



# JOURNAL OF APPLIED CIVIL ENGINEERING & INFRASTRUCTURE TECHNOLOGY

Published by :



Indonesian Society of  
Applied Science (ISAS)



**JOURNAL OF APPLIED CIVIL ENGINEERING AND  
INFRASTRUCTURE TECHNOLOGY (JACEIT)**

*Indonesian Society of Applied Science (ISAS)*

<https://journal.isas.or.id/index.php/JACEIT>

Volume 5, Nomor 2, Desember 2024

e-ISSN. 2723-5378

**JOURNAL OF APPLIED CIVIL ENGINEERING AND  
INFRASTRUCTURE TECHNOLOGY  
(JACEIT)**

<https://journal.isas.or.id/index.php/JACEIT>

**VOLUME 5, NOMOR 2, DESEMBER 2024**

**E-ISSN. 2723-5378**

**DOI: [HTTPS://DOI.ORG/10.52158/](https://doi.org/10.52158/)**



Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology (JACEIT) adalah sebuah jurnal *blind peer review* yang didedikasikan untuk publikasi hasil penelitian yang berkualitas dalam bidang ilmu Teknik Sipil dan Rekayasa Infrastruktur namun tak terbatas secara implisit. Semua publikasi di junal JACEIT bersifat akses terbuka yang memungkinkan artikel tersedia secara bebas online tanpa berlangganan apapun.

**Penerbit**

*Indonesian Society of Applied Science (ISAS)*

**Alamat Redaksi**

Jl. Raya ITS, Sukolilo, Surabaya, 60111

Email: [jaceit@isas.or.id](mailto:jaceit@isas.or.id); [jaceit.isas@gmail.com](mailto:jaceit.isas@gmail.com)



**Indonesian Society of Applied Science**

Office: Kampus Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jl. Raya ITS, Sukolilo, Surabaya, 60111.

Phone: +6281234302724, +6287859160488

**ISAS**

**The Biggest Applied Science Society in Indonesia**

<https://isas.or.id>

[humas@isas.or.id](mailto:humas@isas.or.id)



## SAMBUTAN EDITOR

*Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology (JACEIT)* merupakan jurnal ilmiah yang dikelola dan dipublikasikan oleh **Indonesian Society of Applied Science (ISAS)**, yang merupakan suatu perkumpulan dari konsorsium Pusat/Unit Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Politeknik Negeri se-Indonesia yang berbadan hukum dari Keputusan Menteri dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia **Nomor AHU-0011316.AH.01.07 Tahun 2019** pada tanggal 8 November 2019.

**JACEIT** terbit sejak Agustus 2020 dengan ISSN Online 2723-5378, SK LIPI Nomor. 0005.27235378/JI.3.1/SK.ISSN/2020.08 Tanggal 6 Agustus 2020. **JACEIT** diterbitkan dua kali dalam setahun yaitu Bulan Agustus dan Desember. *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology (JACEIT)* merupakan jurnal ilmiah dengan ruang lingkup bidang teknik sipil antara lain bidang struktur, manajemen konstruksi, geoteknik, hidroteknik, material maju, pemetaan/geomatika/ sistem informasi geografis, teknik lingkungan, transportasi dan rekayasa teknologi infrastruktur. **JACEIT** juga sudah terindeks **Google Scholar, ROAD, Crossref, WorldCat, One Search, Dimensions, GARUDA dan SINTA**. **JACEIT** memiliki DOI: <https://doi.org/10.52158/> dan sudah terakreditasi **SINTA 4**. Kami akan terus berupaya dalam meningkatkan lembaga pengindeks agar dapat meningkatkan *impact factor* OJS **JACEIT**.

Pada Volume 5 No. 2, Desember 2024 ini terdiri atas 6 artikel dengan 18 penulis yang berasal dari 5 perguruan tinggi negeri dan swasta di Indonesia, yaitu Universitas Ibn Khaldun Bogor, Politeknik Negeri Jakarta, Politeknik Negeri Banyuwangi, Universitas Samudra, dan Universitas Teknologi Sumbawa. Satu perguruan tinggi luar negeri Universitas Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM), dan satu dari Instansi Badan Penanggulangan Bencana Daerah Balai Kota Amongtani.

Penerbitan Jurnal ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, terutama ucapan terima kasih kami sampaikan kepada para editor dan reviewer yang sudah rela bekerja keras dalam *me-review* manuskrip hingga layak publish di Jurnal ini. Kami juga mengapresiasi para peneliti, mahasiswa dan praktisi yang sudah menjadikan Jurnal **JACEIT** sebagai media untuk publikasi hasil penelitiannya. Membutuhkan usaha lebih keras untuk mendapatkan *submission paper* dan menjalin *networking* dari kalangan akademisi dari berbagai Perguruan Tinggi Negeri ataupun Swasta DN/LN.

Semoga manuskrip di Jurnal **JACEIT** dapat menambah khazanah keilmuan dan wawasan ilmiah, khususnya dalam bidang Teknik Sipil. Kritik dan saran membangun tetap kami harapkan untuk perbaikan Jurnal ini.

Banyuwangi, 1 September 2024

Ketua Dewan Redaksi,

Cand. Dr. Zulis Erwanto, S.T., M.T.







## DAFTAR ISI TERBITAN

No.	Judul – Penulis	Halaman
1	<b>Studi Penentuan Tarif BTS Transpakuan Koridor 5 dengan Metode ATP dan WTP</b> <i>Anariski Fatihah, Tedy Murtedjo, Alimuddin</i>	42 - 51
2	<b>Distribusi Kebutuhan Air Bersih Untuk Pasien COVID-19 Melalui Simulasi Epanet di RSUD Genteng Banyuwangi</b> <i>Iqbal Wahyudin, Zulis Erwanto</i>	52 - 60
3	<b>Studi Rencana Penentuan Titik Pemberhentian Angkutan Umum Massal Berbasis Jalan di Kabupaten Bogor pada Koridor 5</b> <i>Nur Qoimah, Rulhendri Rulhendri, Tedy Murtedjo</i>	61 - 72
4	<b>Simulation Model for Rainfall Intensity to Landslide Susceptibility (Case Study in Kota Wisata Batu, East Java)</b> <i>Nurul Adibah Lutfi, Mustaffa Anjang Ahmad, Putera Agung Maha Agung, Agung Sedayu, Nazirah Muhamad Abdullah</i>	73 - 85
5	<b>Penerapan Building Information Modeling (BIM) Pada Bangunan Gedung Bertingkat Menggunakan Tekla Structures</b> <i>Wawan Aditya, Meilandy Purwandito, Arisna Fauzia</i>	86 - 94
6	<b>Analisis Pemanenan Air Hujan Dengan Memanfaatkan Atap Dalam Memenuhi Kebutuhan Air Bersih</b> <i>Suparman Ajis Ukmin Raru, Adi Mawardin</i>	95 - 98





## Studi Penentuan Tarif BTS Transpakuan Koridor 5 dengan Metode ATP dan WTP

Anariski Fatihah<sup>1</sup>, Tedy Murtejo<sup>2</sup>, Alimuddin<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor  
<sup>1</sup>anaariski.fatihah@gmail.com, <sup>2</sup>tedy.murtejo@uika-bogor.ac.id, <sup>3</sup>alimuddin@uika-bogor.ac.id

### Abstract

*BTS Transpakuan was officially launched on November 2, 2021, operating across 4 corridors, with the initial trial being conducted on corridor 5. Presently, it remains free, operating from 05:00 to 21:00. Notably, public interest has surged, as evidenced by a load factor of 91% recorded in September 2022. Corridor 5 stands as the sole corridor directly integrated with the KRL. The research aims to dissect the characteristics of corridor 5 BTS Transpakuan users and scrutinize tariff considerations using ATP and WTP methods. Employing an analytical-descriptive approach, primary data was gathered through questionnaires, subjected to ATP and WTP analysis, elucidating the correlation between outcomes. Of the 235 respondents utilizing corridor 5, a majority are women aged 20-30, educated up to high school level. Most are employed, earning between 2 to 3 million IDR, largely self-utilized. A transition from private vehicles to mass transit is evident, with 43 cars, 204 motorbikes, and 9 bicycles. Consequently, the current tariff stands at 3,562 IDR. An enhancement of facilities, prioritized within the tariff structure, would raise it to 4,620 IDR for a single journey. In conclusion, users' capacity to pay is outweighed by their readiness to pay, potentially increasing if facilities are enhanced.*

*Keywords: Ability to Pay, Willingness to Pay, Rates, BTS.*

### Abstrak

BTS Transpakuan diresmikan pada 2 November 2021, melayani 4 koridor, yang pertama di uji coba adalah koridor 5. Saat ini masih gratis dengan jam operasional 05.00 - 21.00. Minat masyarakat meningkat dengan load faktor bulan September 2022 mencapai 91%. Koridor 5 adalah satu-satunya yang terintegrasi langsung dengan KRL. Tujuan penelitian yaitu menganalisis karakteristik pengguna BTS Transpakuan koridor 5 dan menganalisis besaran tarif ATP dan WTP. Metode deskriptif analitis, dengan penyebaran kusioner dan dianalisis ATP dan WTP serta dideskripsikan untuk mengetahui hubungan antara hasil analisis tersebut. Dari 235 responden pengguna koridor 5, mayoritas pengguna adalah perempuan dengan usia 20-30 tahun dengan pendidikan SMA. Mayoritas adalah seorang pegawai (BUMN/swasta) dengan tingkat pendapatan sebesar 2 juta – 3 juta dan pendapatan tersebut digunakan untuk dirinya sendiri. Telah terjadi perpindahan dari pengguna kendaraan pribadi menjadi pengguna transportasi umum massal sebanyak 43 unit mobil, 204 unit sepeda motor, dan 9 unit sepeda. Maka, besaran tarif adalah Rp. 3.562, jika fasilitas ditingkatkan berdasarkan prioritas tarif menjadi Rp. 4.620 untuk satu kali perjalanan. Maka didapat kesimpulan bahwa kemampuan membayar pengguna < keinginan membayar pengguna dan jika fasilitas ditingkatkan maka pengguna bersedia membayar lebih.

