04 Agustus 2021 ; Disetujui : 28 Oktober 2021

Abstrak

Tsunami merupakan bencana yang jarang terjadi namun cukup memberikan kerusakan yang parah terhadap daerah pesisir yang terkena dampaknya. Banyaknya korban jiwa dan juga harta benda disebabkan oleh kurangnya kesiapan masyarakat dalam menghadapi bencana tsunami, sehingga perlu adanya studi tentang ketahanan wilayah pesisir dalam menghadapi bencana tsunami. Langkah awal untuk membangun ketahanan bencana tsunami adalah mengidentifikasi karakteristik ancaman, kerentanan dan resiko bencana tsunami. Sistem Informasi Geografis (SIG) digunakan dalam memetakan kerentanan suatu daerah terhadap bencana tsunami, dengan parameter kerentanan antara lain kemiringan lahan, tingkat elevasi daratan, penggunaan lahan dan jarak dari garis pantai, dan diolah dengan metode *Weighted Overlay Analysis*. Hasil dari identifikasi variabel kerentanan tsunami menunjukkan bahwa nilai kemiringan lahan antara 2- 6% tergolong rentan, elevasi daratan antara 5 – 10 meter tergolong rentan, penggunaan lahan yang didominasi pertanian tergolong rentan, dan jarak dari garis pantai yang memiliki kerentanan sangat besar apabila semakin dekat dengan pantai. Hasil pengolahan data dengan *Weighted Overlay Analysis* dari beberapa parameter kerentanan menunjukkan bahwa sebagian besar daerah di Kabupaten Cilacap memiliki kerentanan tsunami dalam kategori Cukup Rentan hingga Rentan, sehingga perlu adanya tindakan penyadaran masyarakat akan bahaya tsunami, penetapan jalur evakuasi tsunami, serta upaya relokasi, adaptasi, dan proteksi di wilayah pesisir.

Kata Kunci: SIG, bencana tsunami, Cilacap, analisis teknik overlay, penggunaan lahan

Abstract

Tsunamis are rare but quite devastating disasters to the affected coastal areas. The large number of casualties and property were caused by the lack of community preparedness in facing tsunami disasters, so there is a need for studies on the resilience of coastal areas in the face of tsunami disasters. The initial step to building tsunami disaster resilience is to identify the characteristics of the tsunami threat, vulnerability and risk. Geographic Information Systems (GIS) are used in mapping an area's vulnerability to tsunami disasters, with vulnerability parameters including land slope, level of land elevation, land use and distance from the coastline, and processed using the *Weighted Overlay Analyst* method. The results of the identification of tsunami vulnerability variables indicate that the value of land slope between 2-6% is classified as vulnerable, land elevation between 5-10 meters is classified as vulnerable, land use dominated by agriculture is classified as vulnerable, and the distance from the coastline which has a very large vulnerability when getting closer by the beach. The results of data processing with *Weighted Overlay Analysis* of several parameters of vulnerability indicate that most of the areas in Cilacap Regency have tsunami vulnerability in the category Vulnerable to Vulnerable, so that there is a need for community awareness actions on tsunami hazards, the establishment of tsunami evacuation routes, as well as relocation, adaptation, and protection in coastal areas.

Keywords: Gis, tsunami disaster, Cilacap, weighted overlay analyst, land use

PENDAHULUAN

Berbagai potensi bencana dimiliki oleh Indonesia dan senantiasa mengancam penduduknya. Indonesia secara geografis dikelilingi oleh beberapa lempeng tektonik yang memiliki aktivitas seismik yang tinggi sehingga menyebabkan banyak terjadinya bencana alam. Gempa bumi merupakan dampak dari aktivitas seismik dan tsunami adalah bahaya sekunder yang timbul setelah gempa bumi (Wibowo, Djati, dan Sunarto 2017). Gempa bumi dan tsunami adalah fenomena alam yang berbahaya bagi kehidupan manusia. Bencana alam ini terjadi tanpa adanya pertanda dan mampu memberikan dampak yang cukup besar pada kawasan pesisir dan kepulauan yang ada di dunia (Usman 2019). Perubahan iklim memberikan dampak yang cukup besar di beberapa negara. Dampak dari adanya perubahan iklim yaitu bertambahnya intensitas kejadian cuaca ekstrim di suatu wilayah, perubahan pola hujan, peningkatan suhu permukaan laut dan beberapa dampak lainnya yang mempengaruhi lautan hingga ke daratan (Isdianto dan Luthfi 2019). Wilayah Indonesia merupakan wilayah tektonis aktif yaitu lokasi tumbukan beberapa lempeng tektonik, yang menyebabkan Indonesia termasuk dalam daerah yang berpotensi gempa dan rawan tsunami (Djunire 2009). Pergeseran lempeng bumi di dasar laut yang menyebabkan gempa serta menimbulkan ombak laut disebut tsunami (Widodo et al. 2016).

Tsunami dapat didefinisikan sebagai serangkaian gelombang yang berada pada kolom air yang disebabkan oleh perubahan perpindahan air secara vertikal. Perubahan ini mendorong air ke atas, samping, maupun ke bawah dan menghasilkan gelombang besar di laut (Abu Bakar Sambah, Guntur, dan Fuad 2017). Bencana tsunami merupakan bencana utama yang sering dilakukan penelitian yang dihubungkan dari kerentanan dan resiko bagi kawasan pesisir (Abu Bakar Sambah et al. 2019). Bencana tsunami merupakan bencana yang tidak dapat diprediksi kapan akan terjadi (Miftarokhah 2014). Tsunami disebabkan oleh tenaga yang dilepaskan oleh gempa bumi yang terjadi di dasar laut atau aktivitas vulkanik gunung berapi di dasar laut. Tsunami merupakan bencana alam yang mengancam penduduk di daerah pesisir. Tsunami dapat menyebabkan korban jiwa serta kerugian harta benda yang dapat mempengaruhi perekonomian penduduk, maka dari itu diperlukan arahan evakuasi sebagai upaya penyelamatan penduduk dari bencana tsunami (Usman, Hariyani, dan Shoimah 2021). Bencana ini cukup jarang terjadi namun dapat menimbulkan kerusakan yang parah pada daerah yang terkena dampaknya. Hambatan yang muncul dalam penanggulangan bencana tsunami adalah pemanfaatan ruang pesisir yang tidak sebagaimana

mestinya, seperti contoh wilayah pembangunan *break water* yang digunakan untuk pariwisata (Subagiyo, Kurniawan, dan Yudono 2017). Untuk menghindari dampak negatif dari pemanfaatan wilayah pesisir tersebut dapat diminimalisir terjadinya konflik antar kepentingan dan perlu diadakan penataan yang bertujuan untuk mengakomodasi kepentingan masyarakat dengan memperhatikan potensi, daya dukung, dan kearifan lokal di wilayah pesisir (Yudono 2017). Pengurangan resiko bencana pesisir dapat dilakukan melalui banyak cara, menentukan jalur evakuasi, maupun menyusun wilayah penanggulangan bencana perlu dilakukan untuk meminimalisir kerusakan yang terjadi (Asyari et al. 2021).

Wilayah pesisir Sumatra dan Jawa khususnya wilayah selatan merupakan wilayah yang dikategorikan sebagai wilayah yang sangat rentan terhadap dampak tsunami karena letaknya yang berhadapan langsung dengan lempeng Indo-Australia (A. B. Sambah, Tri Djoko, dan Bayu 2019). Lempeng Eurasia dan Indo-Australia yang bertumbukan di daerah Kabupaten Cilacap menyebabkan terjadinya akumulasi energi yang jika berada dititik jenuh akan menyebabkan gempa bumi. Adanya tumbukan tersebut, bencana tsunami dapat membahayakan masyarakat yang tinggal di pesisir Cilacap (Hilmi et al. 2012). Tsunami yang terjadi pada 17 Juli 2006 merupakan salah satu tsunami yang melanda Kabupaten Cilacap. Gempa yang berpusat di 225 km dari Selatan Pangandaran dengan magnitudo 7,7 Skala Richter (SR) menyebabkan tsunami yang melanda mulai dari pesisir Kabupaten Cimerak, Jawa Barat hingga Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta (Lavigne et al. 2007). Gempa dengan kedalaman episenter 34 km ini menyebabkan kerusakan di sepanjang 200 km pesisir Selatan Jawa (Reese et al. 2007). Kabupaten Cilacap merupakan salah satu wilayah yang terkena dampak dari kejadian ini. Cilacap merupakan wilayah yang berada di Selatan Jawa memiliki populasi penduduk yang tinggi dan merupakan pusat industri membuatnya cukup berdampak besar jika terjadi tsunami (Dewi 2012).

Wilayah Kabupaten Cilacap yang terdampak cukup besar dari kejadian Tsunami yaitu wilayah Nusa Kambangan dimana gelombang pecah di pantai dapat mencapai ketinggian 5 – 8 meter. Sedangkan pada bagian timur pesisir Kabupaten Cilacap run-up gelombang tsunami dengan ketinggian kurang dari 6 meter sehingga tidak terlalu menimbulkan dampak yang besar, dikarenakan gelombang tsunami yang terhalang oleh Nusa Kambangan (Lavigne et al. 2007). Bencana tsunami yang melanda selatan Pulau Jawa ini memakan banyak korban 668 jiwa tersebar dari Jawa Barat hingga Jawa Tengah, termasuk Kabupaten

Cilacap (Badan Nasional Penanggulangan Bencana 2012).

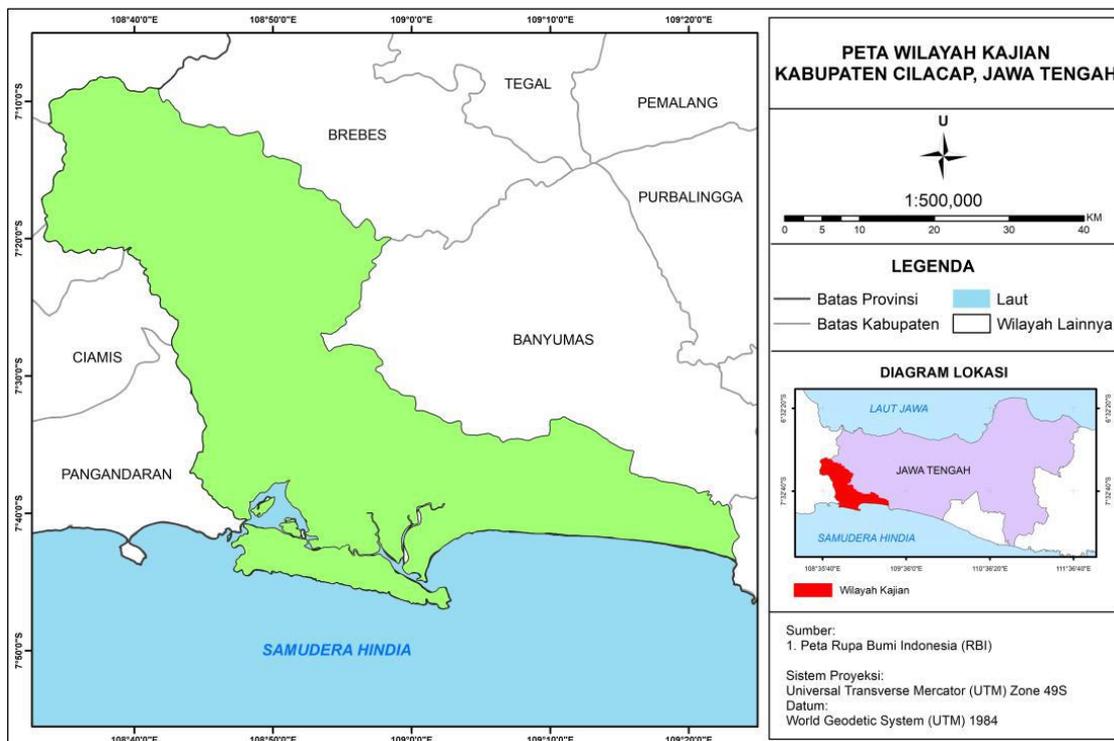
Kerentanan merupakan suatu kondisi yang ditentukan oleh beberapa faktor dan proses fisik, sosial, ekonomi dan lingkungan. Faktor-faktor tersebut dapat menyebabkan peningkatan kerawanan masyarakat dalam menghadapi ancaman atau bahaya (Widodo et al. 2016). Kabupaten Cilacap merupakan salah satu wilayah yang berada di pesisir selatan Pulau Jawa dengan topografi landai, rata-rata 6 m di atas permukaan laut, sehingga memiliki kerentanan terhadap bencana tsunami yang cukup tinggi (Pemerintah Kabupaten Cilacap 2019).

Penggunaan satelit penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) telah menjadi alat yang memiliki integrasi, dikembangkan dengan baik, dan berhasil dalam penelitian bencana untuk efektivitas resiko manajemen dan mitigasi bencana yang ada (Abu Bakar Sambah et al. 2018). Sistem Informasi Geografis (SIG) memiliki kemampuan dalam mengumpulkan dan menganalisa data dari tiap titik geografis di muka bumi, serta melakukan integrasi antardata yang berbeda dalam satu sistem geografis (Abu Bakar Sambah et al. 2020). Langkah awal untuk membangun ketahanan bencana tsunami adalah mengidentifikasi karakteristik ancaman, kerentanan dan resiko bencana tsunami. Karakteristik meliputi sejarah kejadian tsunami, trigger tsunami, wilayah terdampak, serta upaya adaptasi dan mitigasi yang

telah dilakukan (Shalih, Tambunan, dan Tambunan 2019). Menurut Sambah and Miura (2013), pemetaan kerentanan tsunami dapat dilakukan melalui pendekatan Sistem Informasi Geografis dan juga proses hirarki analitik untuk memperoleh informasi daerah-daerah yang terkena dampak tsunami. Parameter yang digunakan pada umumnya adalah elevasi, kemiringan, jarak garis pantai dan vegetasi. Menurut Sambah, Hidayati, and Fuad (2017), pemetaan kerentanan tsunami penting dilakukan untuk mengurangi dampak bahaya tsunami. Adanya pemetaan wilayah yang tergenang kita dapat mempersiapkan peta resiko tsunami suatu wilayah pesisir.

Tahapan analisa kerentanan dan bencana harus mempertimbangkan kriteria kerentanan fisik, kerentanan sosial, dan kerentanan ekonomi (Isdianto, Citrosiswoyo, dan Sambodho 2014). Ketahanan lingkungan merupakan upaya yang dilakukan dalam menjaga keutuhan lingkungan dari bahaya yang disebabkan secara alami atau secara buatan. Ketahanan lingkungan dipengaruhi juga oleh kondisi oseanografi yang merupakan penyebab alami dalam mempengaruhi ketahanan lingkungan (Irma, Gunawan, dan Suratman 2018).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memetakan kerentanan tsunami dalam mendukung ketahanan wilayah pesisir Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah.



Gambar 1 Peta Lokasi

METODE

Kabupaten Cilacap merupakan kabupaten yang terletak di pesisir selatan Provinsi Jawa Tengah yang berbatasan dengan, bagian utara: Kabupaten Brebes dan Kabupaten Kuningan, bagian Selatan: Samudera Hindia, bagian Barat: Kabupaten Ciamis dan Kota Banjar, bagian Timur: Kabupaten Banyumas dan Kabupaten Kebumen (Akbar 2018). Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 1.

Kabupaten Cilacap berada pada koordinat 108^o 4' 30" - 109^o 22' 30" Bujur Timur dan 7^o 30' 20" Lintang Selatan. Luas wilayah Kabupaten Cilacap pada tahun 2011 yang terdiri dari 269 desa dan 15 kelurahan, dengan spesifikasi 11 kecamatan (72 desa/kelurahan) yang memiliki wilayah pesisir di wilayah Selatan Jawa Tengah. Tercatat seluas 234.732,729 ha (termasuk Pulau Nusa Kambangan seluas 11.511 ha), atau sekitar 6,94 persen dari luas Provinsi Jawa Tengah (Pemerintah Kabupaten Cilacap 2019).

Parameter yang digunakan dalam pemetaan kerentanan tsunami ini yaitu kemiringan lahan (*slope*), elevasi daratan (*elevation*), penggunaan lahan (*land use*), dan jarak dari garis pantai (*coastal proximity*). Parameter yang digunakan selanjutnya akan direklasifikasikan guna mendapatkan kelas yang sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan. Keempat parameter akan di berikan masing-masing 5 kelas kerentanan yaitu sangat rentan, rentan, cukup rentan, kurang rentan, dan tidak rentan. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan aplikasi sistem informasi geografis ArcGIS 10.3. Setelah reklasifikasi pada parameter akan dilakukan analisis dengan menggunakan *Weighted Overlay Analysis* yang menunjukkan sebaran kerentanan di wilayah tersebut berdasarkan kelas yang telah ditentukan dari setiap parameter.

Parameter kemiringan lahan (*slope*) dan elevasi daratan (*elevation*) digunakan karena dapat menentukan seberapa jauh gelombang tsunami dapat menjangkau daratan. Data *Digital Elevation Model* dari ASTER GDEM V2 digunakan dalam pengolahan kedua parameter tersebut. Pemberian kelas dari parameter *slope* dan *elevation* ini berdasarkan literatur Lida (1969) dan Van Zuidam (1983), dalam Hastuti (2012), dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1 Pembobotan Parameter *Slope* dan *Elevation*

<i>Elevation</i> (m)	<i>Slope</i> (%)	Kelas Kerentanan
<5	0-2	Sangat Rentan
5-10	2-6	Rentan
10-15	6-13	Cukup Rentan
15-20	13-20	Kurang Rentan
>20	>20	Tidak Rentan

Parameter penggunaan lahan menggunakan peta rupa bumi Indonesia (RBI) yang didapat dari <http://tanahair.indonesia.go.id/portalweb> yang memiliki format shp. Pemberian kelas pada parameter ini berdasarkan Jedlovec (2009), yaitu pemukiman kategori sangat rentan, pertanian kategori rentan, lahan kosong kategori cukup rentan, air kategori kurang rentan, dan hutan kategori tidak rentan.

Parameter *coastal proximity* ditentukan dengan pembobotan yang disesuaikan dengan histori *run-up* gelombang di wilayah yang bersangkutan (A. B. Sambah dan Miura 2014). Histori *run-up* gelombang tsunami digunakan dalam rumus persamaan :

$$\text{Log } X_{Max} = \log 1400 + \frac{4}{3} \log \left(\frac{Y_0}{10} \right) \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

- X_{Max} : Jangkauan maksimum tsunami di darat
- Y_0 : Tinggi tsunami di pantai

Perhitungan menggunakan algoritma tersebut dilakukan dengan memasukkan histori *run-up* gelombang tsunami berdasarkan Lampiran dari Perka BNPB No. 2 Tahun 2014. Maksimum *run-up* daerah Cilacap yaitu 11 meter dan minimum 3 meter. Penentuan kelas kerentanan berdasarkan *coastal proximity* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Kelas Kerentanan Parameter *Coastal Proximity*

<i>Coastal Proximity</i> (m)	Kelas Kerentanan
0-281	Sangat Rentan
281-556	Rentan
556-870	Cukup Rentan
870-1217	Kurang Rentan
>1540	Tidak Rentan

Alat (Tabel 3) dan bahan (Tabel 4) yang digunakan dalam proses pengambilan dan pengolahan data kerentanan tsunami adalah sebagai berikut :

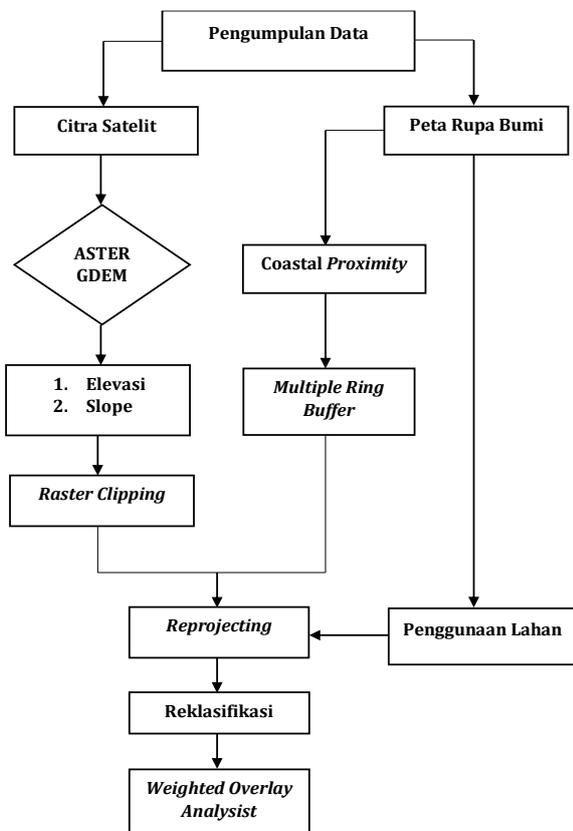
Tabel 3 Alat

No.	Alat	Kegunaan
1.	Laptop	Untuk proses pengolahan data
2.	Ms. Word	Untuk pengerjaan artikel
3.	ArcGIS 10.3	Mengolah data kerentanan tsunami

Tabel 4 Bahan

No.	Bahan	Kegunaan
1.	ASTER GDEM V2	Pengolahan data parameter <i>slope</i> dan <i>elevation</i>
2.	SHP wilayah Kabupaten Cilacap	Peta dasar
3.	Peta Rupa Bumi Indonesia	Sumber data penggunaan lahan

Skema kerja pengolahan data hingga menghasilkan peta kerentanan tsunami dapat dilihat dalam Gambar 2.



Gambar 2 Skema Kerja

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kerentanan wilayah terhadap bencana tsunami ditentukan berdasarkan parameter kemiringan lahan (*slope*), elevasi daratan (*elevation*), penggunaan lahan (*land use*), dan jarak dari garis pantai (*coastal proximity*). Pengolahan data dilakukan untuk masing-masing parameter yang direklasifikasikan dan dianalisis dengan teknik *overlay* untuk mendapatkan sebaran kerentanan wilayah kajian terhadap bencana tsunami.

Kemiringan Lahan (*Slope*)

Parameter *slope*, merupakan persen kemiringan dari suatu wilayah. Kemiringan lahan ini mempengaruhi kerentanan wilayah terhadap bencana tsunami. Saat gelombang tsunami menghantam pantai yang terjal, maka gelombang tsunami akan tidak masuk jauh ke daratan. Namun, jika gelombang tsunami menerjang pantai yang landai, maka gelombang tsunami akan jauh masuk ke daratan (Subardjo dan Ario 2016).

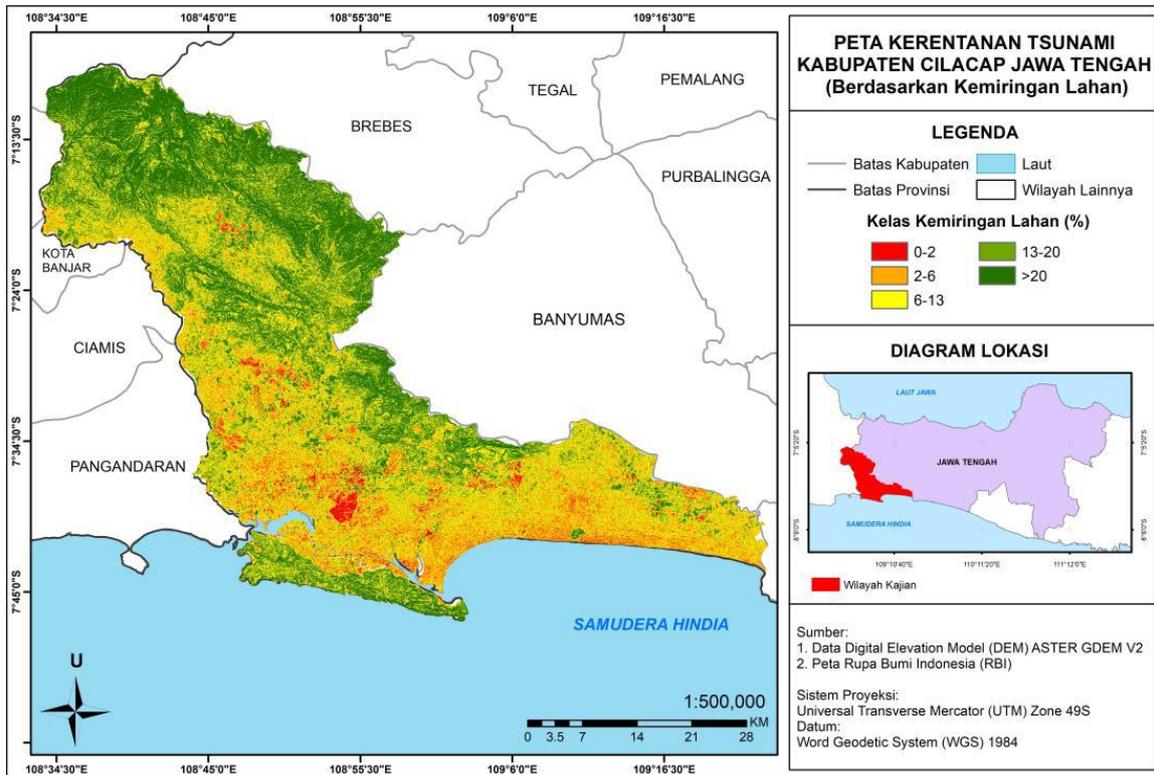
Gambar 3 menunjukkan sebaran kerentanan wilayah Kabupaten Cilacap terhadap bencana tsunami berdasarkan kemiringan lahan. Kemiringan lahan merupakan ukuran kemiringan relatif terhadap suatu bidang datar. Kemiringan lahan secara umum dinyatakan dalam derajat (^o) atau persen (%) (Pratiwi 2015). Kemiringan lahan dikelompokkan dalam 5 kelas kerentanan yang ditunjukkan pada Tabel 3. yaitu kelas sangat rentan (0-2%), rentan (2% - 6%), cukup rentan (6% - 13%), kurang rentan (13% - 20%), dan tidak rentan (>20%). Kabupaten Cilacap memiliki kemiringan lahan yang didominasi antara 2-6% yang termasuk dalam kelas rentan terhadap bencana tsunami.

Elevasi Daratan (*Elevation*)

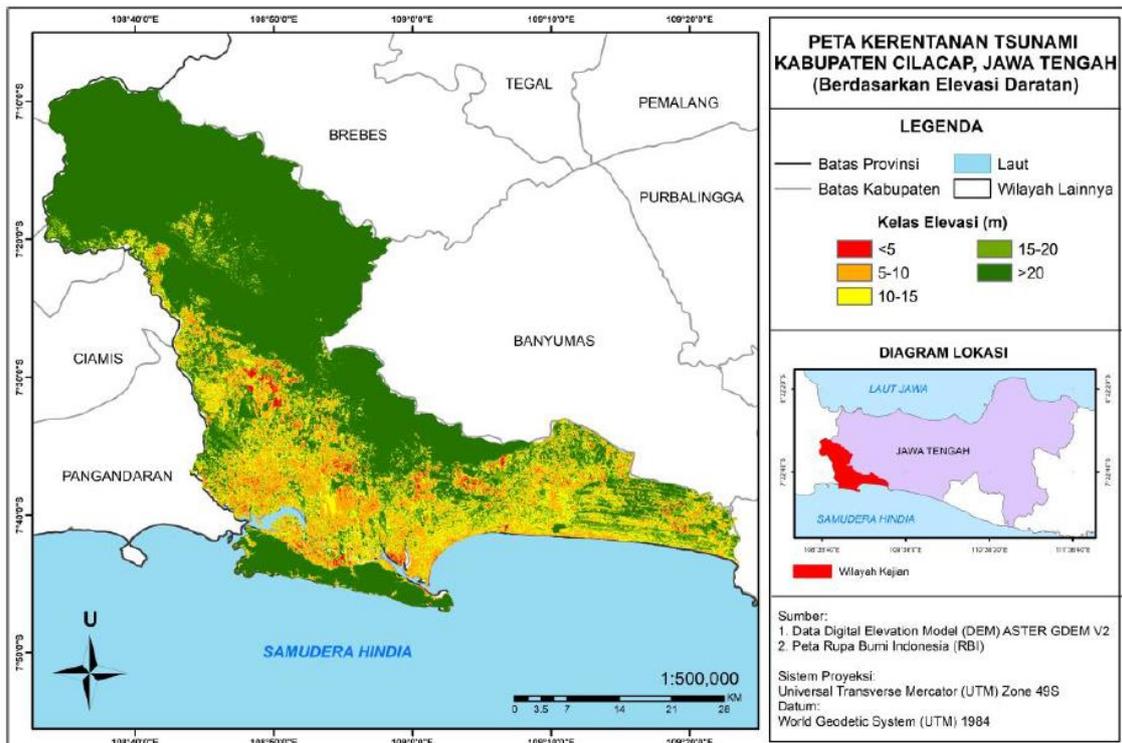
Elevasi merupakan salah satu parameter yang penting dan mempengaruhi kerentanan suatu wilayah terhadap bencana tsunami. Daerah pesisir dengan elevasi yang rendah akan memiliki kerentanan yang tinggi dibanding dengan daerah lainnya (Pratiwi, 2017). Ketinggian suatu wilayah akan berpengaruh pada seberapa jauh gelombang tsunami akan mencapai daratan. Gambar 4 menunjukkan sebaran kerentanan wilayah Kabupaten Cilacap terhadap bencana tsunami berdasarkan elevasi daratan. Parameter elevasi daratan dikelompokkan dalam 5 kelas kerentanan yang ditunjukkan pada Tabel 3. yaitu kelas sangat rentan (<5 m), rentan (5-10 m), cukup rentan (10-15 m), kurang rentan (15-20 m), dan tidak rentan (>20 m). Daerah pesisir di Kabupaten Cilacap memiliki elevasi daratan yang didominasi antara 5 – 10meter yang termasuk dalam kelas rentan terhadap bencana tsunami.

Penggunaan Lahan (*Land Use*)

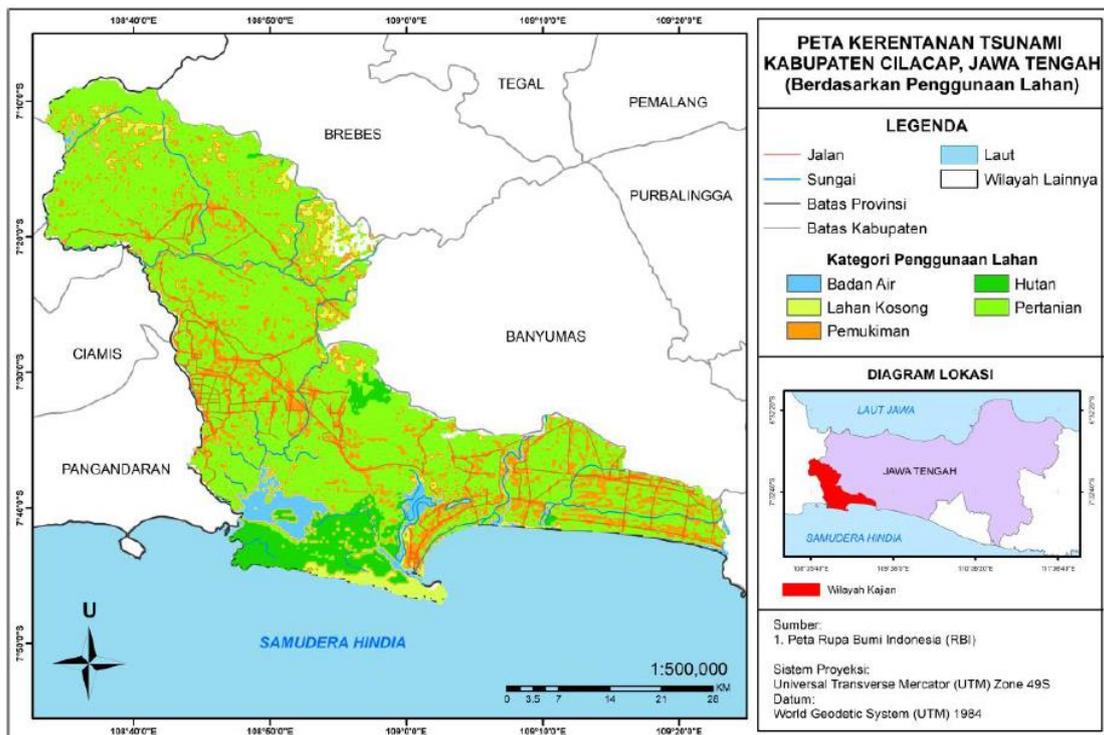
Penggunaan lahan merupakan parameter yang mempengaruhi tingkat kerentanan wilayah terhadap bencana tsunami. Parameter ini mempengaruhi bagaimana gelombang tsunami akan menyebar ke daratan. Gelombang tsunami yang menyebar akan tertahan dengan jenis penggunaan lahan yang menjadi penghalang laju gelombang. Sebaran kerentanan di wilayah Kabupaten Cilacap berdasarkan penggunaan lahan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 3 Kerentanan Tsunami Berdasarkan Kemiringan Lahan



Gambar 4 Kerentanan Tsunami Berdasarkan Elevasi Daratan



Gambar 5 Kerentanan Tsunami Berdasarkan Penggunaan Lahan

Pemberian kelas pada parameter penggunaan lahan ini adalah pemukiman kategori sangat rentan, pertanian kategori rentan, lahan kosong kategori cukup rentan, air kategori kurang rentan, dan hutan kategori tidak rentan. Kelas kerentanan tersebut berdasarkan seberapa tinggi risiko dan kerugian yang ditimbulkan akibat adanya bencana tsunami. Menurut Prawiradisastra (2011), jenis penggunaan lahan yang memiliki tingkat risiko tinggi terhadap bencana tsunami adalah kawasan permukiman dan terbangun. Kawasan tersebut dianggap berisiko tinggi karena akan menimbulkan kerugian akibat kerusakan bangunan dan fasilitas permukiman lainnya. Penggunaan lahan di wilayah Kabupaten Cilacap didominasi oleh pertanian yang berada pada kategori rentan.

Jarak Dari Garis Pantai (Coastal Proximity)

Parameter ini berkaitan dengan penggunaan lahan. Kerentanan wilayah terhadap bencana tsunami dapat dikurangi jika penggunaan lahan di wilayah pesisir memperhatikan jarak dari garis pantai (Pratiwi 2015).

Ketinggian gelombang tsunami yang menuju daratan akan berkurang seiring bertambahnya jarak dari garis pantai (Santius 2015). Peta kerentanan tsunami berdasarkan jarak dari garis pantai dapat dilihat pada Gambar 6.

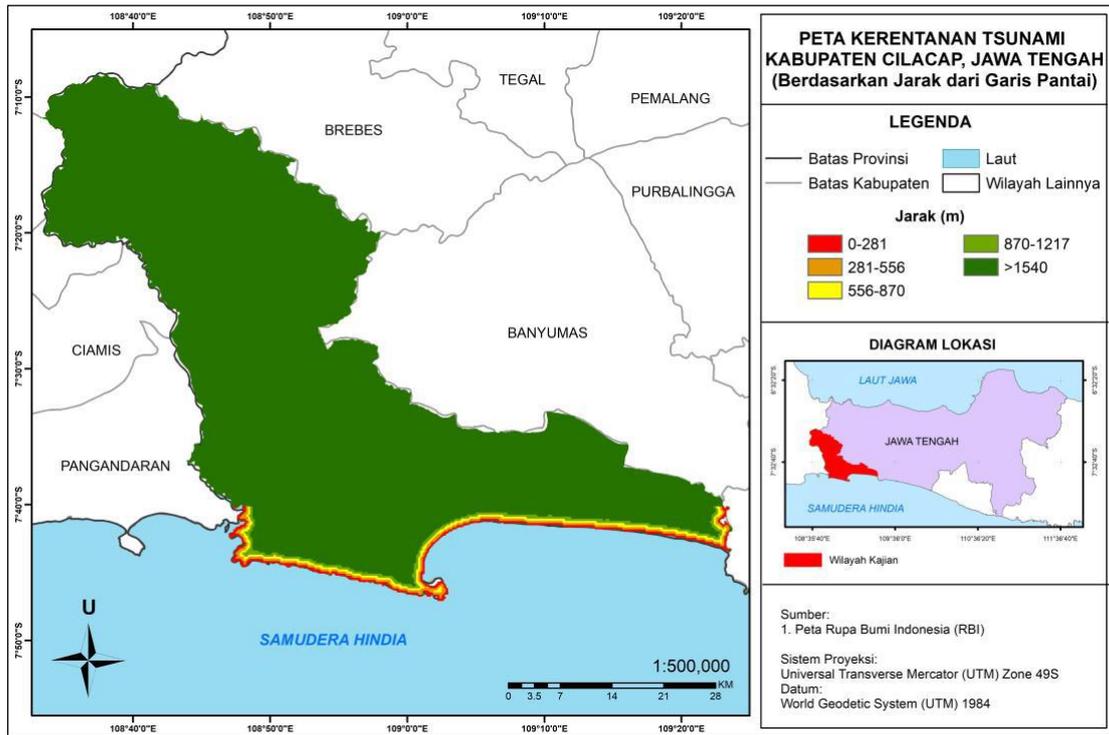
Ketahanan Wilayah Pesisir

Keempat parameter yang telah diolah dan direklasifikasikan menjadi 5 kelas akan di-overlay untuk dianalisa sebaran kerentanan wilayah Kabupaten Cilacap terhadap bencana tsunami yang ditunjukkan pada Gambar 7.

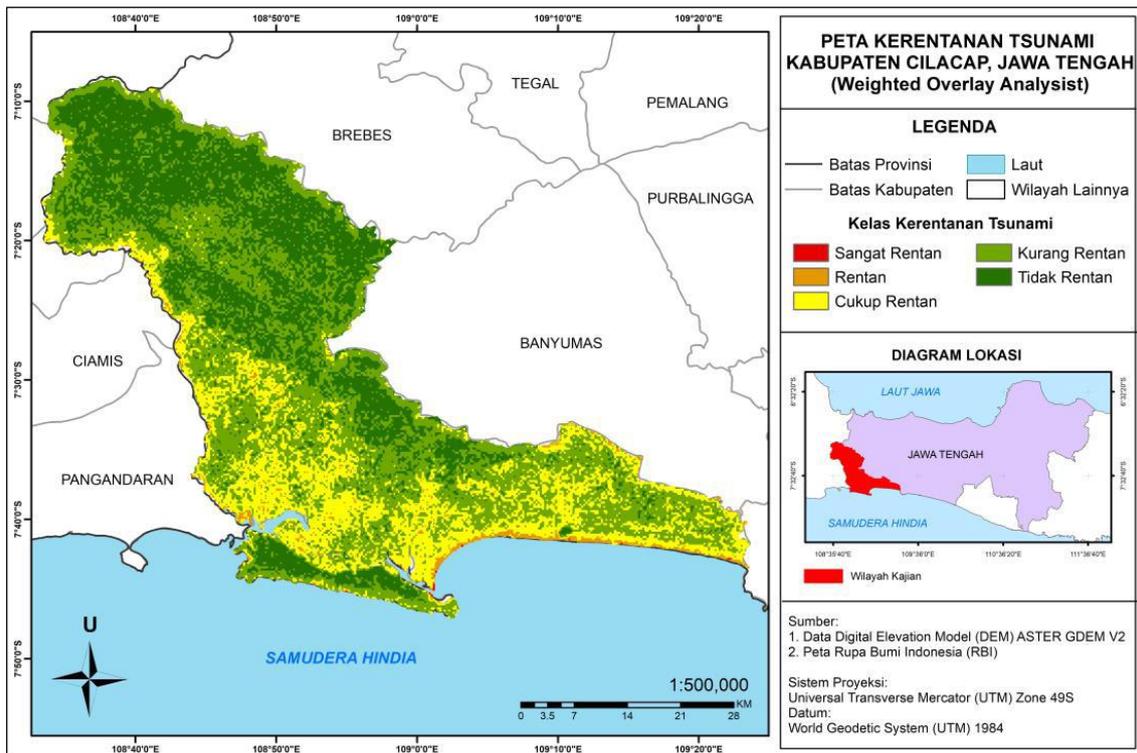
Metode *Weighted Overlay Analysis* ini menunjukkan sebaran kerentanan wilayah Kabupaten Cilacap terhadap bencana tsunami. Wilayah pesisir Kabupaten Cilacap memiliki kerentanan yang tinggi terhadap bencana tsunami. Parameter yang digunakan dengan pertimbangan seberapa berpengaruh parameter tersebut terhadap sebaran gelombang tsunami ke daratan jika terjadi bencana tsunami.

Berdasarkan *overlay* dari keempat parameter, Kabupaten Cilacap berada pada kelas rentan hingga cukup rentan terutama wilayah pesisir dengan elevasi dan kemiringan yang rendah, serta penggunaan lahan yang tersebar di wilayah pesisir Kabupaten Cilacap didominasi oleh lahan pertanian yang berada pada kelas rentan.

Pesisir Kabupaten Cilacap merupakan wilayah yang padat penduduk serta memiliki topografi yang rendah rata-rata 6 meter di atas permukaan laut (Pemerintah Kabupaten Cilacap 2019).