Kata kunci: Kemampuan Membayar, Kemauan Membayar, Tarif, BTS.

Diterima Redaksi : 2023-08-07 | Selesai Revisi : 2023-10-03 | Diterbitkan Online : 2024-09-01

### 1. Pendahuluan

BTS Transpakuan secara resmi dioperasikan sejak tanggal 2 November 2021, melayani 4 koridor dan salah satunya adalah koridor 5 (Terminal Ciparigi - Stasiun Bogor) [1]. Koridor 5 merupakan koridor pertama yang diuji coba dan saat ini masih gratis dengan jam operasional dari pukul 05.00 - 21.00. Minat masyarakat sangat tinggi, dilihat dari meningkatnya load faktor bulan September 2022 mencapai 91% [2]. Koridor 5 adalah satu-satunya koridor yang terintegrasi langsung dengan KRL. Dengan adanya integritas maka akan

memberikan kemudahan dan kenyamanan bagi pengguna angkutan umum untuk mendapatkan akses ke moda lanjutan dengan berjalan kaki, serta dapat mempersingkat waktu saat menuju lokasi tujuan [3]. Studi sebelumnya tentang tarif ATP dan WTP BTS, yaitu [4], [5], [6], [7], [8]. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis karakteristik pengguna BTS Transpakuan koridor 5.
2. Menganalisis besaran tarif berdasarkan nilai ATP dan WTP.



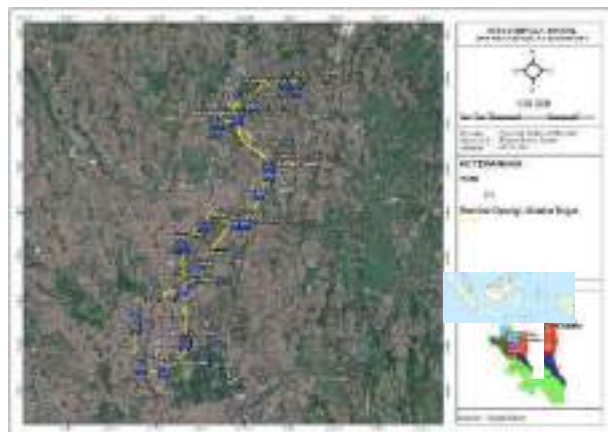
Lisensi  
Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif analitis yang bertujuan untuk mendeskripsikan suatu objek yang diteliti melalui sampel yang dianalisis. Analisis deskriptif yaitu memaparkan data statistik data yang telah terkumpul secara utuh dengan maksud membuat kesimpulan yang tidak berlaku untuk general [9].

### 2.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada Koridor 5 dengan rute Terminal Ciparigi – Stasiun Bogor, seperti pada Gambar 1.

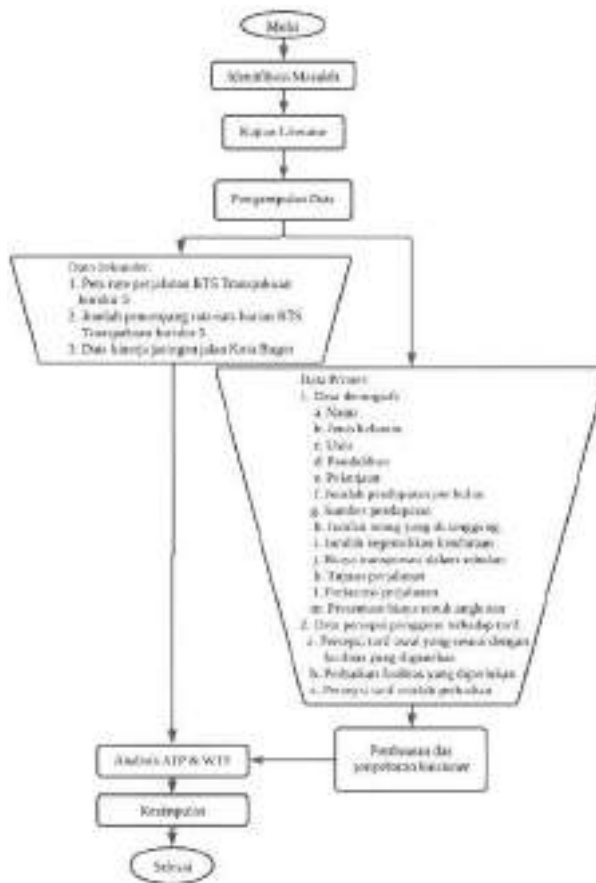


Gambar 1. Peta jaringan trayek BTS Transpakuan koridor 5

Penelitian dilakukan selama enam bulan sejak bulan Januari 2023 sampai bulan Juni 2023.

### 2.2. Bagan Alir Penelitian

Agar penelitian ini bisa mendapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan dan terarah, maka dibuatlah bagan alir penelitian sebagai pedoman pelaksanaan pada Gambar 2, sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Alir

### 2.3. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan adalah kuisioner. Kriteria yang akan dipilih untuk mengisi kuisioner yaitu:

1. Berusia  $\geq 15$  tahun.
2. Pernah menggunakan BTS Transpakuan koridor 5.

### 2.3. Populasi dan Sampel

Pengertian populasi yaitu keutuhan ojek penelitian yang memiliki karakteristik tertentu [10]. Dalam penelitian ini populasi yang dimaksud adalah pengguna BTS Transpakuan koridor 5. Berdasarkan wawancara bagian teknis lapangan BTS Transpakuan koridor 5, jumlah penumpang harian rata-rata pada koridor 5 mencapai 4.400 penumpang. Penulis membuat asumsi bahwa 1 orang melakukan perjalanan sebanyak 2 kali, maka jumlah penumpang harian rata-ratanya menjadi 2.200 orang.

Sampel didefinisikan sebagai bagian dari populasi dari mana data diambil secara langsung [11]. Jumlah sampel yang digunakan, yaitu [12]:

1. Sampel penelitian yang memadai diantara 30-500.
2. Jika sampel dibagi menjadi beberapa kelompok, maka tiap kelompok minimal 30.
3. Jika suatu penelitian menggunakan analisis multivariate, jumlah anggota sampel minimal 10 kali dari jumlah variabel yang diteliti.

Jumlah sampel pada penelitian deskriptif dapat diambil 10% dari populasi, untuk penelitian korelasi paling sedikit 30 elemen populasi, untuk penelitian perbandingan kausal 30 elemen perkelompok, sedangkan untuk penelitian eksperimen berjumlah 15 elemen perkelompok [13].

Karena penelitian ini menggunakan analisis deskriptif analitis, maka jumlah sampel yang akan digunakan sebanyak 10% dari populasi, yaitu  $10\% \times 2.200 = 220$  responden. Jumlah tersebut dikatakan cukup karena ada diantara 30-500 sampel.