Gambar 6 Kerentanan Tsunami Berdasarkan Jarak dari Garis Pantai



Gambar 7 Weighted Overlay Analyst

Kemiringan yang landai rata-rata 6 meter berada pada kelas rentan sehingga daerah pesisir Kabupaten Cilacap berada pada wilayah yang cukup rentan terhadap bencana tsunami.

Kepadatan penduduk merupakan salah satu faktor yang menentukan apakah wilayah tersebut rentan terhadap bencana. Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Akbar (2018) mengenai risiko

tsunami terhadap populasi distribusi penduduk di Cilacap menunjukkan bahwa daerah dengan kepadatan penduduk yang tinggi memiliki risiko yang tinggi terhadap bencana tsunami. Hal tersebut didasarkan pada kerugian yang terjadi akibat bencana yang terjadi. Jika kepadatan penduduk suatu daerah tinggi, maka kerugian yang terjadi akibat bencana juga akan semakin besar. Wilayah dengan padat penduduk dan pemukiman yang padat maka memiliki risiko yang tinggi dan menyebabkan kerugian yang besar jika terjadi bencana tsunami.

Adanya jalur evakuasi dan ditentukannya tempat aman untuk pengungsian sangat penting jika terjadi bencana tsunami. Perlu di perhatikan juga peringatan dini tsunami yang dilakukan, karena tsunami tidak dapat diprediksi kapan akan sampai didaratan. Informasi yang cepat tersebar luas akan membantu penduduk lebih cepat untuk mengevakuasi diri, sehingga mengurangi korban jiwa jika terjadi bencana tsunami. Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan salah satu pilihan yang dapat digunakan dengan manajemen data spasial dan membuat pemetaan kerentanan serta pembuatan model jalur evakuasi tsunami (Dewi, S., dan Suwadi 2010). Evakuasi adalah bagian terpenting dalam rencana mitigasi, tindakan tersebut penting untuk dilakukan dalam upaya menyelamatkan nyawa manusia (Kultsum et al. 2017).

Menurut Anwar and Hidayah (2020), faktor yang menyebabkan banyaknya korban jiwa serta kerugian harta benda pada bencana tsunami adalah kurangnya pemahaman masyarakat mengenai tsunami dan kurangnya kesiapsiagaan dalam menghadapi bencana tersebut. Upaya pemahaman ataupun tindakan sosialisasi kepada masyarakat terkait kerentanan wilayah akibat tsunami perlu untuk segera dilakukan. Sehingga masyarakat mampu menghadapi bencana tsunami dengan persiapan yang jauh lebih baik lagi.

Kabupaten Cilacap juga merupakan salah satu wilayah dengan pusat industri dan memiliki sektor agrikultural yang besar. Banyaknya bangunan dan pertumbuhan penduduk yang dinamis di daerah pesisir Cilacap, menyebabkan wilayah ini memiliki risiko besar terhadap bencana tsunami (Muck et al. 2013). Pemetaan kerentanan tsunami yang dilakukan ini merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk menentukan daerah-daerah mana yang terkena dampak bencana tsunami. Nilai kerentanan tersebut dapat diminimalisir dengan melakukan tindakan relokasi, adaptasi, dan proteksi (Luthfi, Asadi, dan Agustiadi 2018).

KESIMPULAN

Hasil dari identifikasi variabel kerentanan tsunami menunjukkan bahwa nilai kemiringan lahan (*slope*) 2 – 6% tergolong rentan, elevasi daratan (*elevation*) antara 5 – 10 meter tergolong rentan, penggunaan lahan (*land use*) yang didominasi pertanian tergolong rentan, dan jarak dari garis pantai (*coastal proximity*) kerentanannya sangat besar apabila semakin dekat dengan pantai.

Berdasarkan hasil *Weighted Overlay Analysis* yang dilakukan pada setiap parameter yang telah diklasifikasikan kelas kerentanannya, kerentanan wilayah pesisir Kabupaten Cilacap terhadap bencana tsunami yaitu berada pada kategori cukup rentan hingga rentan. Karena wilayah pesisir Kabupaten Cilacap berada pada kategori cukup rentan hingga rentan terhadap bencana tsunami, perlu dilakukan penelitian lanjutan seperti alur evakuasi untuk membuat jalur evakuasi jika terjadi bencana tsunami, studi ketahanan masyarakat pesisir dalam menghadapi bencana tsunami dan upaya teknis yang dapat dilakukan melalui kegiatan relokasi, adaptasi, dan proteksi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terimakasih kepada Research Group CORECT (*Coastal Resilience and Climate Change Adaptation - Research Group*) dan mahasiswa yang telah memberikan kontribusi yang sangat luar biasa dalam penelitian ini sehingga dapat berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. 2018. "Pemodelan Spasial Tingkat Risiko Tsunami Terhadap Populasi Distribusi Penduduk di Kota Cilacap Menggunakan Sistem Informasi Geografis." Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Anwar, Syafrianida, dan Zainul Hidayah. 2020. "Studi Kerentanan Wilayah Dan Ketahanan Masyarakat Pesisir Kecamatan Gedangan Kabupaten Malang Terhadap Bencana Tsunami." *Juvenil:Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan* 1 (1): 19–28. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v1i1.6722>.
- Asyari, Ilham Maulana, Muhammad Javier Irsyad, Muchamad Fairuz Haykal, Faradhillah Adibah, Anthon Andrimida, dan Fauzul Zain Hardiyani. 2021. "Upaya Pengurangan Resiko Bencana Pesisir." *Journal of Empowerment Community and Education* 1 (2): 1–7.

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2012. *Pedoman Penerapan Sekolah/Madrasah Aman dari Bencana*. Indonesia.
- Cillacapkab. 2019. "No Title." 2019.
- Dewi, R. S. 2012. "A GIS Based Approach of an Evacuation Model for Tsunami Risk Reduction." *Journal of Integrated Disaster Risk Management* 2 (2): 108-39.
- Dewi, R. S., Niendyawati S., dan Suwayuono Suwadi. 2010. "Remote Sensing for Dissaster Mitigation: Case Study for Tsunami Evacuation Route Modelling in Cilacap-Central Java Indonesia." *Intenational Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science* 38 (8): 281-86.
- Djunire, Samy. 2009. "Kajian Bahaya dan Risiko Tsunami Berbasis Geomorfologi untuk Menunjang Tata Ruang Kota Manokwari Provinsi Papua Barat." Institut Pertanian Bogor.
- Hastuti, Amandangi Wahyuning. 2012. "Coastal Vulnerability Analysis of Sea Levels Threats in SOuth Yogyakarta." Institut Pertanian Bogor. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3913.9444>.
- Hilmi, E., Eko H., Riyanti, dan Asrul Sahri. 2012. "Analisis Potensi Bencana Abrasi dan Tsunami di Pesisir Cilacap." *Jurnal Penanggulangan Bencana* 3 (1): 34-42.
- Irma, Wirdati, T. Gunawan, dan Suratman. 2018. "Pengaruh Konversi Lahan Gambut terhadap Ketahanan Lingkungan di DAS Kampar Provinsi Riau Sumatera." *Jurnal Ketahanan Nasional* 24 (2): 170-91.
- Isdianto, Andik, Wahyudi Citrosiswoyo, dan Kriyo Sambodho. 2014. "Zonasi Wilayah Pesisir Akibat Kenaikan Muka Air Laut." *Jurnal Permukiman* 9 (3): 148-57.
- Isdianto, Andik, dan Oktiyas Muzaky Luthfi. 2019. "Persepsi dan Pola Adaptasi Masyarakat Teluk Popoh terhadap Perubahan Iklim" 5: 77-82.
- Jedlovec, G. 2009. "Advances in Geoscience and Remote Sensing," 671-79.
- Kultsum, Ummu, M A Zainul Fuad, Andik Isdianto, Fakultas Perikanan, dan Universitas Brawijaya. 2017. "Desain Jalur Evakuasi Tsunami di Daerah Pelabuhan Ratu Kabupaten Sukabumi Menggunakan Sistem Informasi Geografis Design of Tsunami Evacuation Routes in Pelabuhan Ratu Area of Sukabumi District using Geographic Information System." *Seminar Nasional Penginderaan Jauh ke-4*, no. 24: 291-300.
- Lavigne, F., C. Gomez, M. Giffo, P. Wassmer, C. Hoebreck, D. Mardiatno, J. Priyono, dan Raphael Paris. 2007. "Field Observation of the 17 July 2006 Tsunami in Java." *Natural Hazards and Earth System Sciences* 7: 177-83.
- Luthfi, Oktiyas Muzaky, Muhammad Arif Asadi, dan Teguh Agustiadi. 2018. "Coral reef in center of coral biodiversity (coral triangle): The pulau lirang, southwest moluccas (MBD)." *Disaster Advances* 11 (9): 1-7.
- Miftarokhah, A. 2014. "Kerentanan Bencana Tsunami di Pantai Barat Kabupaten Pandeglang." *Antologi Pendidikan Geografis* 3 (1): 1-11.
- Muck, M., H. Taubenbock, J. Post, S. Wegscheider, G. Strunz, S. Sumayono, dan F. A. Ismail. 2013. "Assessing Building Vulnerability to Earthquake and Tsunami Hazard Using Remotely Sensed Data." *Nat Hazard* 68: 97-114.
- Pratiwi, A. 2015. "Analisis Spasial Kerentanan Wilayah Pesisir Barat Provinsi Banten Terhadap Bencana Tsunami dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis." Institut Pertanian Bogor.
- Prawiradisastra, Suryana. 2011. "Analisis Kerawanan dan Kerentanan Bencana Gempabumi dan Tsunami untuk Perencanaan Wilayah di Kabupaten Maluku Tenggara Barat." *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia* 13 (2): 103-9.
- Reese, S., W. J. Cousins, W. L. Power, G. Palmer, I. G. Tejakusuma, dan S. Nugrahadi. 2007. "Tsunami Vulnerability of Building and People in South Java? Field Observation After The July 2006 Java Tsunami." *Natural Hazards dan Earth System Science* 7 (5): 573-89.
- Sambah, A. B., N. Hidayati, dan M. A. Z. Fuad. 2017. "Desa Tanggap Tsunami Bagi Desa Puger, Kabupaten Jember, Jawa Timur." *Jurnal Pengabdian Masyarakat* 2 (2): 149-58.
- Sambah, A. B., dan F. Miura. 2013. "Remote Sensing, GIS, and AHP for Assessing Physical Vulnerability to Tsunami Hazard." *International Journal of Environmental and Technology* 7 (10): 671-79.
- . 2014. "Integration of Spatial Analysis for Tsunami Inundation and Impact Assessment." *Journal of Geographic Information System* 6 (1): 11-22.
- Sambah, A. B., L. Tri Djoko, dan R. Bayu. 2019. "Satellite Image Analysis and GIS Approaches for Tsunami Vulnerability Assessment." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 370 (1): 0-7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/370/1/012068>.
- Sambah, Abu Bakar, Guntur, dan Fuad. 2017. "Digital Elevation Model for Mapping Physical Vulnerability to Tsunami Hazard Using

- Geospatial Approach." In *Proceeding of The 7 th Annual Basic Science International Conference*, 165–68.
- Sambah, Abu Bakar, F. Miura, Guntur, dan Fuad. 2018. "Spatial Multi Criteria Approach for Tsunami Risk Assessment." In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 162:0–10. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/162/1/012019>.
- Sambah, Abu Bakar, F. Miura, Guntur, Sunardi, dan A. F. Febriana. 2019. "Geospatial Model of Physical and Social Vulnerability for Tsunami Risk Analysis." *International Journal of GEOMATE* 17 (63): 29–34. <https://doi.org/10.21660/2019.63.4684>.
- Sambah, Abu Bakar, Aida Sartimbul, Defri Yona, Feni Iranawati, Ledhyane I Harlyan, Nurin Hidayati, Syarifah H. J. Sari, M. Arif Zainul Fuad, dan M. Arif Rahman. 2020. *Aplikasi Sistem Informasi Geografis Dalam Bidang Perikanan dan Kelautan*. Desember 2. Malang: UB Press.
- Santius, S. H. 2015. "Pemodelan Tingkat Risiko Bencana Tsunami Pada Permukiman di Kota Bengkulu Menggunakan Sistem Informasi Geografis." *Jurnal Permukiman* 10 (2): 92–105.
- Shalih, Osmar, Mangapul P. Tambunan, dan Rudy P Tambunan. 2019. "Membangun Ketahanan (Resiliensi) Bencana Pada Kawasan Pariwisata (Studi Kasus: Kabupaten Pandeglang Pasca Tsunami Selat Sunda 2018)." In *Social and Technological Innovation on Disaster for Industry 4.0*, 6–8. <https://doi.org/10.16309/j.cnki.issn.1007-1776.2003.03.004>.
- Subagiyo, Aris, Nyoman Trisna Kurniawan, dan Adipandang Yudono. 2017. "Perencanaan Ruang Kawasan Pesisir Berdasarkan Daya Dukung Dan Kearifan Lokal." In *Prosiding Seminar Kearifan Lokal dan Lingkungan Binaan*, 25:608–26.
- Subardjo, P., dan R. Ario. 2016. "Uji Kerawanan Terhadap Tsunami Dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) Di Pesisir Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, Yogyakarta." *Jurnal Kelautan Tropis* 18 (2).
- Usman, Fadly. 2019. "Predicting the Vulnerable Area of Tsunami Hazard Using CADMAS Surf 3D Case Study: Kolaka City, Southern Sulawesi, Indonesia." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 620 (1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/620/1/012028>.
- Usman, Fadly, Septiana Hariyani, dan Fadhilatus Shoimah. 2021. "Perencanaan Partisipatif Tanggap Darurat Bencana Tsunami Di Pesisir Selatan Watulimo, Trenggalek." *Tataloka* 23 (1): 138–50. <https://doi.org/10.14710/tataloka.23.1.138-150>.
- Wibowo, T. W., M. Djati, dan Sunarto. 2017. "Pemetaan Risiko Tsunami Terhadap Bangunan secara Kuantitatif." *Majalah Geografi Indonesia* 31 (2): 68–78.
- Widodo, Amien, Dwa Desa Warnana, Juan Pandu G. N. R., Wien Lestari, dan Ary Iswahyudi. 2016. "Pemetaan Kerentanan Tsunami Kabupaten Lumajang Menggunakan Sistem Informasi Geografis." In *The 2nd Conference on Innovation and Industrial Applications (CINIA 2016)*, 239–43.
- Yudono, Adipandang. 2017. "Towards Democracy in Spatial Planning Through Spatial Information Built by Communities: The investigation of Spatial Information Built by Citizens from Participatory Mapping to Volunteered Geographic Information in Indonesia." In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 70. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/70/1/012002>.

APLIKASI MODEL SISTEM DINAMIK UNTUK EVALUASI SKENARIO PENGELOLAAN SAMPAH DI WILAYAH PELAYANAN TEMPAT PENGOLAHAN DAN PEMROSESAN AKHIR SAMPAH (TPPAS) NAMBO

Application of System Dynamics Model for Evaluation of Municipal Solid Waste Management Scenarios in Service Areas of Nambo Regional Waste Treatment and Final Disposal Site

Mochammad Chaerul¹, Ika Artika²

¹Program Studi Magister Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan,
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha No. 10 Bandung 40132

²Direktorat Jenderal Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat,
Jalan Pattimura No. 20 Kebayoran Baru, Jakarta 12110
Surel: m.chaerul@ftsl.itb.ac.id, ikaartika@pu.go.id

Diterima : 9 April 2021;

Disetujui : 28 Oktober 2021

Abstrak

Tempat Pengolahan dan Pemrosesan Akhir Sampah Regional Lulut Nambo (TPPAS Nambo) direncanakan oleh Pemerintah Provinsi Jawa Barat untuk melayani 4 wilayah yaitu Kota Depok, Kota Bogor, Kabupaten Bogor, dan Kota Tangerang Selatan. Tujuan penelitian adalah menganalisis berbagai alternatif skenario kebijakan guna mengoptimalkan pelayanan pengelolaan sampah di 4 wilayah tersebut dan mengetahui pengaruhnya terhadap sampah yang terangkut ke TPPAS Nambo dengan pendekatan model sistem dinamik. Simulasi dilakukan terhadap 4 skenario yaitu business as usual (BAU), optimalisasi fasilitas pengolahan sampah eksisting, implementasi rencana induk pengelolaan sampah daerah (masterplan), dan implementasi Kebijakan Strategi Daerah (Jakstrada) pengelolaan sampah. Dari hasil simulasi mulai tahun 2020 hingga 2045, didapat bahwa keempat kota di atas tidak dapat hanya mengandalkan keberadaan TPPAS Nambo yang memiliki keterbatasan kapasitas pengolahan, sehingga kehadiran Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) di masing-masing kota/kabupaten masih tetap diperlukan. Dari hasil simulasi didapat bahwa Skenario Jakstrada merupakan skenario yang paling optimal adalah bila mempertimbangkan jumlah timbulan sampah yang harus dikelola, biaya pengangkutan, kebutuhan lahan untuk TPA dan emisi lingkungan, walaupun mensyaratkan adanya kebutuhan fasilitas penanganan sampah di sumber yang lebih besar. Perkiraan biaya pengolahan sampah dari Skenario Jakstrada untuk masing-masing Kota Depok, Kota Bogor, Kabupaten Bogor dan Kota Tangerang Selatan adalah sebesar Rp 297.584/ton, Rp 543.345/ton, Rp 285.532/ton, dan Rp 305.902/ton. Dari validasi model terbukti bahwa sistem dinamik dapat diaplikasikan untuk menganalisis keterkaitan berbagai macam faktor yang perlu dipertimbangkan dalam proses perencanaan untuk mencapai pengelolaan sampah yang berkelanjutan.

Kata Kunci: Pengelolaan sampah; sistem dinamik; simulasi; skenario; kapasitas pengolahan

Abstract

Regional Waste Treatment and Final Disposal Site of Lulut Nambo (TPPAS Nambo) has been planned by West Java Province to serve municipal solid waste (MSW) generated from 4 areas, namely Depok, Bogor, South Tangerang Cities and Bogor Regency. The study aims to analyze the related scenarios to optimize MSW management services in the areas and to find the waste quantity to be transported to TPPAS Nambo by applying system dynamics model. Simulation was performed for 4 scenarios namely business as usual (BAU), optimization of existing waste treatment facility, implementation of the masterplan of MSW management, and implementation of Regional Policy and Strategy related to MSW management (Jakstrada). Simulation result from 2020 to 2045 shows that the 4 cities cannot rely solely on the presence of TPPAS Nambo which has treatment capacity limitation, thus the presence of final disposal site (TPA) in their respective city is still required. Compared to other scenario, Scenario of Jakstrada becomes the most optimal by considering amount of waste generated to be managed, transportation cost, land required for TPA, and emission to the environment, though it requires more waste handling facilities at source. The estimated cost of waste management from Jakstrada Scenario for Depok City, Bogor City, Bogor Regency, South Tangerang City are Rp 297.584/ton, Rp 543.345/ton, Rp 285.532/ton, and Rp 305.902/ton, respectively. From the model validation, it proved that the system dynamic could be applied to analyze the

interrelationship among the factors to be considered in the planning process to achieve sustainable MSW management.

Keywords: Waste management; system dynamic; simulation; scenarios; treatment capacity

PENDAHULUAN

Pengelolaan sampah yang dihasilkan dari penduduknya sebenarnya merupakan tanggung jawab pemerintah kota/kabupaten terkait, yang dapat dibantu oleh pemerintah provinsi dan/atau pusat sesuai dengan kewenangannya berdasarkan Undang-Undang No. 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah. Keterbatasan lahan yang dihadapi, terutama di kota metropolitan dan kota besar, memicu berkembangnya pemanfaatan dan pengadaan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) yang digunakan oleh beberapa kota/kabupaten yang letaknya berdekatan, atau TPA Regional (Anggraini 2011).

Sebagai bentuk tanggung jawab dalam pengelolaan sampah lintas kota/kabupaten, Provinsi Jawa Barat telah merencanakan adanya Tempat Pengolahan dan Pemrosesan Akhir Sampah Regional Lulut Nambo (TPPAS Nambo) yang berlokasi di Kabupaten Bogor untuk melayani timbulan sampah yang dihasilkan dari 4 kota/kabupaten di sekitarnya, yaitu: Kota Depok, Kota Bogor dan Kota Tangerang Selatan, serta Kabupaten Bogor. Sebenarnya TPPAS Nambo direncanakan dapat diselesaikan pada tahun 2020 ini, akan tetapi pembangunan TPPAS Nambo belum menunjukkan progres yang signifikan sampai saat paper ini disusun. Walaupun demikian, rencana kehadiran TPPAS Nambo ini perlu dipertimbangkan dalam perencanaan pengelolaan sampah di wilayah pelayanannya.