#### 2.4. Metode Analisis

Penelitian ini menggunakan metode analisis ATP dan WTP. Analisis kemampuan membayar penumpang (*Ability to Pay*) adalah analisis menggunakan metode penyebaran kuisioner, untuk mengetahui berapa besar kemampuan penumpang untuk membayar tarif berdasarkan jumlah penghasilan dan biaya transportasi selama sebulan. Adapun rumus Ability to Pay, sebagai berikut:

$$ATP = \frac{I \times Pp \times Pt}{Tr} \quad (1)$$

Keterangan:

ATP : kemampuan membayar penumpang/*Ability to Pay*

I : Jumlah penghasilan per bulan

Pp : Persentase anggaran untuk transportasi perbulan

Pt : Persentase alokasi biaya transportasi yang digunakan

Tr : Frekuensi perjalanan (kali/bulan)

Analisis kesediaan membayar penumpang (*Willingness to Pay*) adalah analisis menggunakan metode penyebaran kuisioner, untuk mengetahui persepsi penumpang BTS Transpakuan terhadap kesesuaian tarif berdasarkan jumlah yang bersedia dikeluarkan untuk menggunakan jasa transportasi umum. Adapun rumus *Willingness to Pay*, sebagai berikut:

$$WTP = \frac{\sum_{i=1}^n w_i}{n} \quad (2)$$

Keterangan:

WTP: Rata-rata kesediaan membayar penumpang/rata-rata WTP

w : Nilai WTP ke-i

n : Jumlah Responden

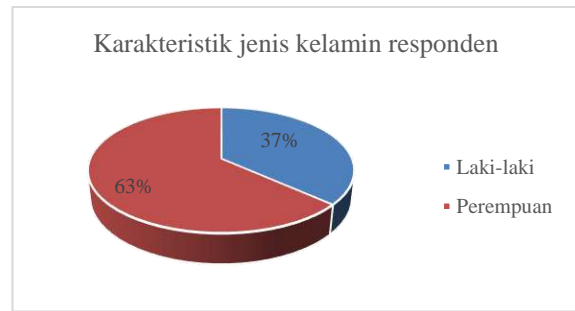
i : Responden ke-i yang bersedia membayar (i=1,2,3,...n)

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Analisis Karakteristik Pengguna BTS Transpakuan Koridor 5

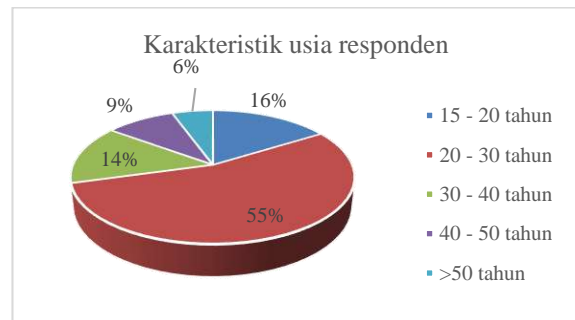
Hasil dari penelitian ini didapat karakteristik responden, yaitu kelompok jenis kelamin tertinggi adalah perempuan yaitu sebanyak 149 orang dari 235 responden atau sebesar 63%. Untuk melihat karakteristik jenis

kelamin penumpang BTS Transpakuan koridor 5 dapat dilihat pada diagram Gambar 3 di bawah ini.



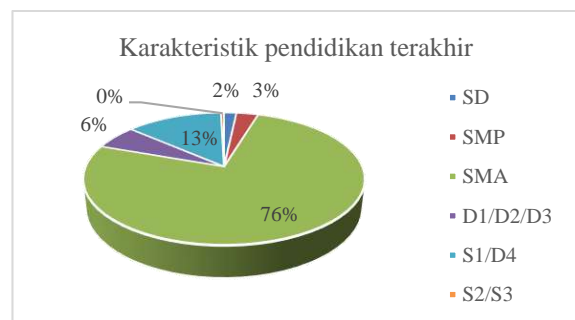
Gambar 3. Karakteristik jenis kelamin responden

Kelompok usia tertinggi adalah 20-30 tahun yaitu sebanyak 128 orang dari 235 responden atau sebesar 54%, dan kelompok terendah adalah >50 tahun yaitu sebanyak 13 orang dari 235 responden atau sebesar 6%. Untuk melihat karakteristik usia penumpang BTS Transpakuan koridor 5 dapat dilihat pada diagram Gambar 4 di bawah ini.



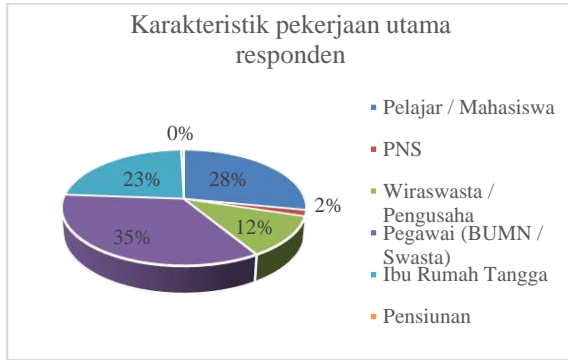
Gambar 4. Karakteristik usia responden

Karakteristik pendidikan terakhir responden tertinggi adalah SMA yaitu sebanyak 178 orang atau 76%. Untuk melihat karakteristik pendidikan terakhir penumpang BTS Transpakuan koridor 5 dapat dilihat pada diagram Gambar 5 di bawah ini.



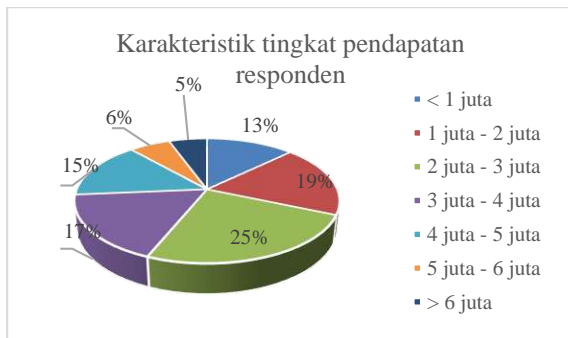
Gambar 5. Karakteristik Pendidikan responden

Karakteristik pekerjaan responden tertinggi adalah pegawai BUMN/swasta yaitu sebanyak 82 orang atau 35%. Untuk melihat karakteristik pekerjaan penumpang BTS Transpakuan koridor 5 dapat dilihat pada diagram Gambar 6 di bawah ini.



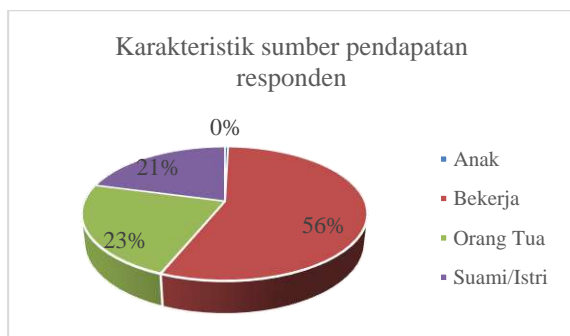
Gambar 6. Karakteristik pekerjaan utama responden

Karakteristik tingkat pendapatan tertinggi berada pada range Rp. 2.000.000 - Rp. 3.000.000 yaitu sebanyak 58 responden atau 25% dan pendapatan terendah berada pada range >Rp. 6.000.000 yaitu sebanyak 13 responden atau 6%. Untuk melihat karakteristik pendapatan penumpang BTS Transpakuan koridor 5 dapat dilihat pada diagram Gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Karakteristik pendapatan responden

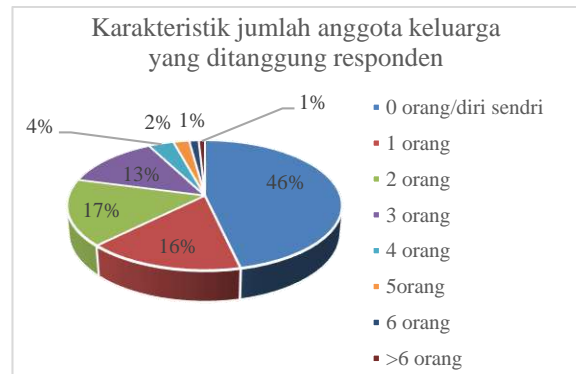
Sumber pendapatan tertinggi adalah bekerja yaitu sebanyak 131 orang atau 56% dan sumber pendapatan paling sedikit adalah anak yaitu sebanyak 1 orang atau 0%. Untuk melihat karakteristik sumber pendapatan penumpang BTS Transpakuan koridor 5 dapat dilihat pada diagram gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8. Karakteristik sumber pendapatan responden

Berdasarkan hasil survei diketahui bahwa jumlah anggota keluarga yang ditanggung terbanyak adalah 0 orang atau diri sendiri dengan persentase 46% dan jumlah anggota keluarga keluarga paling sedikit adalah 6 orang dan >6 orang yakni masing-masing sebesar 1%. Untuk melihat karakteristik jumlah anggota keluarga

yang ditanggung penumpang BTS Transpakuan koridor 5 dapat dilihat pada diagram Gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9. Karakteristik jumlah anggota keluarga yang ditanggung responden

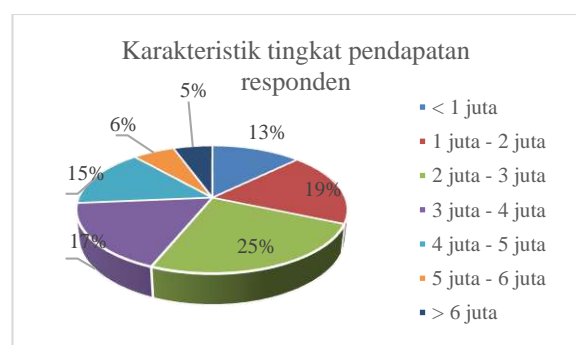
Informasi mengenai kepemilikan kendaraan bertujuan untuk mengetahui jumlah motor, mobil, dan sepeda yang dimiliki responden. Berdasarkan hasil survei diketahui bahwa jumlah mobil adalah 43 unit, jumlah sepeda motor yang dimiliki seluruh responden berjumlah 204 unit dan jumlah sepeda adalah 9 unit. Untuk melihat karakteristik kepemilikan kendaraan penumpang BTS Transpakuan koridor 5 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Kepemilikan Kendaraan Responden