Pengelolaan sampah suatu kota merupakan kegiatan yang kompleks dan dinamis sebagai suatu sistem. Karakteristik yang kompleks dipengaruhi adanya beberapa aspek yang terlibat dalam pengelolaan sampah, antara lain: pengaturan, kelembagaan, keuangan, teknis operasional, dan partisipasi masyarakat. Sedangkan karakteristik dinamis muncul karena terdapat berbagai macam faktor dalam sistem pengelolaan yang saling mempengaruhi antar faktor dan berubah sepanjang waktu. Untuk menganalisis hubungan dan sifat dinamis antar faktor dalam pengelolaan sampah, pemodelan dengan sistem dinamik diyakini dapat digunakan untuk mengakomodir karakteristik tersebut (Popli, Sudibya, dan Kim 2017).

Pemodelan sistem dinamik dapat membantu untuk mempelajari struktur dan dinamika dari sistem yang kompleks, merancang kebijakan dengan dampak

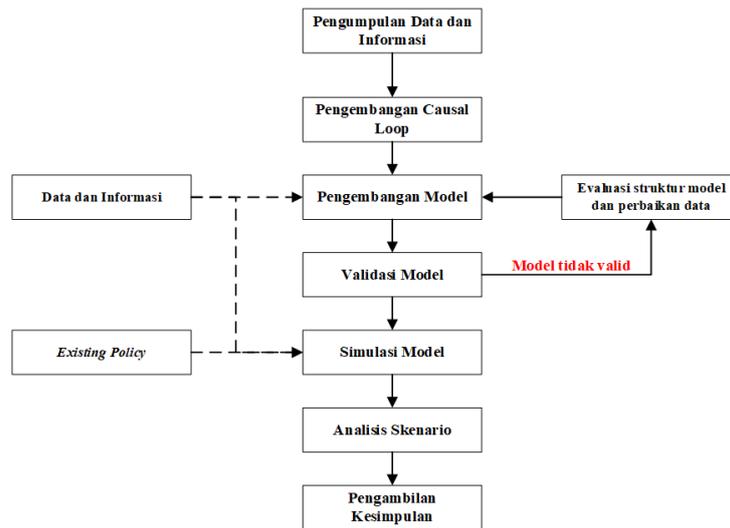
yang tinggi, dan mempercepat keberhasilan dari implementasi dan intervensi (Sterman 2002). Telah banyak peneliti yang menggunakan model yang berbasis sistem dinamik dalam bidang pengelolaan sampah, antara lain untuk mencari alternatif skenario yang efektif dalam mengurangi limbah/sampah (Chaerul et al. 2008; Rahayu et al. 2013; Zulfinar dan Sembiring 2015; Al-Khatib et al. 2015; Fauzan 2017), menurunkan biaya pengelolaan sampah (Kholil 2005; Yudiyanto 2007), meningkatkan kualitas lingkungan (Bala, Arshad, dan Noh 2017), memperpanjang usia pakai lahan urug (Giannis et al. 2017; Handono 2010), meningkatkan cakupan pelayanan (Abraham 2017; Febriyanto 2016; Wildanurrizal et al. 2014), dan memperoleh operasional pengelolaan sampah yang stabil dan berkelanjutan secara ekonomi dan lingkungan (Cai dan Liu 2013)

Dibandingkan dengan beberapa studi di atas, variabel penyusun model dari aspek teknis operasional dan aspek pembiayaan dibuat lebih rinci dengan data input dan data output yang lebih beragam. Model sistem dinamik dibuat berdasarkan kondisi umum pengelolaan sampah di Indonesia sehingga dapat diaplikasikan untuk kota/kabupaten lainnya. Dengan demikian model yang disusun diharapkan dapat menggambarkan pengelolaan sampah secara lebih utuh dari hulu sampai hilir sehingga memberikan hasil simulasi yang lebih akurat.

Paper ini bertujuan untuk mengaplikasikan sistem dinamik dalam mengevaluasi berbagai skenario pengelolaan sampah di Kota Depok, Kota Bogor, Kota Tangerang Selatan, dan Kabupaten Bogor untuk mengantisipasi dioperasikannya TPPAS Nambo. Dengan aplikasi sistem dinamik ini diharapkan dapat dihasilkan skenario optimum terkait pengelolaan sampah di keempat kota/kabupaten di atas yang menjadi wilayah pelayanan TPPAS Nambo, terutama dengan mempertimbangkan faktor timbulan sampah, kapasitas fasilitas pengolahan sampah, kapasitas pengangkutan, biaya pengelolaan sampah, dan emisi lingkungan.

METODE

Skenario dalam pengelolaan sampah akan dianalisis dengan model yang berbasis sistem dinamik. Alur pelaksanaan penelitian ini mengikuti skema di [Gambar 1](#) berikut.



Gambar 1 Metode Pelaksanaan Penelitian

Berbagai macam data yang diperlukan untuk menyusun model ini diperoleh dari data sekunder dan interviu dari berbagai instansi terkait. Data kependudukan dan kondisi ekonomi diperoleh dari Badan Pusat Statistik / BPS (BPS Kabupaten Bogor 2019; BPS Kota Bogor 2019; BPS Kota Depok 2019; BPS Kota Tangerang Selatan 2019). Sedangkan data pengelolaan sampah seperti timbulan sampah, sumber sampah, komposisi sampah, data historis sampah yang dikelola pada fasilitas pengolahan sampah dan tempat pemrosesan akhir (TPA), diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup (DLH) masing kota dan kabupaten, pemerintahan provinsi dan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR).

Sebagai langkah awal pengembangan model, dilakukan penyusunan konseptualisasi sistem pengelolaan sampah dengan mempertimbangkan berbagai faktor terkait yang dituangkan dalam bentuk *Causal Loop Diagram* (CLD) atau yang dikenal sebagai diagram sebab akibat untuk memahami keterkaitan antar faktor dalam suatu sistem pengelolaan sampah yang ditinjau.

Setelah model kualitatif dalam bentuk CLD dipahami, struktur model selanjutnya disusun dalam bentuk *Stock Flow Diagram* (SFD) dengan menggunakan

perangkat lunak STELLA 9.1.3. Berbagai data yang telah diperoleh selanjutnya diinput ke SFD tersebut dan diperoleh hasil simulasi mulai tahun 2020 hingga 2045. Hasil model kuantitatif tersebut dievaluasi dan diuji validitasnya dengan membandingkan hasil simulasi sistem dinamik dengan data historis. Validasi model menggunakan dua cara pengujian yaitu *mean comparison* (E1) dan *error variance* (E2) yang persamaannya dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Setelah model dianggap valid, disusun 4 skenario pengelolaan sampah di keempat Kota/Kabupaten yang menjadi wilayah pelayanan TPPAS Nambo. Pada penyusunan skenario, diasumsikan bahwa pada tahun 2025 cakupan pelayanan telah mencapai 100%. Keempat skenario tersebut adalah:

1. Skenario *Business as Usual* (BAU)
Skenario ini bertujuan untuk melihat perubahan kondisi di masa depan apabila dibiarkan mengikuti kecenderungan pada kondisi di masa sekarang.
2. Skenario A: Optimalisasi kapasitas fasilitas pengolahan eksisting
Skenario ini disusun dengan fokus untuk melihat pengaruh dari optimalisasi fasilitas pengolahan sampah eksisting ketika tingkat pelayanan persampahan mencapai 100%.

Tabel 1 Rumus Validasi Hasil Simulasi Sistem Dinamik

<i>Mean Comparison</i>	<i>Error variance</i>
$E1 = \frac{ \bar{S} - \bar{A} }{\bar{A}}$	$E2 = \frac{ Ss - Sa }{Sa}$
Dimana : \bar{S} = Nilai rata-rata hasil simulasi \bar{A} = Nilai rata-rata data Model dianggap valid apabila $E1 \leq 5\%$.	Dimana : Ss = Standar deviasi hasil simulasi Sa = Standar deviasi data Model dianggap valid apabila $E2 \leq 30\%$.

Sumber: (Barlas 1989)

3. Skenario B: Kebijakan lokal sesuai rencana induk pengelolaan sampah (masterplan) di masing-masing kota/kabupaten
 Skenario ini disusun dengan untuk melihat melihat berbagai macam konsekuensi apabila semua program pengelolaan sampah diaplikasikan berdasarkan dokumen masterplan masing-masing kota/kabupaten.
4. Skenario C: Pengurangan sampah sesuai Jakstrada
 Skenario ini bertujuan untuk melihat seberapa signifikan pengurangan sampah ke TPA apabila target Jakstrada yaitu 30% pengurangan dan 70% penanganan tercapai serta terus dijaga nilainya hingga tahun-tahun berikutnya.

Berbagai macam faktor akan terpengaruh akibat perbedaan skenario yang diajukan. Beberapa faktor yang disajikan lebih detail dalam paper ini adalah timbulan sampah, kapasitas fasilitas pengolahan sampah, kapasitas pengangkutan, biaya pengelolaan sampah, dan emisi lingkungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelolaan Sampah di Wilayah Pelayanan

Seperti halnya kota-kota lainnya di Indonesia, tingkat pelayanan pengelolaan sampah di wilayah pelayanan TPPAS Nambo saat ini belum mencapai 100%. Data tingkat pelayanan pada tahun 2017 berdasarkan dokumen masterplan persampahan di masing-masing kota/kabupaten menunjukkan bahwa di Kota Depok mencapai 59,6%, Kota Bogor 69,83%, dan Kabupaten Bogor 15,03%. Sementara di Kota Tangerang Selatan berdasarkan data terakhir tahun 2013, tingkat pelayanan baru mencapai 18,6%.

TPPAS Regional Lulut Nambo berlokasi di Kecamatan Klapanunggal, Kabupaten Bogor. Pembangunan dan pengelolaan TPPAS Nambo berada dalam kewenangan UPTD Pengelolaan Sampah TPA/TPST Regional (PSTR) DLH Jawa Barat. TPPAS ini direncanakan untuk melayani sampah rumah tangga dari 4 wilayah kota/kabupaten di atas. Kuantitas sampah yang dapat diterima TPPAS Nambo dari masing-masing wilayah pelayanan ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Dalam Kebijakan dan Strategi Pengelolaan Sampah Nasional, ditargetkan pada tahun 2025 seluruh sampah terkelola dengan kegiatan pengurangan sampah mencapai 30% dan penanganan sampah mencapai 70%. Kebijakan ini kemudian diturunkan dalam Kebijakan dan Strategi Pengelolaan Sampah Daerah (Jakstrada) yang diatur dalam Peraturan Kepala Daerah. Dalam Jasktrada Kota Depok, program fisik untuk meningkatkan pengolahan sampah berupa target penambahan bank sampah sebanyak 1

Tabel 2 Kuantitas Sampah yang Diterima di TPPAS Nambo

No	Wilayah Pelayanan	Kuota penerimaan sampah (ton/hari)	
		Minimal	Maksimal
1	Kota Depok	600	700
2	Kota Bogor	400	500
2	Kota Tangerang Selatan	300	500
3	Kabupaten Bogor	500	600
Jumlah		1.800	2.300

Sumber: (UPTD PSTR Jawa Barat 2018)

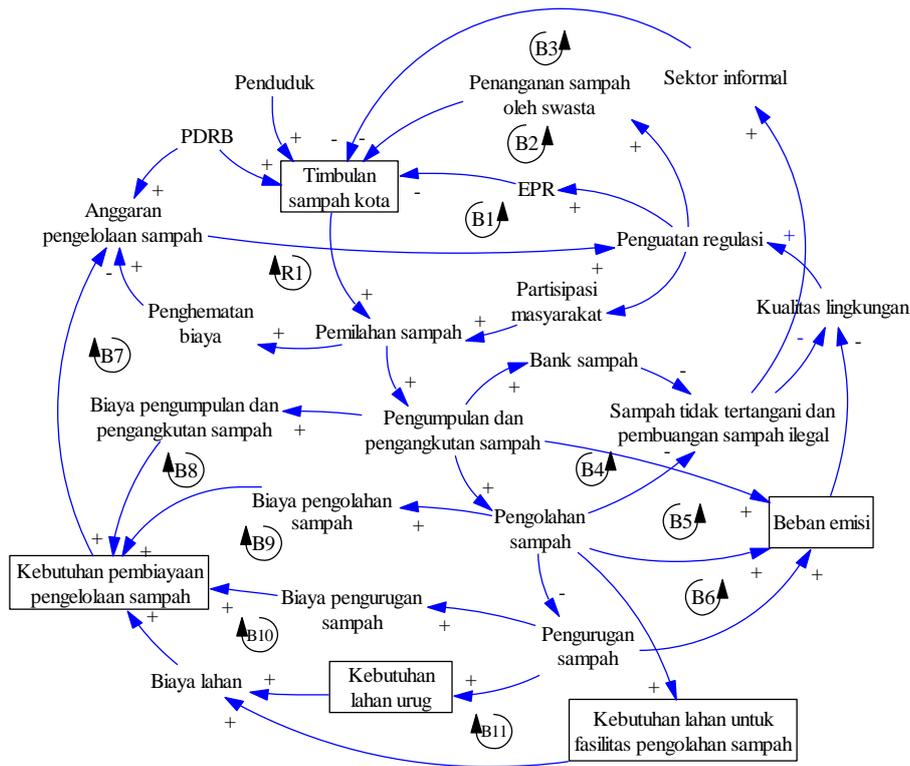
unit/tahun. Kota Bogor dalam Jakstrada-nya memiliki target per tahun penambahan 1 unit bank sampah dan 1 unit Tempat Pengolahan Sampah berbasis 3R (TPS 3R). Kabupaten Bogor memiliki target per tahun penambahan 5 unit bank sampah dan 5 unit TPS 3R serta penambahan 1 unit Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) setiap 2 tahun. Sementara Kota Tangerang Selatan memiliki target penambahan 45 unit bank sampah dan 2 unit TPS 3R per tahun. Selain itu, di tiap wilayah juga terdapat program penguatan komitmen dunia usaha melalui penerapan kewajiban produsen dalam pengurangan sampah (*Extended Producer Responsibility / EPR*).

Causal Loop Diagram Pengelolaan Sampah

Dalam studi ini, model sistem dinamik pengelolaan sampah tersusun dari lima submodel, yaitu: submodel timbulan sampah di sumber, submodel teknis operasional, submodel pemrosesan di TPPAS Nambo, submodel pembiayaan, dan submodel beban emisi. Hubungan antar variabel penyusun model digambarkan melalui *Causal Loop Diagram* (CLD) yang terdapat pada Gambar 2.

Interaksi antar variabel ditandai dengan simbol anak panah. Apabila terbentuk umpan balik atau lingkaran tertutup, ditandai simbol positif/*reinforcing loop* ('R') atau negatif/*balancing loop* ('B'). Tanda positif pada garis artinya perubahan nilai di satu variabel mengakibatkan perubahan nilai di variabel yang lain dalam arah yang berbanding lurus. Sementara tanda negatif artinya perubahan nilai di satu variabel mengakibatkan perubahan nilai di variabel yang lain dalam arah yang berbanding terbalik.

Timbulan sampah dipengaruhi oleh dua faktor utama yaitu pertumbuhan penduduk dan PDRB. Sampah diharapkan dipilah di sumber sebelum dikumpulkan dan diangkut ke fasilitas pengolahan sampah. Sampah anorganik yang bernilai ekonomis dapat dikumpulkan ke bank sampah. Dengan semakin banyaknya sampah yang diolah, diharapkan sampah tidak tertangani dan pembuangan sampah ilegal yang dapat mencemari lingkungan menurun. Untuk mencegah pencemaran lingkungan, pemerintah



Gambar 2 Causal Loop Diagram Pengelolaan Sampah

mengeluarkan beberapa regulasi diantaranya mendorong masyarakat untuk memilah sampah di sumber, menerapkan skema EPR dan mewajibkan pengelola kawasan (swasta) untuk mengelola sampahnya sendiri. Selain itu, terdapat sektor informal yang juga berperan untuk mengurangi timbulan sampah. Adanya pemilahan sampah dapat menghemat biaya karena teknologi pengolahan sampah yang digunakan lebih sederhana dan kebutuhan lahan untuk fasilitas pengolahan sampah dan pengurangan sampah lebih sedikit. Biaya pengelolaan sampah adalah total biaya dari tahap pengumpulan dan pengangkutan, pengolahan, pengurangan sampah. Dalam model ini terlihat bahwa penguatan regulasi berperan penting dalam sistem pengelolaan sampah dan penguatan regulasi ini sangat dipengaruhi oleh anggaran pengelolaan sampah.

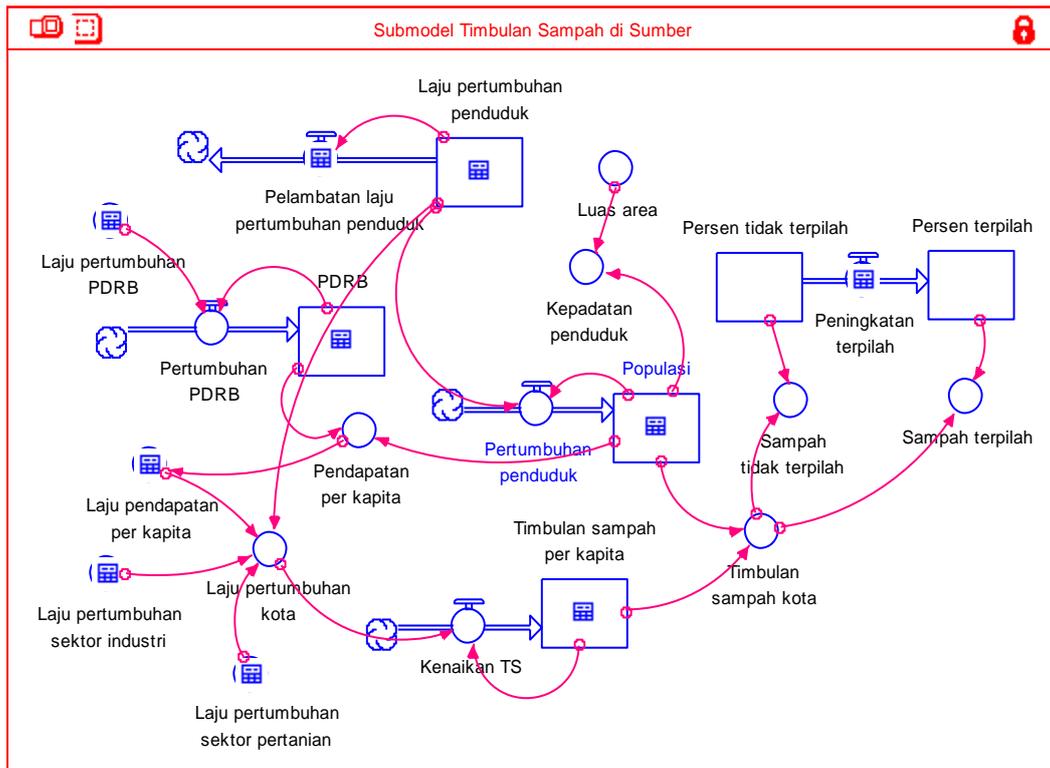
Stock Flow Diagram Pengelolaan Sampah

Seperti yang diuraikan di atas bahwa sistem pengelolaan sampah pada penelitian ini dibagi menjadi 5 submodel, yaitu: submodel timbulan sampah di sumber, submodel teknis operasional, submodel pemrosesan di TPPAS Nambo, submodel pembiayaan, dan submodel beban emisi. Setiap submodel selanjutnya digambarkan dalam bentuk *stock flow diagram* menggunakan perangkat lunak STELLA 9.1.3, yang dapat dilihat pada [Gambar 3](#) sampai dengan [Gambar 8](#) berikut.

Submodel timbulan sampah di sumber pada [Gambar 3](#) menggambarkan prediksi total timbulan sampah setiap tahun simulasi seiring dengan peningkatan populasi penduduk dan perubahan ekonomi. Selain itu, dari hasil simulasi ini juga diperoleh dinamika sampah terpilah dan tidak terpilah.