Jenis Kendaraan	Jumlah kendaraan
Mobil	29
Sepeda motor	127
Sepeda	2

### 3.2. Analisis Ability to Pay Dan Willingness to Pay

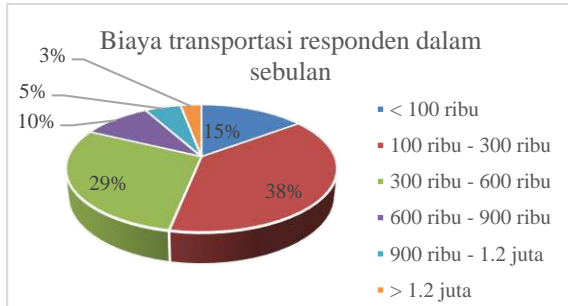
ATP dipengaruhi oleh tingkat pendapatan, persentase biaya transportasi, persentase biaya untuk angkutan dan frekuensi perjalanan responden. Sedangkan untuk mengetahui nilai WTP perlu melakukan 3 tahap analisis, yaitu persepsi tarif awal BTS Transpakuan koridor 5, persepsi terhadap perbaikan prioritas tingkat pelayanan BTS Transpakuan koridor 5 dan persepsi kemauan membayar penumpang setelah adanya perbaikan. Dari 235 responden, total pendapatan tertinggi berada pada range Rp. 2.000.000 - Rp. 3.000.000 yaitu sebanyak 58 responden atau 25% dan pendapatan terendah berada pada range >Rp. 6.000.000 yaitu sebanyak 13 responden atau 6%. Untuk lebih jelasnya mengenai pendapatan responden dapat dilihat pada Gambar 10 di bawah ini.



Gambar 10. Total pendapatan responden dalam sebulan

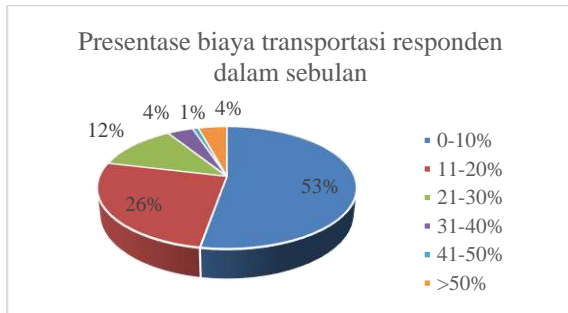


Berdasarkan hasil survei, dari 235 responden total biaya untuk transportasi tertinggi berada pada *range* Rp. 300.000 - Rp. 600.000 yaitu sebanyak 90 responden atau 38% dan pendapatan terendah berada pada *range* >Rp. 1.200.000 yaitu sebanyak 7 responden atau 3%. Untuk lebih jelasnya mengenai biaya untuk transportasi responden dapat dilihat pada diagram Gambar 11 di bawah ini.



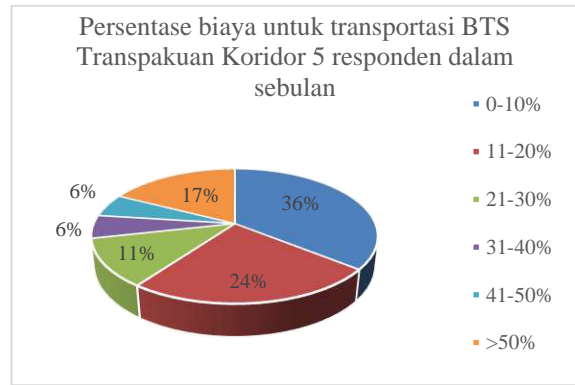
Gambar 11. Biaya transportasi responden dalam sebulan

Dari 235 responden persentase pengeluaran untuk biaya transportasi tertinggi berada pada *range* 0-10% yaitu sebanyak 124 responden atau 53%, sedangkan persentase pengeluaran untuk transportasi terendah berapa pada *range* 41-50% yaitu sebanyak 2 orang atau sebesar 1%. Untuk lebih jelasnya mengenai persentase biaya untuk transportasi responden dapat dilihat pada diagram Gambar 12 di bawah ini.



Gambar 12. Presentase biaya transportasi responden dalam sebulan

Persentase biaya transportasi untuk angkutan bertujuan untuk mengetahui seberapa besar total pendapatan yang berfungsi untuk biaya angkutan dalam hal ini adalah Berdasarkan hasil survei, dari 235 responden persentase tertinggi berada pada *range* 0-10% yaitu sebanyak 84 responden atau 36%, sedangkan persentase terendah berapa pada *range* 31-40% dan 31-40% yaitu masing-masing sebanyak 13 orang atau sebesar 6%. Untuk lebih jelasnya mengenai persentase biaya untuk transportasi BTS Transpakuan Koridor 5 responden dapat dilihat pada diagram Gambar 13 di bawah ini.



Gambar 13. Persentase biaya untuk transportasi BTS Transpakuan Koridor 5 responden dalam sebulan

Frekuensi perjalanan responden sebagai pengguna BTS Transpakuan koridor 5 memiliki rata-rata 4 kali perjalanan dalam seminggu, dengan total 235 responden. Adapun tujuan perjalanan responden yang beragam seperti sekolah/kuliah, bekerja, bisnis, rekreasi, dan kegiatan sosial lainnya. Untuk lebih jelasnya mengenai frekuensi perjalanan responden dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Frekuensi perjalanan responden

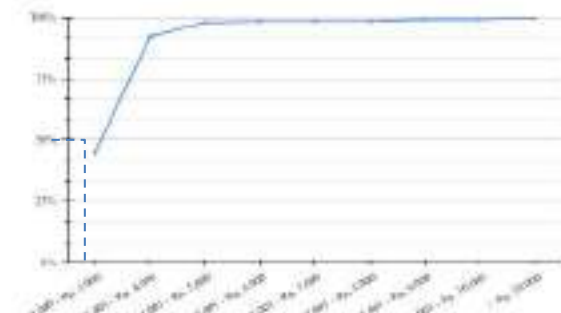
Frekuensi perjalanan	Total Perjalanan/ Minggu	Rata-rata Perjalanan/ Responden/minggu
Total Perjalanan	953 kali	4 kali

Nilai ATP pada penumpang BTS Transpakuan koridor 5 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai ATP penumpang BTS Transpakuan koridor 5

Ability To Pay	Tarif
Nilai ATP	Rp3.562

Hasil analisis dari 235 responden, rata-rata nilai ATP sebesar Rp. 3.562 dengan *range* Rp. 2.000 - Rp. 15.000. Berikut adalah gambaran melalui grafik Gambar 14 frekuensi kumulatif tingkat kemampuan membayar (ATP) penumpang BTS Transpakuan koridor 5.



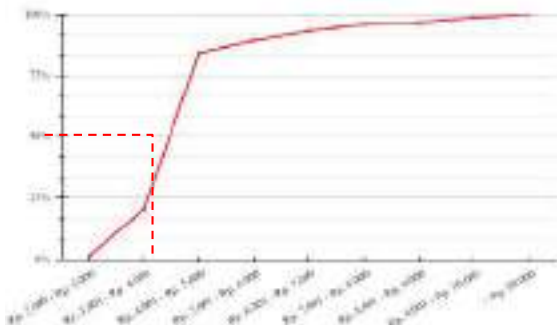
Gambar 14. Frekuensi kumulatif ATP

Nilai WTP pada penumpang BTS Transpakuan koridor 5 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai ATP penumpang BTS Transpakuan koridor 5

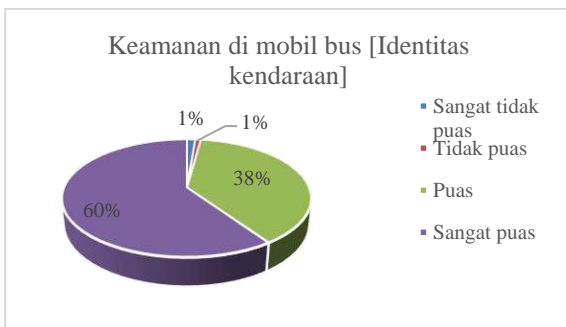
Willingness To Pay	Tarif
Nilai ATP	Rp4.620

Hasil analisis dari 235 responden, rata-rata nilai WTP sebesar Rp. 4.620 dengan *range* Rp. 2.000 - Rp. 20.000. Berikut adalah gambaran melalui grafik Gambar 15 frekuensi kumulatif tingkat keinginan membayar (WTP) penumpang BTS Transpakuan koridor 5. Seperti hal penelitian sebelumnya di Koridor 1 yang dilalui BTS Transpakuan memiliki tarif nilai ATP sebesar Rp 3.920 dan nilai WTP sebesar Rp 4.155. Hal ini memungkinkan terjadi bagi pengguna yang mempunyai penghasilan relatif rendah tetapi utilitas terhadap jasa tersebut sangat tinggi, sehingga keinginan pengguna untuk membayar jasa tersebut cenderung lebih dipengaruhi oleh utilitas [15]. Termasuk studi kasus di koridor 6 memiliki nilai ATP lebih besar Rp. 4180,00 dari pada Rp. 4.000,00 [16].