Submodel teknis operasional pada [Gambar 4](#) memperlihatkan variabel bergaris putus-putus (yaitu Timbulan sampah per kapita dan Persen terpilah) yang menandakan adanya interkoneksi dengan submodel lainnya. Submodel ini bertujuan menggambarkan pengaruh peningkatan pelayanan pengelolaan sampah terhadap kegiatan pengumpulan, pengolahan, pengangkutan, dan kebutuhan lahan. Hasil yang diperoleh dari submodel ini adalah jumlah sampah tertangani oleh DLH, produsen, dan swasta, jumlah sampah diurug, kebutuhan armada pengumpulan dan pengangkutan, kapasitas bank sampah, tempat pengolahan sampah berbasis 3R (TPS 3R) atau Unit Pengolahan Sampah (UPS), kapasitas tempat pengolahan sampah terpadu (TPST), kebutuhan lahan untuk fasilitas pengolahan sampah dan lahan urug. Selain itu, juga akan diselidiki berapa jumlah pemulung yang dibutuhkan untuk mengelola sampah tidak tertangani.

Submodel pemrosesan sampah di TPPAS Nambo pada [Gambar 5](#) bertujuan untuk mengetahui dinamika produk yang dihasilkan dari kegiatan pemrosesan



Gambar 3 Stock Flow Diagram Submodel 1: Timbulan Sampah di Sumber

sampah di TPPAS Nambo dan pemakaian lahan urug. Hasil yang diperoleh dari submodel ini adalah jumlah produk *Refuse Derived Fuel* (RDF), kompos, dan material daur ulang serta volume sampah di lahan urug.

Submodel Pembiayaan pengelolaan sampah pada Gambar 6 bertujuan untuk mengetahui dinamika kebutuhan pembiayaan pengelolaan sampah. Hasil yang diperoleh dari submodel ini adalah kebutuhan biaya investasi dan biaya operasional dan pemeliharaan (OP). Biaya investasi terdiri dari pembangunan fasilitas pengolahan sampah, perluasan lahan urug, dan pengadaan truk sampah. Sementara perhitungan biaya operasi dan pemeliharaan (OP) meliputi OP layanan TPS 3R dan TPST, OP pengangkutan, OP TPA lokal, *tipping fee*, dan biaya tol ke TPPAS Nambo.

Submodel beban emisi pengelolaan sampah menggambarkan emisi yang ditimbulkan dari kegiatan pengelolaan sampah di wilayah pelayanan TPPAS Nambo. Berbagai sumber emisi teridentifikasi di submodel ini, yang dapat dibagi menjadi 2 (dua) sumber, yaitu emisi akibat pengelolaan sampah di sumber kota masing-masing yang ditunjukkan dalam Gambar 7 dan emisi akibat kegiatan pengelolaan sampah di TPPAS Nambo yang ditunjukkan dalam Gambar 8.

Hasil yang diperoleh dari submodel ini adalah dinamika emisi CO₂eq dari kegiatan pengangkutan sampah, pengolahan sampah dan kegiatan dekomposisi lahan urug di TPPAS Nambo. Emisi pengolahan sampah ditinjau dari pengolahan secara biologis dan termal. Emisi pengolahan biologis bersumber dari pengomposan sampah mudah terurai yang masuk ke TPS 3R/UPS. Sementara emisi pengolahan termal bersumber dari pengolahan di TPST yang diasumsikan menggunakan insinerator.

Validasi Model

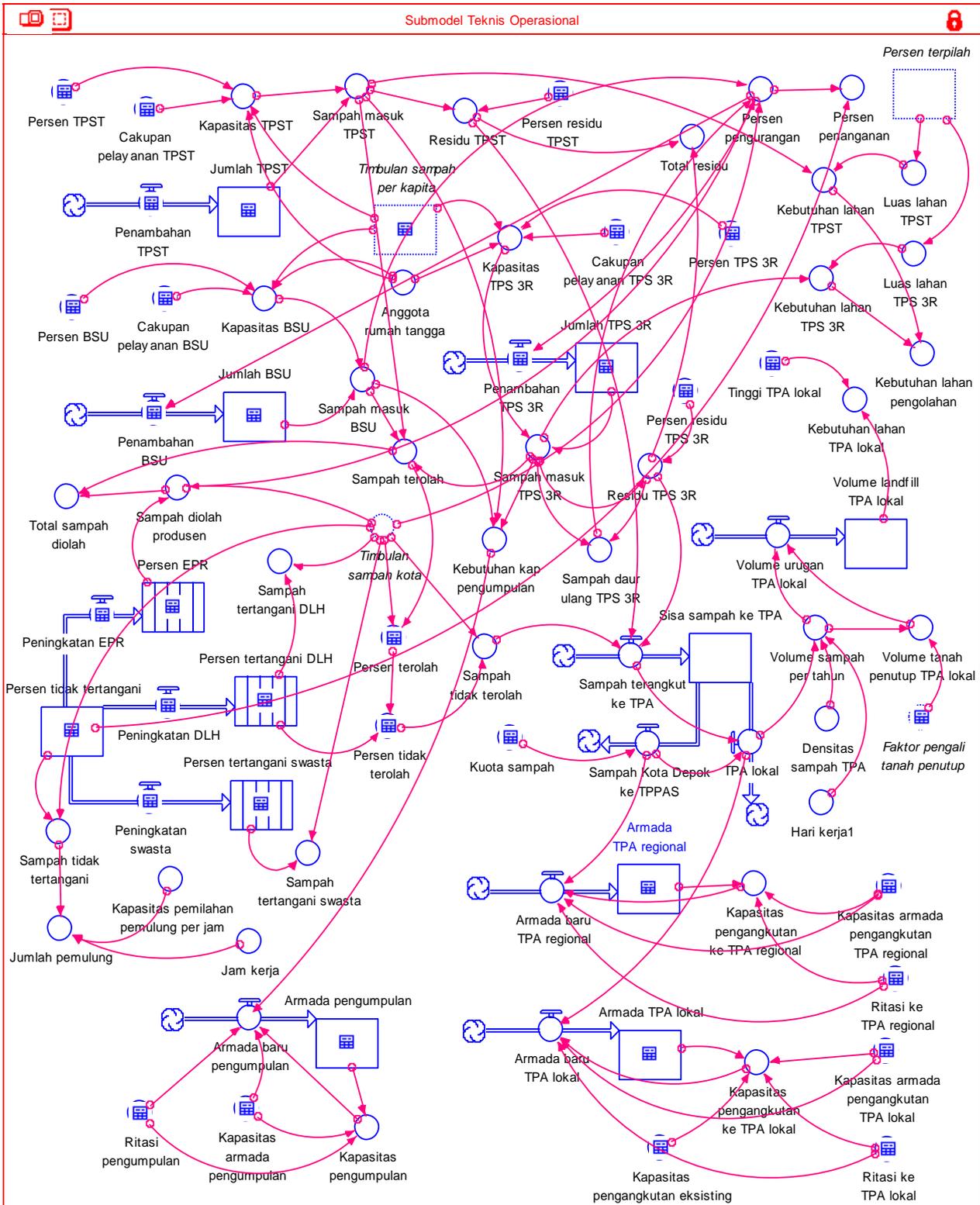
Validasi model dilakukan untuk memastikan apakah hasil simulasi sudah sesuai dengan kondisi nyata dan dapat diterima. Validasi dilakukan terhadap data historis persampahan masing-masing wilayah pelayanan dari tahun 2014 hingga 2018.

Tabel 3 Hasil Uji Validasi Model Kota Depok

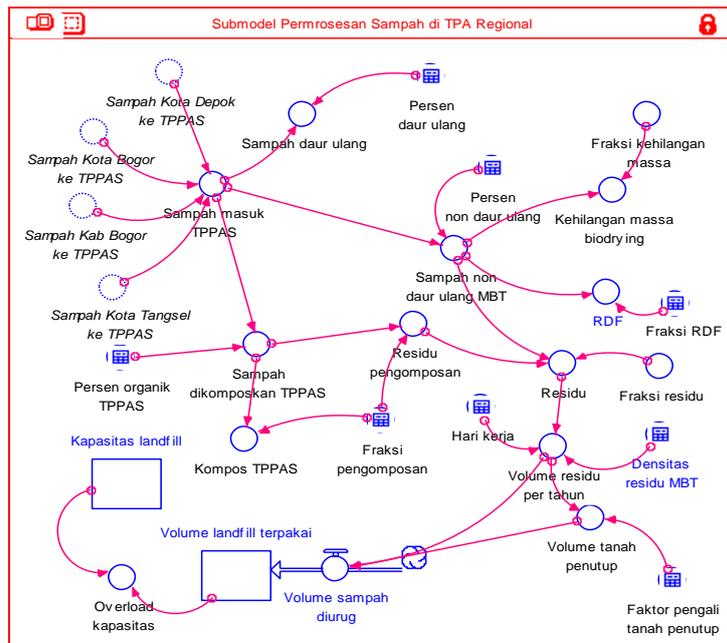
Variabel	Mean Comparison (%)	Error Variance (%)	Keterangan
Populasi penduduk	0,000816%	0,011115%	Valid
PDRB	0,007850%	0,285636%	Valid
Pendapatan per kapita	0,006925%	0,636451%	Valid
Jumlah sampah terangkut	4,497615%	6,510310%	Valid

Tabel 3 menunjukkan contoh hasil validasi data Kota Depok terhadap beberapa variabel, yaitu: populasi penduduk, PDRB, pendapatan per kapita, dan jumlah sampah-sampah terangkut.

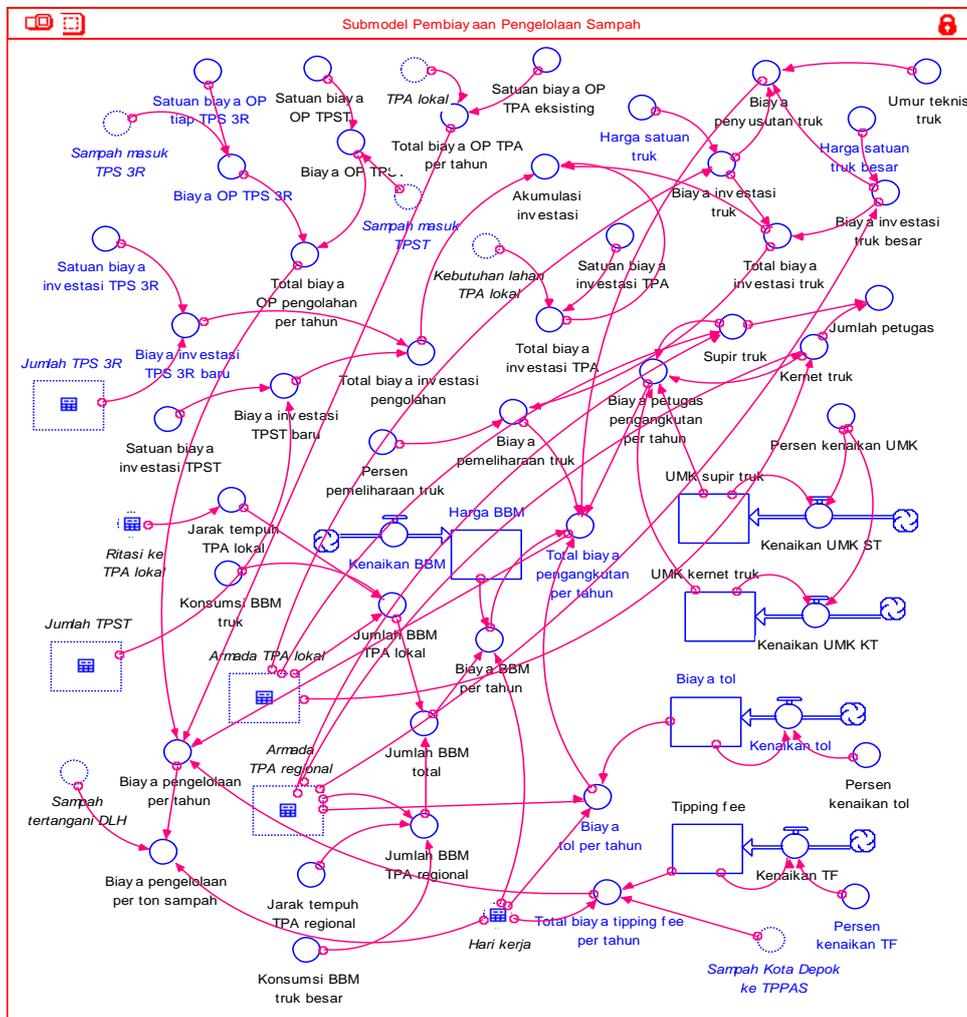
Dari beberapa variabel yang divalidasi tersebut, diperoleh nilai *mean comparison* (E1) < 5% dan *error variance* (E2) < 30% sehingga model dapat dikatakan valid. Validasi juga telah dilakukan pada semua data kota/kabupaten yang dilayani TPPAS Nambo dan didapatkan juga hasil yang valid.



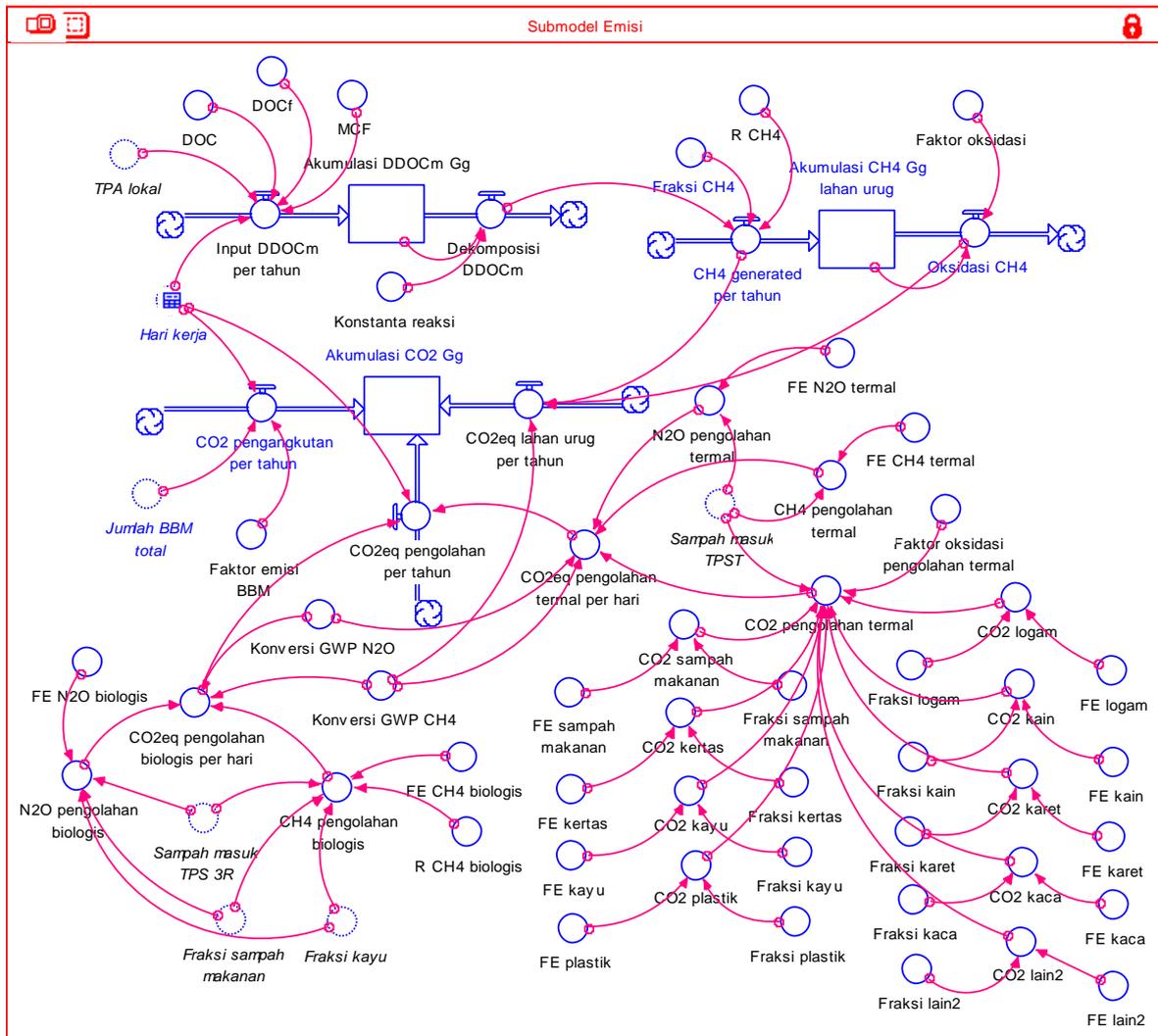
Gambar 4 Stock Flow Diagram Submodel 2: Teknis Operasional



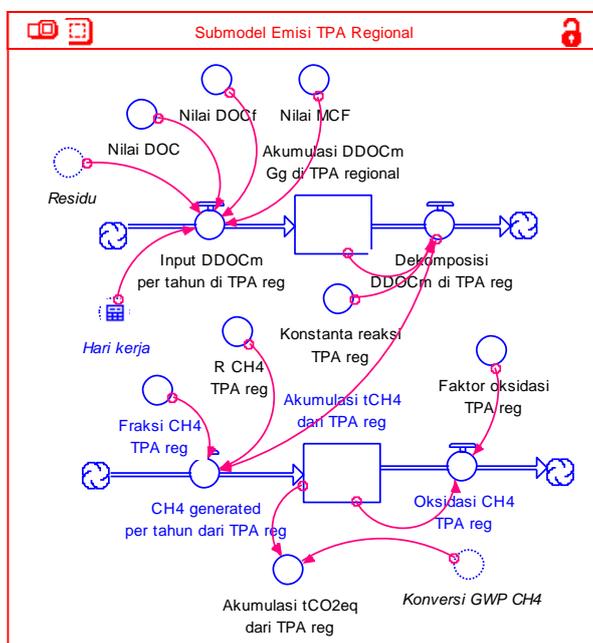
Gambar 5 Stock Flow Diagram Submodel 3: Pemrosesan Sampah di TPPAS Nambo



Gambar 6 Stock Flow Diagram Submodel 4: Pembiayaan Pengelolaan Sampah



Gambar 7 Stock Flow Diagram Submodel 5a: Emisi Kegiatan Pengelolaan Sampah di Kota Masing-masing



Gambar 8 Stock Flow Diagram Submodel 5b: Emisi Kegiatan Pemrosesan Sampah di TPPAS Nambo

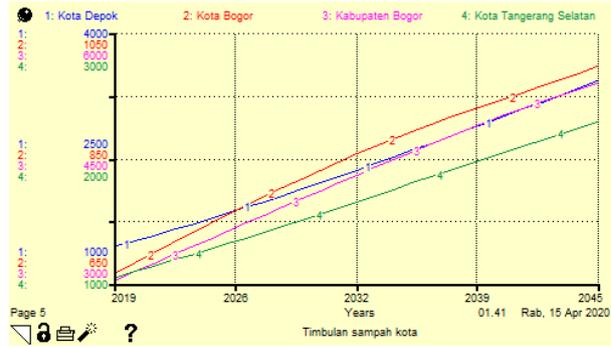
Hasil Simulasi Model

Berdasarkan skenario-skenario yang telah disusun, ditentukan parameter-parameter dan nilai pada setiap skenario. Contoh parameter dan asumsi yang digunakan pada simulasi Kota Depok ditunjukkan pada Tabel 4 berikut. Skenario-skenario tersebut juga diaplikasikan pada Kota Bogor, Kabupaten Bogor dan Kota Tangerang Selatan dengan menggunakan nilai dasar sesuai kondisi masing-masing kota/kabupaten. Dengan nilai dasar masing-masing kota/kabupaten tersebut, simulasi model memberikan hasil seperti yang ditampilkan pada Gambar 9 sampai dengan Gambar 17 berikut.

Simulasi timbulan sampah

Jumlah penduduk di wilayah pelayanan akan terus meningkat meskipun terdapat penurunan laju pertumbuhan penduduk sebesar 0,07%/tahun. Pada tahun 2045, jumlah penduduk Kota Depok diperkirakan mencapai 4.396.037 jiwa, Kota Bogor 1.269.266 jiwa, Kabupaten Bogor 8.100.301 jiwa, dan Kota Tangerang Selatan 2.944.465 jiwa. Timbulan sampah per kapita juga mengalami kenaikan seiring dengan peningkatan ekonomi. Pada tahun 2045, timbulan sampah di Kabupaten Bogor, Kota Depok, Kota Tangerang Selatan dan Kota Bogor diperkirakan naik masing-masing menjadi 0,67; 0,78; 0,78 dan 0,79 kg/orang/hari.

Gambar 9 berikut menunjukkan perubahan timbulan sampah kota yang dipengaruhi oleh faktor penduduk dan ekonomi. Timbulan sampah Kota Depok yang semula pada tahun 2019 sebanyak 1.444 ton/hari meningkat pada tahun 2045 menjadi 3.426 ton/hari, Kota Bogor dari 667 ton/hari menjadi 996 ton/hari, Kabupaten Bogor dari 3.042 ton/hari menjadi 5.403 ton/hari, dan Kota Tangerang Selatan dari 1.048



Gambar 9 Hasil Simulasi Timbulan Sampah

ton/hari menjadi 2.291 ton/hari. Jumlah ini jauh melebihi dari jatah kuota sampah ke TPPAS Nambo, sehingga masih ada selisih yang harus ditangani pemerintah daerah di masing-masing wilayah pelayanan.