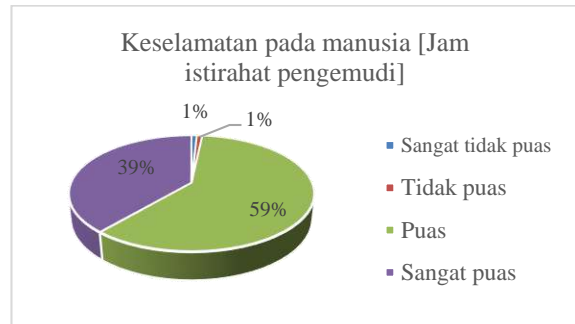
Gambar 15. Frekuensi kumulatif ATP

Berdasarkan analisis didapat tiga kategori yang memiliki tingkat kepuasan tertinggi, yaitu keamanan di mobil bus [identitas kendaraan], keselamatan pada manusia [jam istirahat pengemudi], dan keteraturan [informasi halte yang akan dilewati]. Urutan pertama tingkat kepuasan yaitu tingkat kepuasan keamanan di mobil bus [identitas kendaraan] menunjukkan bahwa 60% responden merasa sangat puas dan 1% lainnya merasa sangat tidak puas. Untuk lebih jelasnya mengenai persentase tingkat kepuasan keamanan di mobil bus [identitas kendaraan] dapat dilihat pada grafik Gambar 16 di bawah ini.



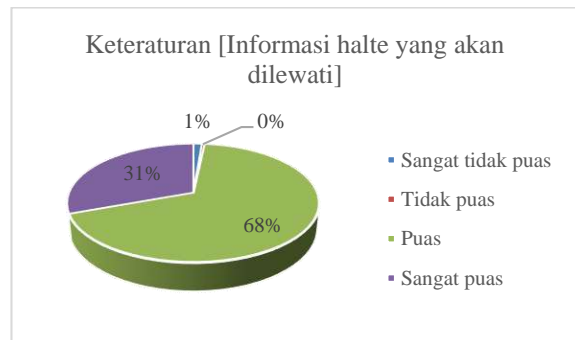
Gambar 16. Keamanan di mobil bus [identitas kendaraan]

Urutan kedua yaitu tingkat kepuasan keselamatan pada manusia [jam istirahat pengemudi]. Hasil menunjukkan bahwa 39% responden merasa sangat puas dan 1% lainnya merasa sangat tidak puas. Untuk lebih jelasnya mengenai persentase tingkat kepuasan keselamatan pada manusia [jam istirahat pengemudi] dapat dilihat pada grafik Gambar 17 di bawah ini.



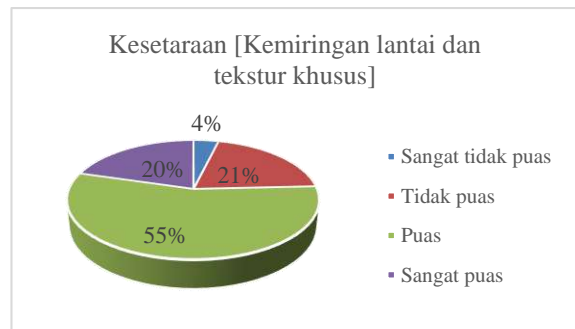
Gambar 17. Keselamatan pada manusia [jam istirahat pengemudi]

Urutan ketiga, yaitu tingkat kepuasan keteraturan [akses keluar masuk halte], selanjutnya perlu mengetahui tingkat kepuasan keteraturan [informasi halte yang akan dilewati]. Hasil menunjukkan bahwa 31% responden merasa sangat puas dan 1% lainnya merasa sangat tidak puas. Untuk lebih jelasnya mengenai persentase tingkat kepuasan keteraturan [informasi halte yang akan dilewati] dapat dilihat pada grafik Gambar 18 di bawah ini.



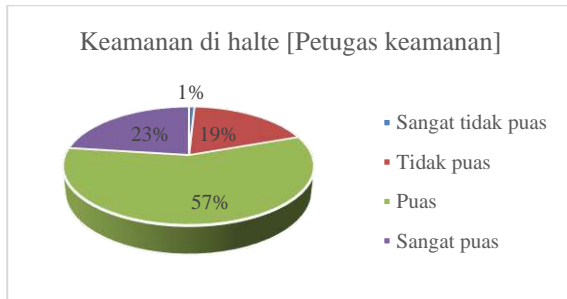
Gambar 18. Keteraturan [informasi halte yang akan dilewati]

Serta didapat tiga kategori yang memiliki tingkat kepuasan terendah, yaitu kesetaraan [kemiringan lantai dan tekstur khusus], keamanan di halte [petugas keamanan], dan keteraturan [waktu tunggu]. Urutan pertama, yaitu tingkat kepuasan kesetaraan [kemiringan lantai dan tekstur khusus]. Hasil menunjukkan bahwa 20% responden merasa sangat puas dan 4% lainnya merasa sangat tidak puas. Untuk lebih jelasnya mengenai persentase tingkat kepuasan kesetaraan [kemiringan lantai dan tekstur khusus] dapat dilihat pada grafik Gambar 19 di bawah ini.



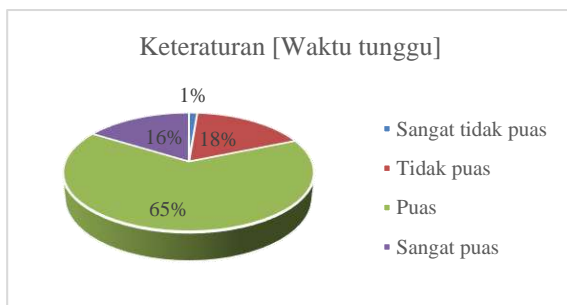
Gambar 19. Kesetaraan [kemiringan lantai dan tekstur khusus]

Urutan kedua, yaitu tingkat kepuasan keamanan di halte [petugas keamanan]. Hasil menunjukkan bahwa 23% responden merasa sangat puas dan 1% lainnya merasa sangat tidak puas. Untuk lebih jelasnya mengenai persentase tingkat kepuasan keamanan di halte [petugas keamanan] dapat dilihat pada grafik Gambar 20 di bawah ini.



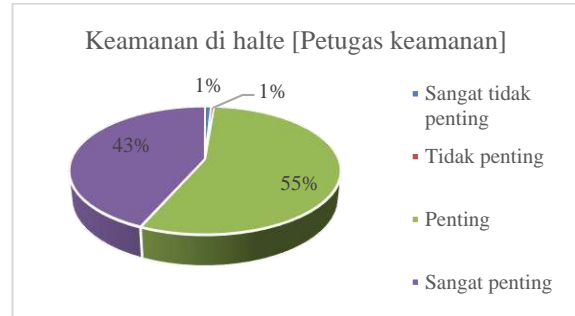
Gambar 20. Keamanan di halte [petugas keamanan]

Urutan ketiga, yaitu tingkat kepuasan keteraturan. Hasil kuisioner memperlihatkan bahwa tingkat kepuasan keteraturan [waktu tunggu] menunjukkan bahwa 16% responden merasa sangat puas dan 1% lainnya merasa sangat tidak puas. Untuk lebih jelasnya mengenai persentase tingkat kepuasan keteraturan [waktu tunggu] dapat dilihat pada grafik Gambar 21 di bawah ini.



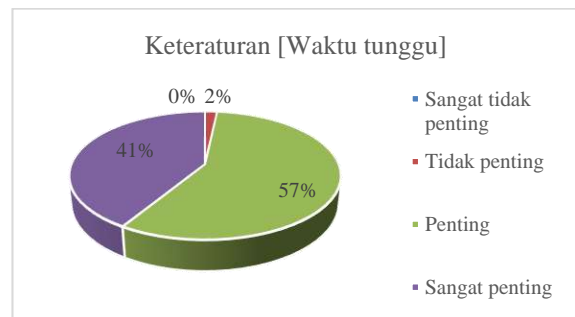
Gambar 21. Keteraturan [waktu tunggu]

Berdasarkan analisis juga didapat prioritas perbaikan untuk meningkatkan kepuasan pengguna terhadap layanan BTS Transpakuan koridor 5 yang didapat dari hubungan tingkat kepuasan dan tingkat kepentingan menurut 235 responden, yaitu prioritas tertinggi adalah keamanan di halte [petugas keamanan], keteraturan [waktu tunggu], kesetaraan [kemiringan lantai dan tekstur khusus]. Urutan pertama, yaitu tingkat kepentingan keamanan di mobil bus [petugas keamanan]. Hasil menunjukkan bahwa 43% responden merasa sangat penting dan 0% lainnya merasa sangat tidak penting. Untuk lebih jelasnya mengenai persentase tingkat kepentingan keamanan di mobil bus [petugas keamanan] dapat dilihat pada grafik Gambar 22 di bawah ini.