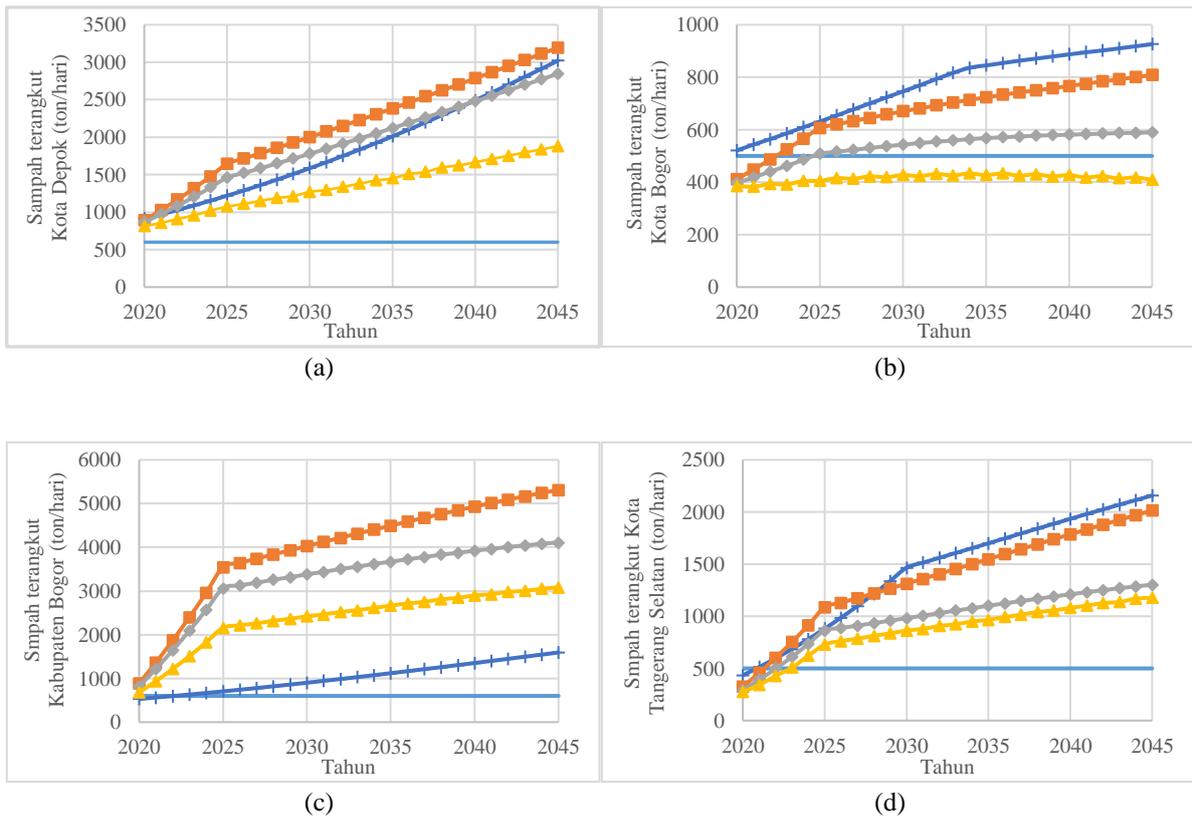
Simulasi sampah terangkut ke TPPAS Nambo

Hasil simulasi dari semua skenario yang ditunjukkan Gambar 10 memperlihatkan bahwa hampir semua skenario memberikan hasil melebihi kuota sampah ke TPPAS Nambo. Hasil simulasi dari skenario A, B, dan C adalah berdasarkan kondisi apabila tingkat pelayanan mencapai 100%. Skenario C yaitu pengurangan sampah 30% memberikan hasil jumlah sampah yang terangkut paling sedikit, namun hanya di Kota Bogor yang nilainya tidak melebihi kuota sampah masuk ke TPPAS Nambo. Penambahan kapasitas pengolahan sampah pada skenario yang diuji masih terlalu kecil bila dibandingkan dengan pertumbuhan timbulan sampah yang besar. Skenario masterplan dari setiap wilayah pelayanan yang diwakilkan oleh skenario B belum signifikan mengurangi sampah. Pada tahun 2045, sampah terangkut ke TPPAS Nambo pada skenario C di Kota

Tabel 4 Contoh Parameter dan Asumsi dalam Skenario Pengelolaan Sampah Kota Depok

Parameter	Satuan	Dasar (2019)	Target 2045		
			Skenario A	Skenario B	Skenario C
Persentase EPR	%	-	-	10% ^a	10% ^a
Persentase tertangani DLH	%	65,5%	100% ^a	90% ^a	80% ^a
Persentase tertangani swasta	%	-	-	-	10% ^a
Persentase tidak tertangani	%	34,5%	-	-	-
Peningkatan persentase EPR	%/tahun	-	-	2%	2%
Peningkatan persentase tertangani DLH	%/tahun	1,00%	5,75%	4,08%	2,42%
Peningkatan persentase swasta	%/tahun	-	-	-	2%
Penambahan BSU	Unit/tahun	-	-	1	20
Penambahan UPS	Unit/tahun	-	-	-	5
Penambahan TPST	Unit/tahun	-	-	-	1
Cakupan pelayanan BSU	KK	89	350	350	350
Cakupan pelayanan UPS	KK	1.607	2000	2000	2000
Cakupan pelayanan TPST	KK	-	-	-	5000
Persentase residu UPS	%	9,28%	30% ^b	30% ^b	30% ^b
Persentase residu TPST ^c	%	-	10%	10%	10%

Keterangan: ^a Target tercapai tahun 2025, ^b Persentase residu menjadi naik karena diasumsikan seluruh jenis sampah masuk ke UPS dari yang sebelumnya hanya mengolah sampah mudah terurai, ^c Asumsi teknologi insinerator.



Keterangan:

- Kuota sampah
- + Skenario BAU
- Skenario A : Optimalisasi
- ◆ Skenario B : Masterplan
- ▲ Skenario C : Jakstrada

Gambar 10 Hasil Simulasi Sampah Terangkut ke TPPAS Nambo dari (a) Kota Depok, (b) Kota Bogor, (c) Kabupaten Bogor, dan (d) Tangerang Selatan

Depok, Kota Bogor, Kabupaten Bogor, dan Kota Tangerang Selatan diperkirakan masing-masing sebesar 1.880; 409; 3.083; dan 1.177 ton/hari. Selisih jumlah sampah yang membutuhkan pemrosesan di TPA lokal dari skenario C di Kota Depok, Kabupaten Bogor, dan Kota Tangerang Selatan masing-masing sebesar 1.180; 2.484; dan 677 ton/hari.

Simulasi kebutuhan lahan

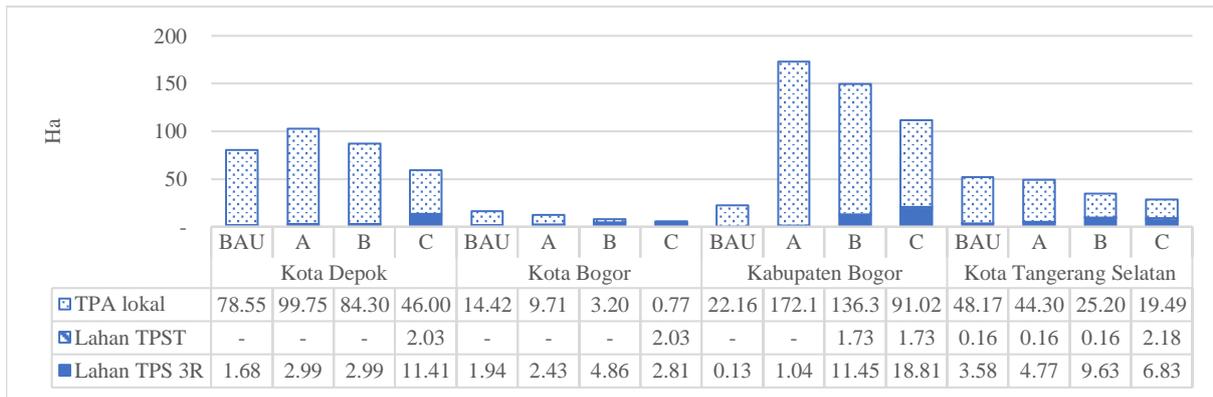
Jumlah timbulan sampah dan sampah terangkut ke TPPAS Nambo menunjukkan jumlah yang sangat besar bila dibandingkan dengan jatah kuota sampah ke TPPAS Nambo sehingga pemerintah daerah tetap perlu menyiapkan TPA lokal untuk mengatasi selisih sampah tersebut. Kondisi TPA eksisting di hampir semua wilayah pelayanan saat ini sudah overkapasitas sehingga diperlukan penambahan lahan urug baru.

Gambar 11 menunjukkan hasil simulasi kebutuhan lahan untuk UPS, TPST, dan lahan urug dari tahun 2020 hingga 2045. Porsi kebutuhan lahan paling besar pada hampir semua skenario adalah lahan urug.

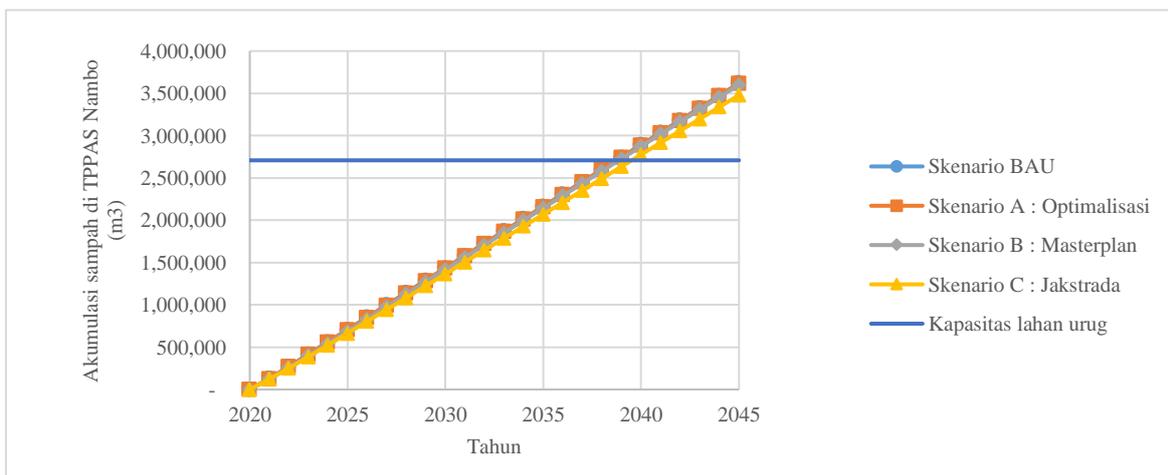
Pada kondisi tingkat pelayanan 100%, lahan yang dibutuhkan akan semakin luas dimana hal ini diwakili oleh hasil skenario A. Namun dengan adanya peningkatan bank sampah dan pengolahan sampah di TPS 3R dan TPST akan mengurangi kebutuhan lahan seperti yang terlihat dari hasil skenario B dan C. Secara keseluruhan total lahan yang dibutuhkan menunjukkan pengurangan seiring dengan peningkatan pengolahan sampah. Perkiraan total kebutuhan lahan dari skenario C di Kota Depok, Kota Bogor, Kabupaten Bogor, dan Kota Tangerang Selatan masing-masing sebesar 59,44; 5,61; 111,56; dan 28,5 ha.

Simulasi akumulasi sampah diurug

Hasil simulasi sampah diurug di TPPAS Nambo yang ditunjukkan pada Gambar 12 menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan yang diberikan dari ketiga skenario. Hal ini dikarenakan jumlah sampah yang terangkut ke TPPAS Nambo diperkirakan akan selalu maksimum sebab jumlah timbulan sampah kota yang sangat besar jauh melebihi jatah kuota sampah. Berdasarkan hasil simulasi, lahan urug



Gambar 11 Hasil Simulasi Total Kebutuhan Lahan Hingga Tahun 2045



Gambar 12 Hasil Simulasi Akumulasi Sampah diurug di TPPAS Nambo

TPPAS Nambo akan penuh pada tahun 2039 atau 2040 sehingga pemerintah provinsi selaku pengelola TPA regional perlu menambah zona lahan urug baru.

Simulasi biaya pengelolaan sampah

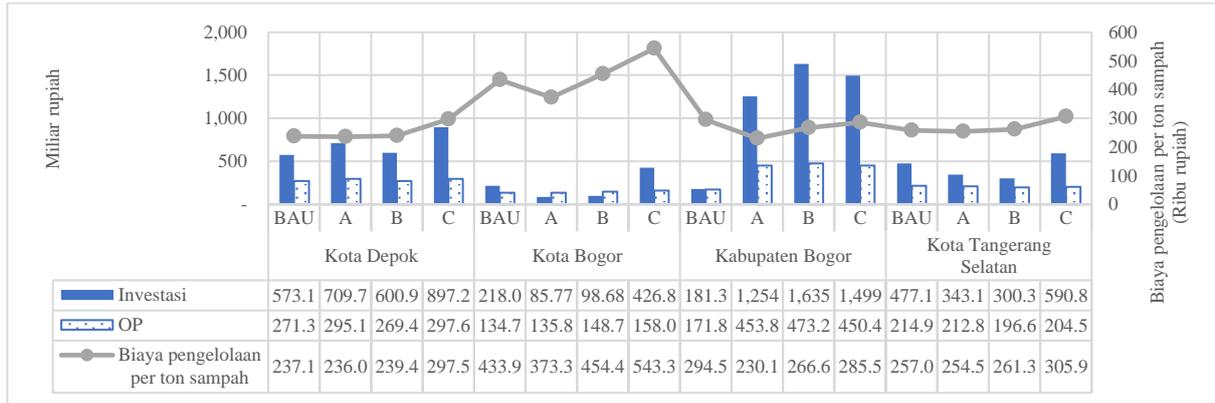
Dari hasil simulasi semua skenario ditunjukkan pada Gambar 13 diketahui bahwa rata-rata skenario C membutuhkan biaya investasi paling tinggi, namun biaya OP dari setiap skenario menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan. Apabila dihitung biaya pengolahan per ton sampah dari perbandingan antara biaya OP dengan jumlah sampah yang dikelola DLH, hasil simulasi menunjukkan biaya pengelolaan per ton sampah akan semakin mahal seiring dengan semakin banyak kegiatan pengolahan sampah yang dilakukan. Perkiraan biaya pengolahan per ton sampah dari skenario C pada tahun 2045 di Kota Depok, Kota Bogor, Kabupaten Bogor, dan Kota Tangerang Selatan masing-masing sebesar Rp 297.584; Rp 543.345; Rp 285.532; dan Rp 305.902.

Secara umum skenario C membutuhkan biaya investasi lebih tinggi dibanding skenario lainnya.

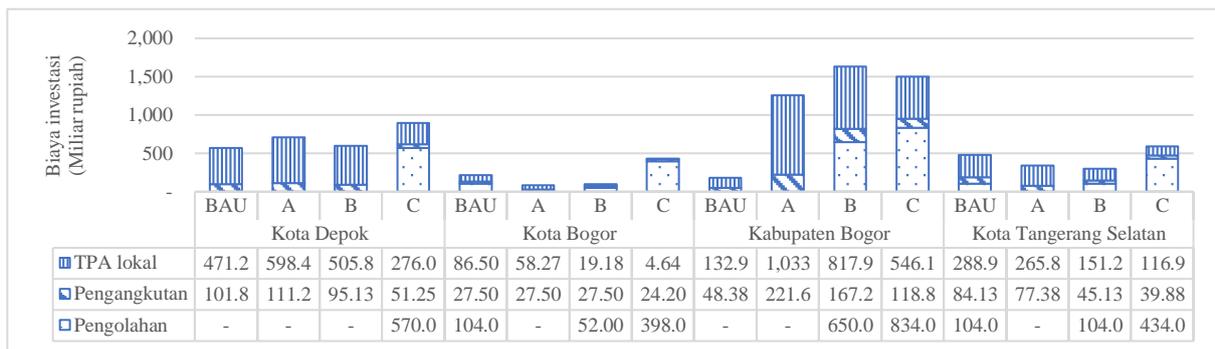
Akumulasi biaya investasi hingga tahun 2045 yang diperlukan dari skenario C di Kota Depok, Kota Bogor, Kabupaten Bogor, dan Kota Tangerang Selatan masing-masing sebesar Rp 897 M, Rp 427 M, Rp 1.499 M, dan Rp 591 M.

Gambar 14 memperlihatkan besarnya kontribusi dari masing-masing komponen perhitungan biaya investasi. Pada skenario A dan B, rata-rata komponen biaya investasi yang paling mahal adalah lahan urug. Sementara itu pada skenario C, komponen biaya pengolahan lebih mahal karena terdapat penambahan TPST secara berkala. Hasil simulasi menunjukkan seiring dengan meningkatnya biaya investasi pengolahan sampah, maka biaya pengangkutan dan biaya TPA lokal juga akan menurun.

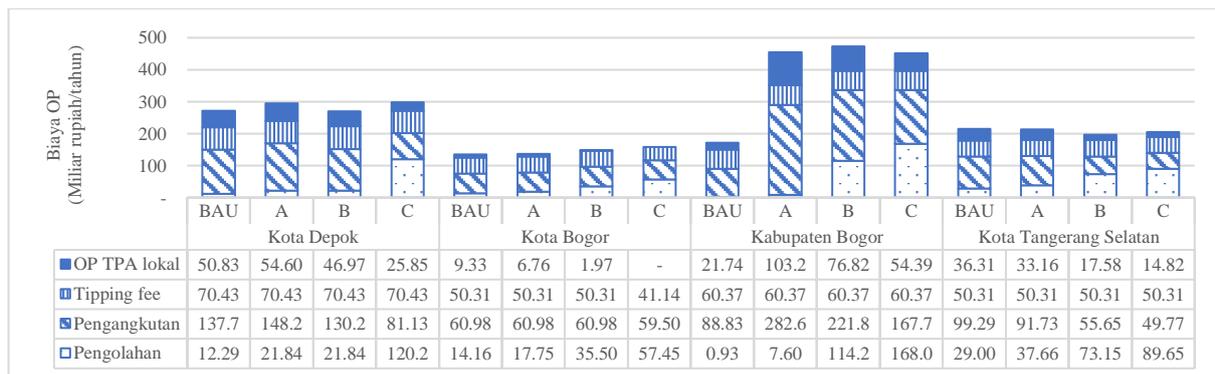
Gambar 15 memperlihatkan rincian biaya OP. Pada skenario A dan B, rata-rata komponen biaya OP terbesar adalah biaya pengangkutan, sedangkan pada skenario C adalah biaya pengolahan. Dari skenario B terlihat bahwa kombinasi antara pengurangan melalui EPR dan penambahan bank sampah per tahun



Gambar 13 Hasil Simulasi Total Kebutuhan Biaya Investasi, OP per tahun, dan Pengolahan per Ton Sampah Hingga Tahun 2045



Gambar 14 Hasil Simulasi Rincian Kebutuhan Biaya Investasi pada Tahun 2045



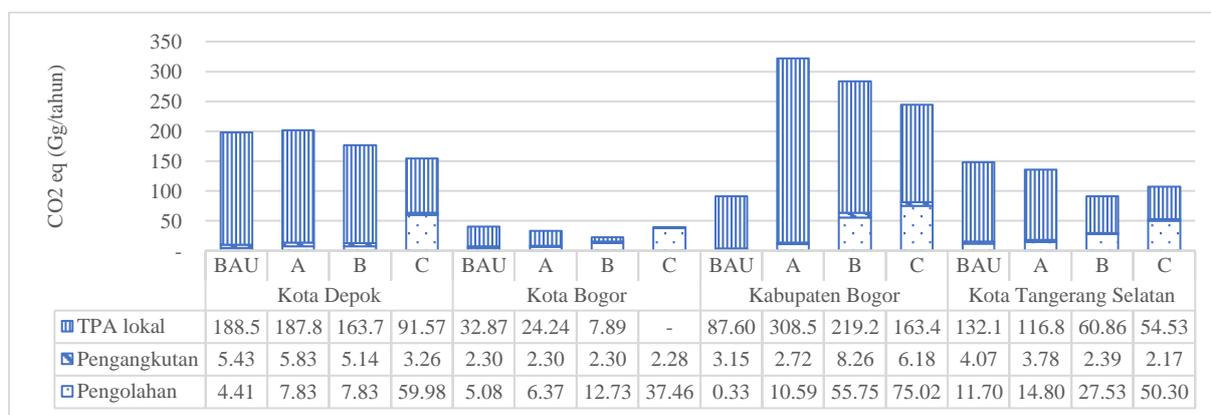
Gambar 15 Hasil Simulasi Rincian Kebutuhan Biaya OP pada Tahun 2045

mampu menurunkan biaya pengangkutan dan biaya OP TPA lokal, namun hal tidak signifikan menaikkan biaya pengolahan sampah yang ditanggung pemerintah daerah karena pembiayaan bank sampah seluruhnya dikelola masyarakat. Sementara itu, dari skenario C terlihat bahwa secara keseluruhan kenaikan biaya OP ternyata tidak signifikan meskipun terdapat banyak penambahan fasilitas pengolahan sampah. Perbedaan yang tidak signifikan ini karena sebenarnya terjadi peralihan biaya yang semula dialokasikan untuk pengangkutan dan TPA menjadi untuk pengolahan sampah. Total biaya OP pada tahun 2045 dari skenario C di Kota Depok, Kota Bogor,

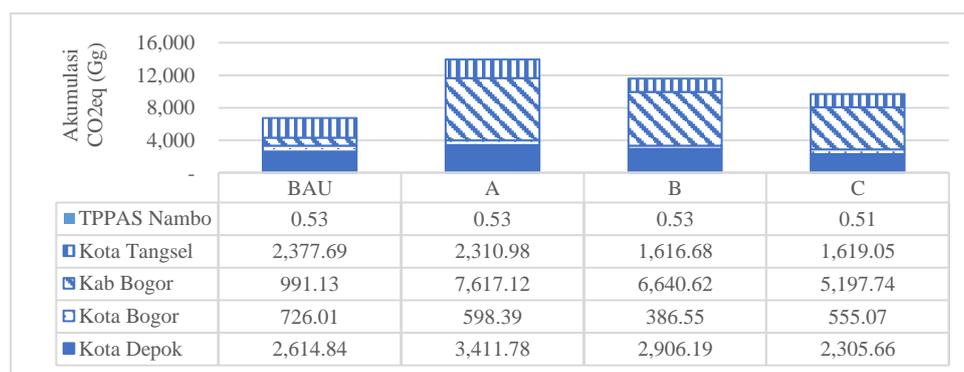
Kabupaten Bogor, dan Kota Tangerang Selatan masing-masing sebesar Rp 298 M, Rp 158 M, Rp 450 M, dan Rp 205 M.

Simulasi emisi pengelolaan sampah

Gambar 16 memperlihatkan dinamika beban emisi yang dihasilkan dari kegiatan pengolahan sampah, pengangkutan sampah, dan pemrosesan di TPA lokal. Dari gambar tersebut diketahui bahwa emisi paling besar dihasilkan dari dekomposisi lahan urug TPA. Akumulasi beban emisi secara keseluruhan yang ditunjukkan pada Gambar 17 menunjukkan pada tingkat pelayanan 100%, nilai beban emisi pada



Gambar 16 Hasil Simulasi Rincian Beban Emisi dari Kegiatan Pengelolaan Sampah per Tahun pada Tahun 2045



Gambar 17 Hasil Simulasi Rincian Akumulasi Beban Emisi Tahun 2045

skenario A yang meningkat dibanding skenario BAU. Adanya peningkatan pengolahan sampah seperti yang terdapat pada skenario B dan C, rata-rata menunjukkan penurunan total emisi karena emisi yang dihasilkan dari proses pengolahan lebih kecil bila dibandingkan dengan emisi lahan urug.

KESIMPULAN

Melalui validasi model, pemodelan sistem dinamik terbukti dapat diaplikasikan untuk menganalisis berbagai macam faktor yang terkait dengan pengelolaan sampah di wilayah pelayanan TPPAS Nambo. Peningkatan timbulan sampah di 4 (empat) wilayah pelayanan, yaitu: Kota Depok, Kota Bogor, Kota Tangerang Selatan, dan Kabupaten Bogor, berkonsekuensi pada kebutuhan peningkatan biaya pengelolaan sampah, terutama untuk pengangkutan dan pengolahan sampah.

Terdapat 4 (empat) skenario pengelolaan sampah yang dikembangkan untuk mengantisipasi dioperasikannya TPPAS Nambo ini. Hasil simulasi keempat skenario menunjukkan bahwa karena keterbatasan kapasitas pengolahan sampah di TPPAS Nambo maka fasilitas pengelolaan sampah tetap dibutuhkan secara mandiri untuk mengelola sampah yang dihasilkan masing-masing kota/kabupaten.

Dari keempat skenario tersebut maka skenario C, yaitu pengurangan sampah hingga 30% sesuai Jakstrada, merupakan skenario yang paling optimal bila mempertimbangkan jumlah timbulan sampah yang harus dikelola, biaya operasional, kebutuhan lahan untuk TPA dan emisi lingkungan. Akan tetapi, skenario C mensyaratkan adanya kebutuhan fasilitas penanganan sampah di sumber yang lebih besar.

Hasil simulasi lainnya memperlihatkan biaya pengolahan sampah pada tahun 2045 dari skenario C Jakstrada di Kota Depok sebesar Rp 297.584/ton, Kota Bogor Rp 543.345/ton, Kabupaten Bogor Rp 285.532/ton, dan Kota Tangerang Selatan Rp 305.902/ton. Besaran ini lebih besar dibandingkan biaya eksisting yang dikeluarkan oleh setiap kota dan kabupaten sehingga diperlukan penyiapan anggaran daerah yang lebih memadai agar rencana pengoperasian TPPAS Nambo dapat berjalan dengan baik dan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat terlaksana dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, peneliti mengucapkan terima kasih kepada Kementerian PUPR, DLH Jawa Barat, DLH Kota Depok, DLH Kota Bogor, DLH Kabupaten Bogor, dan DLH Kota

Tangerang Selatan yang telah memfasilitasi pengumpulan data dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abraham, Razii. 2017. "Model Simulasi Dinamik Pengelolaan Sampah Padat Permukiman Berbasis Program 3R di Kota Bogor (Tugas Akhir)." Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Al-Khatib, Issam A, Derar Eleyan, dan Joy Garfield. 2015. "A system dynamics model to predict municipal waste generation and management costs in developing areas." *The Journal of Solid Waste Technology and Management* 41 (2): 109-20. <https://doi.org/10.5276/JSWTM.2015.109>.
- Anggraini, Fitriyani. 2011. "Aspek Kelembagaan pada Pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Regional." *Jurnal Permukiman* 6 (2): 78-84.
- Bala, Bilash Kanti, Fatimah Mohamed Arshad, dan Kusairi Mohd Noh. 2017. "Modelling of Solid Waste Management Systems of Dhaka City in Bangladesh." In *System Dynamics*, 249-74. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-2045-2_12.
- Barlas, Yaman. 1989. "Multiple tests for validation of system dynamics type of simulation models." *European Journal of Operational Research* 42 (1): 59-87. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(89\)90059-3](https://doi.org/10.1016/0377-2217(89)90059-3).
- BPS Kabupaten Bogor. 2019. "Kabupaten Bogor Dalam Angka."
- BPS Kota Bogor. 2019. "Kota Bogor Dalam Angka."
- BPS Kota Depok. 2019. "Kota Depok Dalam Angka."
- BPS Kota Tangerang Selatan. 2019. "Kota Tangerang Selatan Dalam Angka."
- Cai, Lin, dan Ying Liu. 2013. "Application of system dynamics for municipal waste management in China: a case study of Beijing." In *Conference Proceedings of the 31st International Conference of the System Dynamics Society*, 21-25.
- Chaerul, Mochammad, Masaru Tanaka, dan Ashok V. Shekdar. 2008. "A system dynamics approach for hospital waste management." *Waste Management* 28 (2): 442-49. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.01.007>.
- Fauzan, Andi Yasser. 2017. "Strategi pengelolaan sampah untuk mengurangi timbunan sampah plastik (Sistem pengelolaan sampah dengan simulasi model sistem dinamik di Pulau Pramuka Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu (Tesis)." Universitas Indonesia, Depok.
- Febriyanto, Ricky. 2016. "Strategi Pengelolaan Sampah Kota melalui Penerapan Alternatif Kebijakan Lingkungan (Tesis)." Universitas Indonesia, Depok.
- Giannis, Apostolos, Miaojun Chen, Ke Yin, Huanhuan Tong, dan Andrei Veksha. 2017. "Application of system dynamics modeling for evaluation of different recycling scenarios in Singapore." *Journal of Material Cycles and Waste Management* 19 (3): 1177-85. <https://doi.org/10.1007/s10163-016-0503-2>.
- Handono, Mulyo. 2010. "Model Pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah secara Berkelanjutan di TPA Cipayung Kota Depok-Jawa Barat (Disertasi)." Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Kholil. 2005. "Rekayasa Model Sistem Dinamik Pengelolaan Sampah Terpadu Berbasis Nirlimbah (Zero Waste) Studi Kasus di Jakarta Selatan (Disertasi)." Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Popli, Kanchan, Gamal Luckman Sudibya, dan Seungdo Kim. 2017. "A Review of Solid Waste Management using System Dynamics Modeling." *Journal of environmental science international* 26 (10): 1185-1200. <https://doi.org/10.5322/JESI.2017.26.10.1185>.
- Rahayu, N, T Arai, G Yudoko, dan H Morimoto. 2013. "System dynamics models for planning long-term integrated municipal solid waste management in Bandung city." *WIT Transactions on Ecology and the Environment* 179: 1153-68. <https://doi.org/10.2495/SC130982>.
- Sterman, Jhon D. 2002. "System Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World 31."
- UPTD PSTR Jawa Barat. 2018. "Rencana Pembangunan dan Pengelolaan TPPAS Regional Nambo."
- Wildanurrisal, Wildanurrisal, Achmad Bahauddin, dan Putro Ferro Ferdinant. 2014. "Perancangan Model Simulasi Pengelolaan Sampah Dengan Pendekatan Sistem Dinamis Di Kota Cilegon." *Jurnal Teknik Industri Untirta* 2 (3).
- Yudiyanto. 2007. "Analisis Sistem Pengelolaan Sampah Permukiman di Kota Bogor." (Tesis) Institut Pertanian Bogor.
- Zulfinar, Zulfinar, dan Emenda Sembiring. 2015. "Dinamika Jumlah Sampah Yang Dihasilkan Di Kota Bandung." *Jurnal Tehnik Lingkungan* 21 (1): 18-28. <https://doi.org/10.5614/jtl.2015.21.1.3>.

Volume 16 No. 2 November 2021

Jurnal PermukimanISSN : 1907 – 4352
E-ISSN : 2339 – 2975**Kumpulan Abstrak**

DDC : 628.4

Chaerul, Mochamad , Ika Artika

Aplikasi Model Sistem Dinamik untuk Evaluasi Skenario Pengelolaan Sampah Di Wilayah Pelayanan Tempat Pengolahan dan Pemrosesan Akhir Sampah (TPPAS) Nambo

Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2 November 2021, hal. : 101 – 115

Tempat Pengolahan dan Pemrosesan Akhir Sampah Regional Lulut Nambo (TPPAS Nambo) direncanakan oleh Pemerintah Provinsi Jawa Barat untuk melayani 4 wilayah yaitu Kota Depok, Kota Bogor, Kabupaten Bogor, dan Kota Tangerang Selatan. Tujuan penelitian adalah menganalisis berbagai alternatif skenario kebijakan guna mengoptimalkan pelayanan pengelolaan sampah di 4 wilayah tersebut dan mengetahui pengaruhnya terhadap sampah yang terangkut ke TPPAS Nambo dengan pendekatan model sistem dinamik. Simulasi dilakukan terhadap 4 skenario yaitu *business as usual* (BAU), optimalisasi fasilitas pengolahan sampah eksisting, implementasi rencana induk pengelolaan sampah daerah (masterplan), dan implementasi Kebijakan Strategi Daerah (Jakstrada) pengelolaan sampah. Dari hasil simulasi mulai tahun 2020 hingga 2045, didapat bahwa keempat kota diatas tidak dapat hanya mengandalkan keberadaan TPPAS Nambo yang memiliki keterbatasan kapasitas pengolahan, sehingga kehadiran Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) di masing-masing kota/kabupaten masih tetap diperlukan. Dari hasil simulasi didapat bahwa Skenario Jakstrada merupakan skenario yang paling optimal adalah bila mempertimbangkan jumlah timbulan sampah yang harus dikelola, biaya pengangkutan, kebutuhan lahan untuk TPA dan emisi lingkungan, walaupun mensyaratkan adanya kebutuhan fasilitas penanganan sampah di sumber yang lebih besar. Perkiraan biaya pengolahan sampah dari Skenario Jakstrada untuk masing-masing Kota Depok, Kota Bogor, Kabupaten Bogor dan Kota Tangerang Selatan adalah sebesar Rp 297.584/ton, Rp 543.345/ton, Rp 285.532/ton, dan Rp 305.902/ton. Dari validasi model terbukti bahwa sistem dinamik dapat diaplikasikan untuk menganalisa keterkaitan berbagai macam faktor yang perlu dipertimbangkan dalam proses perencanaan untuk mencapai pengelolaan sampah yang berkelanjutan.

Kata kunci : Pengelolaan sampah, sistem dinamik, simulasi; skenario, kapasitas pengolahan

DDC : 625.8

Gaputra , Agara Dama

Persepsi Masyarakat Dan Kesesuaian Teknis Jalur Pemandu Bagi Pejalan Kaki Tunanetra Pada Area Publik: Studi Kasus Jalur Pemandu Pada Ruas Teras Cihampelas, Bandung

Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2 November 2021, hal. : 82 – 89

Jalur pemandu merupakan fasilitas untuk memudahkan para pengguna jalur pejalan kaki dengan kebutuhan khusus, dalam hal ini khususnya adalah bagi tunanetra (buta total maupun penglihatan rendah). Penelitian ini berangkat dari sering ditemukannya ketidaksesuaian pada penerapan jalur pemandu di area publik. Tujuan penelitian ini adalah untuk memetakan persepsi masyarakat umum, kesesuaian teknis dan ketepatangunaan dari jalur pemandu pada ruas Teras Cihampelas. Data dikumpulkan melalui studi literatur, observasi dan penyebaran kuesioner. Analisis data dilakukan dengan mengevaluasi hasil observasi objek studi berdasarkan regulasi dan standarisasi yang berlaku. Analisis dari hasil kuesioner juga dilakukan untuk mengetahui persepsi masyarakat mengenai jalur pemandu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baik pada tahap perancangan, konstruksi maupun paska guna, jalur pemandu masih belum maksimal dan belum sepenuhnya dipahami oleh masyarakat umum. Hasil penelitian diharapkan dapat berkontribusi dalam penerapan jalur pemandu pada ruas-ruas pejalan kaki di area publik.

Kata kunci: Pejalan kaki, tunanetra, jalur pemandu, kesesuaian teknis, persepsi

DDC : 535.3

Hakim, Fahmi Nur, Atthaillah, Rizki Armanto Mangkuto

Usulan Pembaruan Tabel Faktor Langit pada SNI 03-2396-2001 tentang Pencahayaan Alami pada Bangunan

Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2 November 2021 hal. : 61 – 68

Pencahayaan alami siang hari (PASH) ialah unsur krusial untuk dipertimbangkan pada desain bangunan karena dua manfaat besar yaitu efisiensi energi dan peningkatan kinerja dan kesehatan pengguna. Di Indonesia hanya terdapat satu regulasi yang mengatur tentang PASH dalam bangunan, yaitu Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu SNI 03-2396-2001. Selain belum pernah diperbarui kembali sejak dipublikasikan, terdapat sejumlah persoalan dalam SNI 03-2396-2001, antara lain penggunaan model langit seragam yang tidak lagi relevan serta adanya kesalahan nilai-nilai faktor langit (FL) pada tabel yang dicantumkan pada standar tersebut. Untuk itu, penelitian ini mengusulkan penggunaan model langit berawan standar CIE yang masih berlaku saat ini, serta mengamati nilai galat dari FL pada berbagai kasus uji dalam SNI 03-2396-2001 dan kasus uji 5.11 dalam dokumen CIE 171:2006. Metode analitik digunakan untuk menghitung nilai FL dan untuk mengetahui nilai galat untuk model langit seragam pada SNI 03-2396-2001 terhadap langit berawan standar CIE. Hasil yang didapat menunjukkan perbedaan nilai FL yang signifikan untuk kasus $H/D < 1,0$, dengan galat maksimum sebesar 163% untuk $H/D = L/D = 0,1$, serta 34% pada kasus uji 5.11 dalam dokumen CIE 171:2006, sehingga dapat menimbulkan kesalahan yang serius dalam praktik desain bangunan.

Kata kunci : Pencahayaan alami siang hari, faktor langit, faktor pencahayaan alami siang hari, langit CIE berawan standar, langit seragam

DDC : 363.5

Indrasari, Fenita

Gated Community, Cluster, Sistem Keamanan 24 Jam: Menelusuri Bentuk Perumahan dari Sisi Pengembang

Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2 November 2021 hal. : 69 – 81

Bentuk perumahan berbenteng (*gated community*) telah banyak dikaji karena dianggap lebih banyak menimbulkan masalah daripada memberikan manfaat. Namun pada prakteknya, pengembang tetap membangun perumahan yang sejenis—bahkan dibuat sebagai cluster dengan skala yang lebih kecil dari sebelumnya. Artikel ini mengupas sudut pandang pengembang perumahan di kawasan pinggiran kota Bandung dalam mengambil keputusan untuk membangun perumahan dengan bentuk yang serupa dengan *gated community* untuk menjadi dasar pengaturan bentuk perumahan. Berdasarkan wawancara diketahui bahwa selain analisis pasar, perizinan merupakan salah satu faktor yang berperan dalam proses tersebut. Dalam perizinan, bentuk perumahan tidak diatur secara langsung. Aturan yang ada hanya mencantumkan besaran nilai tertentu yang masih perlu diterjemahkan ke dalam bentuk dan melalui proses yang panjang. Pelibatan masyarakat sekitar perumahan dalam proses perizinan pun masih sangat terbatas, bahkan sering kali disalahgunakan demi kepentingan pengembang dan alasan ekonomi. Dalam artikel ini juga telah diungkap pemahaman aparat pemerintah terhadap perizinan yang mempengaruhi bentuk perumahan. Pada akhirnya, telah diidentifikasi beberapa celah potensial untuk mengarahkan pengembang supaya membangun perumahan yang memberikan lebih banyak manfaat bagi masyarakat luas.

Kata kunci : Bentuk perumahan, perizinan, pengembang, *cluster, gated community*

DDC : 551.4637

Isdianto, Andik, Diah Kurniasari, Aris Subagiyo, Muchamad Fairuz Haykal, Supriyadi
Pemetaan Kerentanan Tsunami Untuk Mendukung Ketahanan Wilayah Pesisir
Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2 November 2021 hal. : 90 – 100

Tsunami merupakan bencana yang jarang terjadi namun cukup memberikan kerusakan yang parah terhadap daerah pesisir yang terkena dampaknya. Banyaknya korban jiwa dan juga harta benda disebabkan oleh kurangnya kesiapan masyarakat dalam menghadapi bencana tsunami, sehingga perlu adanya studi tentang ketahanan wilayah pesisir dalam menghadapi bencana tsunami. Langkah awal untuk membangun ketahanan bencana tsunami adalah mengidentifikasi karakteristik ancaman, kerentanan dan resiko bencana tsunami. Sistem Informasi Geografis (SIG) digunakan dalam memetakan kerentanan suatu daerah terhadap bencana tsunami, dengan parameter kerentanan antara lain kemiringan lahan, tingkat elevasi daratan, penggunaan lahan dan jarak dari garis pantai, dan diolah dengan metode Weighted Overlay Analysis. Hasil dari identifikasi variabel kerentanan tsunami menunjukkan bahwa nilai kemiringan lahan antara 2- 6% tergolong rentan, elevasi daratan antara 5 – 10 meter tergolong rentan, penggunaan lahan yang didominasi pertanian tergolong rentan, dan jarak dari garis pantai yang memiliki kerentanan sangat besar apabila semakin dekat dengan pantai. Hasil pengolahan data dengan Weighted Overlay Analysis dari beberapa parameter kerentanan menunjukkan bahwa sebagian besar daerah di Kabupaten Cilacap memiliki kerentanan tsunami dalam kategori Cukup Rentan hingga Rentan, sehingga perlu adanya tindakan penyadaran masyarakat akan bahaya tsunami, penetapan jalur evakuasi tsunami, serta upaya relokasi, adaptasi, dan proteksi di wilayah pesisir.

Kata kunci: SIG, bencana tsunami, Cilacap, weighted overlay analysis, penggunaan lahan

Abstract

DDC : 628.4

Chaerul, Mochammad, Ika Artika

Application of System Dynamics Model for Evaluation of Municipal Solid Waste Management Scenarios in Service Areas of Nambo Regional Waste Treatment and Final Disposal Site

Jurnal Peremukiman Vol. 16 No. 2, November 2021 p. : 101 – 115

Regional Waste Treatment and Final Disposal Site of Lulut Nambo (TPPAS Nambo) has been planned by West Java Province to serve municipal solid waste (MSW) generated from 4 areas, namely Depok, Bogor, South Tangerang Cities and Bogor Regency. The study aims to analyze the related scenarios to optimize MSW management services in the areas and to find the waste quantity to be transported to TPPAS Nambo by applying system dynamics model. Simulation was performed for 4 scenarios namely business as usual (BAU), optimization of existing waste treatment facility, implementation of the masterplan of MSW management, and implementation of Regional Policy and Strategy related to MSW management (Jakstrada). Simulation result from 2020 to 2045 shows that the 4 cities cannot rely solely on the presence of TPPAS Nambo which has treatment capacity limitation, thus the presence of final disposal site (TPA) in their respective city is still required. Compared to other scenario, Scenario of Jakstrada becomes the most optimal by considering amount of waste generated to be managed, transportation cost, land required for TPA, and emission to the environment, though it requires more waste handling facilities at source. The estimated cost of waste management from Jakstrada Scenario for Depok City, Bogor City, Bogor Regency, South Tangerang City are Rp 297.584/ton, Rp 543.345/ton, Rp 285.532/ton, and Rp 305.902/ton, respectively. From the model validation, it proved that the system dynamic could be applied to analyze the interrelationship among the factors to be considered in the planning process to achieve sustainable MSW management.

Keywords : Waste management, system dynamic, simulation, scenarios, treatment capacity

DDC : 625.8

Gaputra , Agara Dama

Public Perception and Technical Compatibility of Tactile Paving for Visually Impaired in Public Area: A Case Study of Tactile Paving in Teras Cihampelas Section, Bandung

Jurnal Peremukiman Vol. 16 No. 2 November 2021 p. : 82 – 89

Tactile paving are facilities to facilitate the use of pedestrian paths for users with special needs, in this particular case, for the visually impaired (total blindness or low vision). This research departs from the frequent finding of discrepancies in the implementation of the tactile paving in public areas. The purpose of this research is to map the general public's perceptions, technical compatibility and appropriateness of the tactile paving on the Teras Cihampelas section. Data were collected through literature study, observation and questionnaires. Data analysis was carried out by evaluating the results of the observations of the object of study based on enforced regulations and standardization. Analysis of the results of the questionnaire was also carried out to determine the public's perception of the tactile paving. The results showed that at the planning, construction and post-use stages, the tactile paving was still not maximized and was not fully understood by the general public. The results of the research are expected to contribute to the application of tactile paving on pedestrian paths in public areas.

Keywords: Pedestrians, visually impaired, tactile paving, technical compatibility, perception

DDC : 535.3

Hakim, Fahmi Nur, Atthaillah, Rizki Armanto Mangkuto

Proposal for Revision of Sky Component Table in SNI 03-2396-2001 on Daylighting in Buildings

Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2, November 2021 p. : 61 – 68

Daylighting is a crucial factor in building design, due to the benefits of energy efficiency and improvement in user performance and health. In Indonesia, the only national regulation on daylighting is SNI 03-2396-2001, which has not been revised since its publication. Several problems are recognised in the standard, among others are the use of obsolete uniform sky and the errors in sky component (SC) values provided in the lookup table. Therefore, this research aims to propose the use of the standard CIE overcast sky, which is still valid up to now, while observing the errors of SC values in several test cases in SNI 03-2396-2001 and in the test case 5.11 of the CIE 171:2006 document. Analytical method is applied to calculate SC values and to determine the errors for the case of the uniform sky model in SNI 03-2396-2001 with respect to the standard CIE overcast sky. The results suggest significant difference of SC values in cases where $H/D < 1.0$, with maximum error of 163% when $H/D = L/D = 0.1$, and 34% for the test case 5.11 in CIE 171:2006, which may yield serious errors in building design practice.

Keywords : Daylighting, sky components, daylight factor, standard CIE overcast sky, uniform sky

DDC : 363.5

Indrasari, Fenita

Gated Community, Cluster, 24-hours Security System: Unveiling Form of Housing Estates from Developers Perspective

Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2 November 2021 p. : 69 – 81

Abundant research has addressed problems associated with gated community which considered to cause more problems rather than benefits. In practice, however, developers are still building the similar form—even made as cluster with smaller scale than before. This article tries to unveil developers' view point in making decisions to build housing estates similar to gated community—yet different label—in suburban Bandung in order to provide basis to regulate housing form. Based on interviews, it was found that permit has become one of the influential factors in the process beside market analysis. Form of housing estates is not directly regulated within the permit. The current regulation merely states certain values which require a long process and further translation into form. There is also limited community involvement within the permit, in fact most of the time it has been mistreated for developers' need and economic reasons. Dalam artikel ini juga telah diungkap pemahaman aparat pemerintah terhadap perizinan yang mempengaruhi bentuk perumahan. Nonetheless, some potential breaches to direct developers in building housing estates with more benefit for public are available

Keywords : Housing estate form, permit, developer, cluster, gated community

DDC : 551.4637

Isdianto, Andik, Diah Kurniasari, Aris Subagiyo, Muchamad F. Haykal, Supriyadi

Tsunami Vulnerability Mapping to Support Coastal Area Resilience

Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2 November 2021 p. : 90 – 100

Tsunamis are rare but quite devastating disasters to the affected coastal areas. The large number of casualties and property were caused by the lack of community preparedness in facing tsunami disasters, so there is a need for studies on the resilience of coastal areas in the face of tsunami disasters. The initial step to building tsunami disaster resilience is to identify the characteristics of the tsunami threat, vulnerability and risk. Geographic Information Systems (GIS) are used in mapping an area's vulnerability to tsunami disasters, with vulnerability parameters including land slope, level of land elevation, land use and distance from the coastline, and processed using the Weighted Overlay Analyst method. The results of the identification of tsunami vulnerability variables indicate that the value of land slope between 2-6% is classified as vulnerable, land elevation between 5-10 meters is classified as vulnerable, land use dominated by agriculture is classified as vulnerable, and the distance from the coastline which has a very large vulnerability when getting closer by the beach. The results of data processing with Weighted Overlay Analysis of several parameters of vulnerability indicate that most of the areas in Cilacap Regency have tsunami vulnerability in the category Vulnerable to Vulnerable, so that there is a need for community awareness actions on tsunami hazards, the establishment of tsunami evacuation routes, as well as relocation, adaptation, and protection in coastal areas.

Keywords: *GIS, tsunami disaster, Cilacap, weighted overlay analyst, land use*

Indeks Subjek / Subject Index

<p style="text-align: center;">A</p> <p>Akhir Pemrosesan Akhir Sampah Regional Lulut Nambo, 104 Akses, 70, 72, 73, 74, 75, 77, 79, 80 Akumulasi, 92, 115 Akurasi, 68 Alami Sistem Pencahayaan Alami, 61 Area, 76, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 87, 89, 91</p>	<p style="text-align: center;">J</p> <p>Jalur, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 91, 92, 100, 101</p>
<p style="text-align: center;">B</p> <p>Bencana, Disaster, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 100, 101 Berawan, 66 Biaya, 71, 72, 73, 78, 79, 80, 104, 105, 107, 108, 109, 116, 117, 118 Bogor, 91, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120</p>	<p style="text-align: center;">K</p> <p>Kerentanan, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 100, 101</p>
<p style="text-align: center;">C</p> <p>Cahaya, 62, 63, 65 CIE, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 70 Cihampelas;, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90 Cilacap, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 99, 100, 101</p>	<p style="text-align: center;">L</p> <p>Langit Model Langit, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 70</p>
<p style="text-align: center;">D</p> <p>Desa;, 102, 103 Design, 61, 70 Disabilitas;, 82</p>	<p style="text-align: center;">M</p> <p>Mapping, 91</p>
<p style="text-align: center;">E</p> <p>Efisiensi, 61 Elevasi, 91, 93, 94, 95, 96, 98, 101 Energi, 61, 62, 92 Evakuasi, 91, 92, 100, 101</p>	<p style="text-align: center;">N</p> <p>Nambo, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 111, 114, 115, 118, 119, 120</p>
<p style="text-align: center;">F</p> <p>Fungsi, 70, 84, 86, 88, 89</p>	<p style="text-align: center;">P</p> <p>Parameter, 63, 91, 94, 95, 96, 98, 101, 114 Pedestrian, 82, 83 Performance, 61, 70 Pesisir, 91, 92, 93, 94, 96, 98, 99, 100, 101 PSU, 77</p>
<p style="text-align: center;">G</p> <p>Galat, 61, 62, 63, 66, 70 Garis, 83, 88, 91, 93, 94, 95, 98, 101, 107 Gated Community, 81 Gedung, 70, 71 Geografis, 92, 93, 94 GIS, 91, 101, 102</p>	<p style="text-align: center;">R</p> <p>Regional, 116 Risiko, 98, 100 Ruas, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 89</p>
<p style="text-align: center;">I</p> <p>Izin, 71, 72, 73, 74, 78, 79, 80</p>	<p style="text-align: center;">S</p> <p>Sampah, 78, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 114, 115, 116, 117, 118, 119 Seragam;, 61, 62, 70 SLF, 71, 75</p>
	<p style="text-align: center;">T</p> <p>Teras, 89 Terpadu, 109 Trotoar, 83, 84 Tsunami, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 100, 101</p>
	<p style="text-align: center;">U</p> <p>Ubin, 83, 85, 86, 87, 88, 89</p>
	<p style="text-align: center;">V</p> <p>Validasi, 104, 111, 118 Vulnerability, 91</p>
	<p style="text-align: center;">W</p> <p>Waste Management, 105, 119 Weighted Overlay Analyst, 92</p>

Indeks Pengarang

- Agara Dama Gaputra**, Persepsi Masyarakat dan Kesesuaian Teknis Jalur Pemandu bagi Pejalan Kaki Tunanetra pada Area Publik: Studi Kasus Jalur Pemandu pada Ruas Teras Cihampelas, Bandung. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2 November 2021, hal. : 82–89
- Agung Wibowo**, Penerapan Manajemen Risiko pada Proses Pengembangan Properti. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1 Mei 2021, hal. : 31–40
- Andik Isdianto**, Pemetaan Kerentanan Tsunami untuk Mendukung Ketahanan Wilayah Pesisir. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2 November 2021 hal. : 90–100
- Aris Subagiyo**, Pemetaan Kerentanan Tsunami untuk Mendukung Ketahanan Wilayah Pesisir. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2 November 2021 hal. : 90–100
- Atthallah**, Usulan Pembaruan Tabel Faktor Langit pada SNI 03-2396-2001 tentang Pencahayaan Alami pada Bangunan. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2 November 2021 hal. : 61–68
- Deardo Samuel Saragih**, Kombinasi Abu Dasar Batu Bara dan Abu Vulkanik Sebagai Material Beton. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1 Mei 2021 hal. : 10–20
- Dermi Rani Santika Damanik**, Kombinasi Abu Dasar Batu Bara dan Abu Vulkanik Sebagai Material Beton. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1 Mei 2021 hal. : 10–20
- Diah Kurniasari**, Pemetaan Kerentanan Tsunami untuk Mendukung Ketahanan Wilayah Pesisir. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2 November 2021 hal. : 90–100
- Eny Sulistyowati**, Kerentanan Ekonomi di Area Permukiman Terdampak Bencana Lumpur Lapindo, Sidoarjo, Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1 Mei 2021, hal. : 41–53
- Erik Rolando Sarumpaet**, Karakterisasi *Site* di Lokasi Stasiun Monitoring Gempa pada Dugaan Jalur Sesar Baribis. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1 Mei 2021 hal. : 1–9
- Fahmi Nur Hakim**, Usulan Pembaruan Tabel Faktor Langit pada SNI 03-2396-2001 tentang Pencahayaan Alami pada Bangunan. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2 November 2021 hal. : 61–68
- Fenita Indrasari**, *Gated Community, Cluster*, Sistem Keamanan 24 Jam: Menelusuri Bentuk Perumahan dari Sisi Pengembang. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2 November 2021 hal. : 69–81
- I Wayan Muka**, Penerapan Manajemen Risiko pada Proses Pengembangan Properti. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1 Mei 2021, hal. : 31–40
- Ika Artika**, Aplikasi Model Sistem Dinamik untuk Evaluasi Skenario Pengelolaan Sampah di Wilayah Pelayanan Tempat Pengolahan dan Pemrosesan Akhir Sampah (TPPAS) Nambo. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2 November 2021 hal. : 101–115
- Ishak Kadir**, Tipologi Rumah Tradisional Tolaki Komali Di Desa Wolasi, Kecamatan Wolasi, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1 Mei 2021 hal. : 21–30
- June Ekawati**, Kerentanan Ekonomi di Area Permukiman Terdampak Bencana Lumpur Lapindo, Sidoarjo, Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1 Mei 2021, hal. : 41–53
- Mochammad Chaerul**, Aplikasi Model Sistem Dinamik untuk Evaluasi Skenario Pengelolaan Sampah Di Wilayah Pelayanan Tempat Pengolahan dan Pemrosesan Akhir Sampah (TPPAS) Nambo. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2 November 2021 hal. : 101–115
- Mohamad Ridwan**, Karakterisasi *Site* di Lokasi Stasiun Monitoring Gempa pada Dugaan Jalur Sesar Baribis. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1 Mei 2021 hal. : 1–9
- Muchamad Fairuz Haykal**, Pemetaan Kerentanan Tsunami untuk Mendukung Ketahanan Wilayah Pesisir. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2 November 2021 hal. : 90–100

- Muhammad Rusli**, Karakterisasi *Site* di Lokasi Stasiun Monitoring Gempa pada Dugaan Jalur Sesar Baribis. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1 Mei 2021 hal. : 1-9
- Muhammad Zakaria Umar**, Tipologi Rumah Tradisional Tolaki Komali di Desa Wolasi, Kecamatan Wolasi, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1 Mei 2021 hal. : 21-30
- Novdin Manoktong Sianturi**, Kombinasi Abu Dasar Batu Bara dan Abu Vulkanik Sebagai Material Beton. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1 Mei 2021 hal. : 10-20
- Rizki Armanto Mangkuto**, Usulan Pembaruan Tabel Faktor Langit pada SNI 03-2396-2001 tentang Pencahayaan Alami pada Bangunan. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2 November 2021 hal. : 61-68
- Sachrul Ramadan**, Tipologi Rumah Tradisional Tolaki Komali di Desa Wolasi, Kecamatan Wolasi, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1 Mei 2021 hal. : 21-30
- Supriyadi**, Pemetaan Kerentanan Tsunami untuk Mendukung Ketahanan Wilayah Pesisir. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2 November 2021 hal. : 90-100
- Virgo Erlando Purba**, Kombinasi Abu Dasar Batu Bara dan Abu Vulkanik Sebagai Material Beton. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1 Mei 2021 hal. : 10-20

Authors Index

- Agara Dama Gaputra**, Public Perception and Technical Compatibility of Tactile Paving for Visually Impaired in Public Area: A Case Study of Tactile Paving in Teras Cihampelas Section, Bandung. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2 November 2021 p. : 82-89
- Agung Wibowo**, Implementation of Risk Management on Property Development Process. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1, May 2021 p. : 31-40
- Andik Isdianto**, Tsunami Vulnerability Mapping to Support Coastal Area Resilience. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2 November 2021 p. : 90-100
- Aris Subagiyo**, Tsunami Vulnerability Mapping to Support Coastal Area Resilience. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2 November 2021 p.: 90-100
- Atthallah**, Proposal for Revision of Sky Component Table in SNI 03-2396-2001 on Daylighting in Buildings. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2, November 2021 p. : 61-68
- Deardo Samuel Saragih**, Combination of Bottom Ash and Volcanic Ash as Concrete Materials. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1 May 2021 p.: 10-20
- Dermina Roni Santika Damanik**, Combination of Bottom ash and Volcanic Ash as Concrete Materials. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1 May 2021 p. : 10-20
- Diah Kurniasari**, Tsunami Vulnerability Mapping to Support Coastal Area Resilience. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2 November 2021 p. : 90-100
- Eny Sulistyowati**, Economic Vulnerability in the Settlement Area Impacted by Mudflow Disaster Lapindo, Sidoarjo. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1, May 2021 p. : 41-53
- Erik Rolando Sarumpaet**, Site Characterization in The Location of Earthquake Monitoring Stations On the predicted Baribis Fault Line. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1, May 2021 p. : 1-9
- Fahmi Nur Hakim**, Proposal for Revision of Sky Component Table in SNI 03-2396-2001 on Daylighting in Buildings. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2, November 2021 p. : 61-68

- Fenita Indrasari**, Gated Community, Cluster, 24-hours Security System: Unveiling Form of Housing Estates from Developers Perspective. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2 November 2021 p. : 69–81
- I Wayan Muka**, Implementation of Risk Management on Property Development Process. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1, May 2021 p. : 31–40
- Ika Artika**, Application of System Dynamics Model for Evaluation of Municipal Solid Waste Management Scenarios in Service Areas of Nambo Regional Waste Treatment and Final Disposal Site. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2, November 2021 p. : 101–115
- Ishak Kadir**, The Typology of Tolaki Traditional House Komali in Wolasi Village South Konawe Regency, Southeast Sulawesi Province. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1, May 2021 p. : 21–30
- June Ekawati**, Economic Vulnerability in the Settlement Area Impacted by Mudflow Disaster Lapindo, Sidoarjo. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1, May 2021 p. : 41–53
- Mochamad Chaerul**, Application of System Dynamics Model for Evaluation of Municipal Solid Waste Management Scenarios in Service Areas of Nambo Regional Waste Treatment and Final Disposal Site. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2, November 2021 p. : 101–115
- Mohamad Ridwan**, Site Characterization in the Location of Earthquake Monitoring Stations on the Predicted Baribis Fault Line. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1, May 2021 p. : 1–9
- Muchamad Fairuz Haykal**, Tsunami Vulnerability Mapping to Support Coastal Area Resilience. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2 November 2021 p. : 90–100
- Muhammmad Rusli**, Site Characterization in the Location of Earthquake Monitoring Stations on the Predicted Baribis Fault Line. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1, May 2021 p. : 1–9
- Muhammad Zakaria Umar**, The Typology of Tolaki Traditional House Komali in Wolasi Village South Konawe Regency, Southeast Sulawesi Province. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1, May 2021 p. : 21–30
- Novdin Manoktong Sianturi**, Combination of Bottom Ash and Volcanic Ash as Concrete Materials. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1 May 2021 p.: 10–20
- Rizki Armanto Mangkuto**, Proposal for Revision of Sky Component Table in SNI 03-2396-2001 on Daylighting in Buildings. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2, November 2021 p. : 61–68
- Sachrul Ramadan**, The Typology of Tolaki Traditional House Komali in Wolasi Village South Konawe Regency, Southeast Sulawesi Province. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1, May 2021 p. : 21–30
- Supriyadi**, Tsunami Vulnerability Mapping to Support Coastal Area Resilience. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 2 November 2021 p. : 90–100
- Virgo Erlando Purba**, Combination Of Bottom Ash and Volcanic Ash as Concrete Materials. Jurnal Permukiman Vol. 16 No. 1 May 2021 p.: 10–20

Pedoman Penulisan Naskah

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

Sistematika penulisan :

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

Teknik penulisan:

- a. Naskah ditulis pada kertas ukuran A4 *portrait* (210 x 297 mm), ketikan satu spasi dengan 2 kolom, jarak kolom pertama dan kedua 0,5 cm.
- b. Margin: tepi atas 3 cm, tepi bawah 2,5 cm, sisi kiri 3 cm dan kanan 2 cm. Alinea baru diberi tambahan spasi (+ ENTER).

Penggunaan huruf:

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

Buku/monograf (satu pengarang)

Pollan, Michael. 2006. *The Omnivore's Dilemma: A Natural History of Four Meals*. New York: Penguin.

Artikel Jurnal

Sabaruddin, Arief, Tri Harso Karyono, 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).



DIREKTORAT BINA TEKNIK PERMUKIMAN DAN PERUMAHAN
DIREKTORAT JENDERAL CIPTA KARYA
KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT