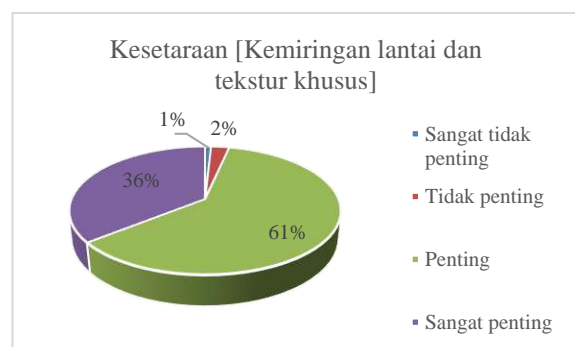
Gambar 22. Keamanan di halte [petugas keamanan]

Urutan kedua, yaitu tingkat kepentingan keteraturan [waktu tunggu] menunjukkan bahwa 41% responden merasa sangat penting dan 0% lainnya merasa sangat tidak penting. Untuk lebih jelasnya mengenai persentase tingkat kepentingan keteraturan [waktu tunggu] dapat dilihat pada grafik Gambar 23 di bawah ini.



Gambar 23. Keteraturan [waktu tunggu]

Urutan ketiga, yaitu tingkat kepentingan kesetaraan [kemiringan lantai dan tekstur khusus]. Hasil menunjukkan bahwa 36% responden merasa sangat penting dan 1% lainnya merasa sangat tidak penting. Untuk lebih jelasnya mengenai persentase tingkat kepentingan kesetaraan [kemiringan lantai dan tekstur khusus] dapat dilihat pada grafik Gambar 24 di bawah ini.



Gambar 24. Kesetaraan [kemiringan lantai dan tekstur khusus]

Prioritas perbaikan tersebut sesuai dengan keadaan pelayanan yang ada, yaitu tidak terdapat petugas dan CCTV untuk menunjang keamanan di halte serta tidak adanya vasilitas disabilitas di area halte seperti kemiringan lantai dan tekstur khusus, seperti terlihat pada Gambar 25 s.d Gambar 27.



Gambar 25. Halte Villa Bogor Indah 2-1



Gambar 26. Halte Villa Bogor Indah 2-1 bagian kanan tanpa CCTV



Gambar 27. Halte Villa Bogor Indah 2-1 bagian kiri tanpa CCTV

Untuk prioritas kedua yaitu Keteraturan [waktu tunggu] dipengaruhi dari kondisi lalu lintas, karena BTS Transpakuan tidak memiliki jalur khusus. Maka kondisi lalu lintas sangat berpengaruh untuk waktu tunggu penumpang. Berikut adalah evaluasi kinerja jaringan jalan dan simpang wilayah Kota Bogor yang dikeluarkan oleh DISHUB. Ruas jalan yang dilalui oleh BTS Transpakuan koridor 5 memiliki kapasitas terbanyak yaitu di Jl. Pemuda 2 sebesar 6336.00 smp/jam dan kapasitas terendah yaitu di Jl. Raya Pemda Kedunghalang dan Jl. Re. Martadinata sebesar 1553.82 smp/jam. Untuk lebih jelasnya mengenai kapasitas ruas jalan yang dilalui oleh BTS Transpakuan koridor 5 dapat dilihat pada Tabel 5 [14].

Tabel 5. Kapasitas Ruas Jalan

Nama Jalan	Node Awal	Node Akhir	Jenis Jalan	Kapasitas (smp/jam)
Jl. Raya Pemda Kedunghalang	Keradenan (Batas Kota)	Simp. Talang	2/2 UD	1553.82
	Simp. Talang	Keradenan (Batas Kota)		1553.82
Jl. Raya K. S. Tubun 2	Simp. Talang	Simp. Narkoba (BORR)	4/2 D	2511.6

Nama Jalan	Node Awal	Node Akhir	Jenis Jalan	Kapasitas (smp/jam)	
				Keja	Libur
Jl. Raya K. S. Tubun 1	Simp. Narkoba (BORR)	Simp. Talang	4/2 D	2622.00	
	Simp. Narkoba (BORR)	Simp. Warung Jambu		3009.6	
	Simp. Warung Jambu	Simp. Narkoba (BORR)		3009.60	
Jl. A. Yani 2	Simp. Warung Jambu	Simp. Dadali-A. Yani	4/2 D	3072.96	
Jl. A. Yani 1	Simp. Dadali-A. Yani	Simp. Air Mancur	2/1	3350.16	
Jl. Re. Martadinata	Simp. Air Mancur	Simp. Manunggal Cimanggu	TL 2/2 UD	1553.82	
Jl. Merdeka	Simp. Dr. Semeru - Tentara Pelajar	Simp. Merah	Jembatan 2/1	3036.00	
Jl. MA. Salmun	Simp. Jl. Merdeka - MA. Salmun	Simp. MA. Dewi Sartika	2/1	2838.00	
Jl. Mayor Oking	Simp. Mayor Oking (MA Salmun)	Simp. Mayor Oking (Kapt. Muslihat)	2/1	2951.52	
Jl. Kapten Muslihat 1	Simp. LP Paledang	Simp. Djuanda (SMA 1)	4/2 D	3009.60	
Jl. Ir. H. Djuanda 3	Simp. SMA 1	Simp. Denpom	4/1 UD	5955.84	
Jl. Jend. Sudirman 1	Simp. Denpom	Simp. Pengadilan (RS Salak)	4/2 UD	3055.50	
Jl. Jend. Sudirman 2	Simp. Pengadilan (RS Salak)	Simp. Sawojajar	4/2 UD	3055.50	
Jl. Jend. Sudirman 3	Simp. Sawojajar	Simp. Air Mancur	4/2 UD	3055.50	
Jl. Pemuda 1	Simp. Air Mancur	Simp. Ps. Hewan	2/1 3	3041.28	
Jl. Pemuda 2	Simp. Ps. Hewan	Simp. Sebidang KA. Kebon Pedes	4/1	6336.00	
2 Jl. Dadali	Simp. Sebidang KA. Kebon Pedes	Simp. Dadali-A. Yani	2/1	3294.72	
Jl. KH. Sholeh Iskandar 1	Underpass	Simp. Narkoba (BORR)	4/2 D	3201.00	
	Simp. Narkoba (BORR)	Underpass		3201.00	

Lalu lintas yang dilalui oleh BTS Transpakuan koridor 5 memiliki volume terbesar yaitu di Jl. Ir. H. Djuanda pada hari libur sebesar 3286.94 smp/jam dan kapasitas terendah yaitu di Jl. Raya Pemda Kedunghalang dan Jl. Mayor Oking pada hari kerja sebesar 464.82 smp/jam. Untuk lebih jelasnya mengenai volume lalu lintas yang dilalui oleh BTS Transpakuan koridor 5 dapat dilihat pada Tabel 6 [14].

Tabel 6. Volume Lalu Lintas

Nama Jalan	Node Awal	Node Akhir	Jenis Jalan	Volume	
				Keja (smp/jam)	Libur (smp/jam)
Jl. Raya Pemda Kedunghalang	Keradenan (Batas Kota)	Simp. Talang	2/2 UD	821.82	784.73
	Simp. Talang	Keradenan (Batas Kota)		933.30	804.09
Jl. Raya K. S. Tubun 2	Simp. Talang	Simp. Narkoba (BORR)	4/2 D	1397.43	1503.08



Nama Jalan	Node Awal	Node Akhir	Jenis Jalan	Volume	
				Keja (smp/jam)	Libur (smp/jam)
	Simp. Narkoba (BORR)	Simp. Talang		1488.89	1203.78
Jl. Raya K. S. Tubun 1	Simp. Narkoba (BORR)	Simp. Warung Jambu	4/2 D	1195.96	1107.73
	Simp. Warung Jambu	Simp. Narkoba (BORR)		1509.03	1132.48
Jl. A. Yani 2	Simp. Warung Jambu	Simp. Dadali-A. Yani	4/2 D	2013.81	1983.99
Jl. A. Yani 1	Simp. Dadali-A. Yani	Simp. Air Mancur	2/1	1628.67	1493.54
Jl. Re. Martadinata	Simp. Air Mancur	Simp. TL Manunggal Cimanggu	2/2 UD	710.71	700.46
Jl. Merdeka	Simp. Dr. Semeru - Tentara Pelajar	Simp. Jembatan Merah	2/1	2595.03	2286.15
Jl. MA. Salmun	Simp. Jl. Merdeka - MA. Salmun	Simp. MA. Salmun - Dewi Sartika	2/1	920.78	1850.48
Jl. Mayor Oking	Simp. Mayor Oking (MA Salmun)	Simp. Mayor Oking (Kapt. Muslihat)	2/1	464.82	502.73
Jl. Kapten Muslihat 1	Simp. LP Paledang	Simp. Djuanda (SMA 1)	4/2 D	1850.27	1495.85
Jl. Ir. H. Djuanda 3	Simp. SMA 1	Simp. Denpom	4/1 UD	3263.48	3286.94
Jl. Jend. Sudirman 1	Simp. Denpom	Simp. Pengadilan (RS Salak)	4/2 UD	1482.63	1392.61
Jl. Jend. Sudirman 2	Simp. Pengadilan (RS Salak)	Simp. Sawojajar	4/2 UD	1593.73	1393.51
Jl. Jend. Sudirman 3	Simp. Sawojajar	Simp. Air Mancur	4/2 UD	1292.46	1206.77
Jl. Pemuda 1	Simp. Air Mancur	Simp. Ps. Hewan	2/1 3	1538.66	1437.76
Jl. Pemuda 2	Simp. Ps. Hewan	Simp. Sebidang KA. Kebon Pedes	4/1	2294.93	2102.67
2 Jl. Dadali	Simp. Sebidang KA. Kebon Pedes	Simp. Dadali-A. Yani	2/1	1573.55	1493.44
Jl. KH. Sholeh Iskandar 1	Underpass	Simp. Narkoba (BORR)	4/2 D	1639.60	1631.49
	Simp. Narkoba (BORR)	Underpass		1484.12	1684.60

Untuk mengetahui apakah kapasitas jalan yang dilalui cukup untuk volume lalu lintas yang ada, maka perlunya perbandingan *V/C ratio*. *V/C ratio* terbesar berada di Jl. Merdeka yaitu sebesar 0.85 pada hari kerja dan *V/C ratio* terkecil berada di Jl. Mayor Oking yaitu sebesar 0.16 pada hari kerja. Maka diketahui bahwa telah terjadi kepadatan di Jl. Merdeka pada hari kerja karena nilai *V/C ratio* telah mencapai >0.8. Untuk lebih jelasnya

mengenai *V/C ratio* pada jalan yang dilalui oleh BTS Transpakuan koridor 5 dapat dilihat pada Tabel 7 [14].

Tabel 7. *V/C ratio*

Nama Jalan	Node Awal	Node Akhir	Jenis Jalan	V/C Ratio	
				Kerja	Libur
Jl. Raya Pemda Kedunghalang	Keradenan (Batas Kota)	Simp. Talang	2/2 UD	0.53	0.51
	Simp. Talang	Keradenan (Batas Kota)		0.60	0.52
Jl. Raya K. S. Tubun 2	Simp. Talang	Simp. Narkoba (BORR)	4/2 D	0.56	0.60
	Simp. Narkoba (BORR)	Simp. Talang		0.57	0.46
Jl. Raya K. S. Tubun 1	Simp. Narkoba (BORR)	Simp. Warung Jambu	4/2 D	0.4	0.37
	Simp. Warung Jambu	Simp. Narkoba (BORR)		0.50	0.38
Jl. A. Yani 2	Simp. Warung Jambu	Simp. Dadali-A. Yani	4/2 D	0.66	0.65
Jl. A. Yani 1	Simp. Dadali-A. Yani	Simp. Air Mancur	2/1	0.49	0.45
Jl. Re. Martadinata	Simp. Air Mancur	Simp. TL Manunggal Cimanggu	2/2 UD	0.45	0.44
Jl. Merdeka	Simp. Dr. Semeru - Tentara Pelajar	Simp. Jembatan Merah	2/1	0.85	0.75
Jl. MA. Salmun	Simp. Jl. Merdeka - MA. Salmun	Simp. MA. Salmun - Dewi Sartika	2/1	0.32	0.65
Jl. Mayor Oking	Simp. Mayor Oking (MA Salmun)	Simp. Mayor Oking (Kapt. Muslihat)	2/1	0.16	0.17
Jl. Kapten Muslihat 1	Simp. LP Paledang	Simp. Djuanda (SMA 1)	4/2 D	0.61	0.50
Jl. Ir. H. Djuanda 3	Simp. SMA 1	Simp. Denpom	4/1 UD	0.55	0.55
Jl. Jend. Sudirman 1	Simp. Denpom	Simp. Pengadilan (RS Salak)	4/2 UD	0.49	0.46
Jl. Jend. Sudirman 2	Simp. Pengadilan (RS Salak)	Simp. Sawojajar	4/2 UD	0.52	0.46
Jl. Jend. Sudirman 3	Simp. Sawojajar	Simp. Air Mancur	4/2 UD	0.42	0.39
Jl. Pemuda 1	Simp. Air Mancur	Simp. Ps. Hewan	2/1 3	0.51	0.47
Jl. Pemuda 2	Simp. Ps. Hewan	Simp. Sebidang KA. Kebon Pedes	4/1	0.36	0.33
2 Jl. Dadali	Simp. Sebidang KA. Kebon Pedes	Simp. Dadali-A. Yani	2/1	0.48	0.45
Jl. KH. Sholeh Iskandar 1	Underpass	Simp. Narkoba (BORR)	4/2 D	0.51	0.51
	Simp. Narkoba (BORR)	Underpass		0.46	0.53

Berdasarkan evaluasi kinerja jaringan jalan dan simpangan wilayah Kota Bogor tersebut dapat diketahui bahwa ada salah satu ruas jalan yang dilalui BTS Transpakuan koridor 5 terdapat kepadatan jalan yaitu Jl. Merdeka, dengan node awal Simp. Dr. Semeru – Simp. Tentara Pelajar dan node akhir Simp. Jembatan Merah. Hal tersebut diakibatkan oleh adanya pasar di Jl. Merdeka.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan maka diperoleh kesimpulan, mayoritas pengguna adalah Perempuan dengan usia 20-30 tahun yang memiliki Pendidikan terakhir SMA. Mayoritas adalah seorang pegawai (BUMN/swasta) dengan tingkat pendapatan sebesar 2 juta – 3 juta dan pendapatan tersebut digunakan untuk dirinya sendiri. Diketahui juga bahwa dari 235 responden tersebut telah terjadi perpindahan dari pengguna kendaraan pribadi menjadi pengguna transportasi umum massal sebanyak 43 unit mobil, 204 unit sepeda motor, dan 9 unit sepeda. Tarif BTS Transpakuan koridor 5 untuk satu kali perjalanan berdasarkan fasilitas saat ini adalah Rp. 3.562, jika fasilitas ditingkatkan berdasarkan prioritas menurut pengguna maka tarif meningkat sebesar Rp. 1.508 menjadi Rp. 4.620 untuk satu kali perjalanan. Kemampuan membayar pengguna lebih rendah Maka didapat kesimpulan bahwa kemampuan membayar pengguna lebih rendah dibandingkan dengan keinginan membayar pengguna dan jika fasilitas ditingkatkan maka pengguna bersedia membayar lebih.

#### Daftar Rujukan

- [1] Badan Pengelola Transportasi Jabodetabek, "BISKITA TRANS PAKUAN RESMI BEROPERASI," 2 November 2021. [Online]. Available: <https://bptj.dephub.go.id/post/read/biskita-trans-pakuan-resmi-beroperasi-di-kota-bogor?language=en>.
- [2] Tribunnews Bogor, "Harga BBM Naik, Masyarakat Kota Bogor Serbu Biskita Transpakuan, Load Factor Sampai Naik Drastis," 15 September 2022. [Online]. Available: <https://bogor.tribunnews.com/2022/09/15/harga-bbm-naik-masyarakat-kota-bogor-serbu-biskita-transpakuan-load-factor-sampai-naik-drastis>.
- [3] Badan Pengelola Transportasi Jabodetabek, "Pentingnya Integrasi Moda dalam Sistem Transportasi Jabodetabek," 18 Januari 2021. [Online]. Available: <https://bptj.dephub.go.id/post/read/pentingnya-integrasi-moda-dalam-sistem-transportasi-jabodetabek>.
- [4] R. Anggraini, S. I. Caesarina, M. Ahlan, D. Rahmani dan E. Jalil, "Kajian Penentuan Tarif Bus Trans Koetaradja berdasarkan Ability to Pay (ATP) dan Willingness to Pay (WTP)," *Media Komunikasi Teknik Sipil*, pp. Vol. 25, No. 1. Halaman 81-89, 2019.
- [5] D. R. Saputri, "Kajian Tarif yang Ideal untuk Sistem Angkutan Umum Massal Trans Metro Pekanbaru," Fakultas Teknik Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Islam Riau, Pekanbaru, 2019.
- [6] A. D. Susanto, B. Yulianto and A. M. H. Mahmudah, "Analisis Potensi Demand, Ability to Pay (ATP) dan Willingness to Pay (WTP) BST Koridor 1 dengan Adanya Sistem Contra Flow di Jalan Brigjen Slamet Riyadi Pada Pertokoan," *Matriks Teknik Sipil*, pp. Vol. 5, No. 1. Halaman 75-82, 2017.
- [7] E. Zohra, R. S. Suyono and S. N. Kadarini, "Analisis Ability To Pay (ATP) dan Willingness To Pay (WTP) untuk Penentuan Tarif Pada Perencana Angkutan Umum BRT di Kota Pontianak," *JeLAST : Jurnal PKW, Laut, Sipil, Tambang*, pp. Vol. 5, No. 3. Halaman 1-8, 2018.
- [8] R. E. F. Nasution and E. U. Hasanah, "Kinerja Teknis dan Analisis ATP WTP Angkutan Trans Jogja," *Publikasi Ilmiah UMS*, pp. Halaman 91-98, 2016.
- [9] Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*, Bandung: Alfabeta, 2014.
- [10] S. N. Hanyah, "Pengaruh Current Ratio dan Debt to Equity Ratio Terhadap Nilai Perusahaan: Studi pada Perusahaan Telekomunikasi yang Terdaftar di Bursa Efek Indonesia periode 2011-2016.," Thesis Jurusan Manajemen Fakultas Sosial dan Ilmu Politik, UIN Sunan Gunung Djati, Bandung, 2017.
- [11] R. Handayani, *Metodologi Penelitian Sosial*, Yogyakarta: Trussmedia Grafika, 2020.
- [12] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*, Bandung: Alfabeta, 2017, p. 91.
- [13] Firdaus, *Metode Penelitian Kuantitatif*, Riau: DOTPLUS Publisher, 2021.
- [14] Dinas Perhubungan Kota Bogor, "Evaluasi Kinerja Jaringan Jalan dan Simpang Wilayah Kota Bogor," Dinas Perhubungan Kota Bogor, Kota Bogor, 2022.
- [15] Adani, A. K., Murtejo, T., & Chayati, N. Studi Penentuan Tarif untuk Buy the Service Trans Pakuan Koridor 1 dengan Metode Ability to Pay dan Willingness to Pay. *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology*, 5(1), 07-14, 2024. <https://doi.org/10.52158/jaceit.v5i1.567>
- [16] Ardila, F. A. A. D., Murtedjo, T., & Chayati, N. Studi Penentuan Tarif Buy the Service Transpakuan Koridor 6 Metode Ability to Pay dan Willingness to Pay. *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology*, 4(2), 19-27, 2023. <https://doi.org/10.52158/jaceit.v4i2.555>



## Distribusi Kebutuhan Air Bersih Untuk Pasien COVID-19 Melalui Simulasi Epanet di RSUD Genteng Banyuwangi

Iqbal Wahyudin<sup>1</sup>, Zulis Erwanto<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi

<sup>1</sup>iqbalwahyudin479@gmail, <sup>2</sup>zulis.erwanto@poliwangi.ac.id\*

### Abstract

Regional general hospital of genteng is a public health service, due to the increase in Covid-19 patients in 2020, the function of Class 1 and Isolation Building was carried out. The capacity of the two buildings is 92 people, it is necessary to ensure that water distribution is met. This study aims to simulate the distribution of clean water in Class 1 and Isolation Building of Genteng Hospital using Epanet 2.0. Determination of the number of users of Class 1 and Isolation Building using Least Square and Geometric projection methods for 9 months. Then a water distribution simulation was carried out using the Epanet 2.0 program. Simulation of 100% service water distribution resulted in a discharge requirement of 0.347 l/s in Class 1 Building with 3/4" pipe diameter, with an average velocity of 0.55 m/s, an average headloss unit of 32.52 m/km. Simulation of water distribution for the 100% service isolation building requires a discharge of 0.406 l/s with an average velocity of 0.50 m/s, an average headloss unit of 24.84 m/km. Adding 90 users, then the service becomes 125% adding 1 bathroom unit on the 2nd floor, it takes a water discharge of 0.623 l/s, with an average velocity of 0.73 m/s, an average headloss unit of 51.02 m/km.

*Keywords:* Covid-19, Clean Water Distribution, Epanet 2.0, Pipeline Network, Water Needs.

### Abstrak

RSUD Genteng merupakan pelayanan kesehatan masyarakat, dikarenakan meningkatnya pasien Covid-19 di tahun 2020, maka dilakukannya peralihan fungsi Gedung Kelas 1 dan Isolasi. Kapasitas kedua gedung 92 jiwa, perlu dipastikan distribusi air terpenuhi. Penelitian ini bertujuan untuk mensimulasi distribusi air bersih pada bangunan Gedung Kelas 1 dan Isolasi RSUD Genteng menggunakan Epanet 2.0. Penentuan jumlah pengguna Gedung Kelas 1 dan Isolasi menggunakan metode proyeksi *Least Square* dan *Geometrik* selama 9 bulan. Kemudian dilakukan simulasi distribusi air menggunakan program Epanet 2.0. Simulasi distribusi air pelayanan 100% dihasilkan kebutuhan debit 0,347 l/s pada Gedung Kelas 1 berdiameter pipa 3/4", dengan *velocity* rata-rata 0,55 m/s, unit *headloss* rata-rata 32,52 m/km. Simulasi distribusi air Gedung Isolasi pelayanan 100% dibutuhkan debit 0,406 l/s dengan *velocity* rata-rata 0,50 m/s, unit *headloss* rata-rata 24,84 m/km. Penambahan pengguna 90 jiwa, maka pelayanan menjadi 125% menambahkan 1 unit kamar mandi dilantai 2, dibutuhkan debit air sebesar 0,623 l/s, dengan *velocity* rata-rata 0,73 m/s, unit *headloss* rata-rata 51,02 m/km.

Kata kunci: Covid-19, Distribusi Air Bersih, Epanet 2.0, Jaringan Pipa, Kebutuhan Air.

Diterima Redaksi : 2024-03-28 | Selesai Revisi : 2024-05-29 | Diterbitkan Online : 2024-09-01

### 1. Pendahuluan

Rumah sakit merupakan institusi kesehatan dengan bidang preventif (pencegahan), kuratif (pengobatan), rehabilitatif maupun promotif. jenis limbah yang ditimbulkan oleh kegiatan tersebut limbah padat, cair, gas dan radioaktif yang dapat membahayakan bagi kesehatan dan lingkungan [1].

Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Genteng pada 30 Oktober 2020, membuat kebijakan peralihan fungsi gedung yang awal mulanya gedung aula menjadi gedung isolasi Rumah Sakit dan gedung kelas 1 Rumah Sakit. Peralihan fungsi gedung mengakibatkan bertambahnya kebutuhan air, sehingga diperlukan penambahan sumber

air untuk memenuhi kebutuhan air untuk melayani pengguna pada gedung tersebut. Perlu adanya simulasi kebutuhan air bersih di setiap rumah sakit pada umumnya untuk memprediksi melonjaknya penderita COVID-19.

*Software* Epanet 2.0 digunakan untuk mensimulasikan air mengalir didalam pipa, sehingga lebih mudah untuk mengetahui perilaku dan distribusi air bersih. Selain itu, juga bisa digunakan sebagai model untuk pembuatan desain, kalibrasi model hidrolis, analisa sisa khlor, dan analisa pelanggan [2]. Penelitian terdahulu terkait studi simulasi distribusi dan kebutuhan air dengan EPANET 2.0 antara lain [3], [4], [5], [6] dan [7]. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil simulasi distribusi



kebutuhan air bersih untuk pasien COVID-19 dengan EPANET di RSUD Genteng.

Simulasi distribusi air bersih berupa kecepatan aliran (*velocity*), tekanan aliran air (*pressure*) dan debit air. Hasil tersebut diharapkan dapat dijadikan pertimbangan pihak RSUD Genteng saat melakukan perencanaan pembangunan instalasi pipa air bersih. Selain itu dapat membantu pendistribusian kebutuhan air bersih secara optimal kepada pasien COVID-19.

## 2. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan dibangunan Rumah Sakit yang berada Jl. Hasanudin, Dusun Krajan, Genteng Wetan, Genteng, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur dapat dilihat pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Lokasi Studi

Rumah Sakit Umum Daerah Genteng semula adalah Rawat Inap dari Puskesmas Genteng Kulon. Pada tahun 1984 ditingkatkan menjadi Rumah Sakit kelas C Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No: 168 / MENKES / II / 1994 tanggal 3 Maret 1994. Ditetapkan sebagai Badan Layanan Umum Daerah (BLUD) penuh Keputusan Bupati No: 188/1561/KEP/429.011/2011 tanggal 30 Desember 2011. RSUD Genteng memiliki 20 gedung yang berada dalam kawasan tersebut. Karena ada perubahan fungsi gedung akibat penempatan pasien covid-19, maka hanya 2 gedung yang dipakai demi keselamatan. Gedung yang dipakai adalah Gedung Kelas 1 dan Isolasi yang dapat dilihat pada **Gambar 2-3**.



**Gambar 2.** Gedung Kelas 1



**Gambar 3.** Gedung Isolasi

## 3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan data hasil survei pembangunan sanitasi air yang berupa elevasi pipa dan tangki. Selain data tersebut, pengumpulan data seperti denah instalasi air bersih dan denah Gedung Kelas 1 dan Isolasi RSUD Genteng juga perlu dilakukan agar simulasi sesuai dengan kondisi aktual. Untuk mempermudah simulasi, dibutuhkan data proyeksi pengguna Gedung Kelas 1 dan Isolasi yang didasari oleh proyeksi kebutuhan pasien Covid-19 di RSUD Genteng. Setelah diketahui hasil proyeksi pengguna, maka dilakukan perhitungan kebutuhan air, debit dan kecepatan aliran air.

Hasil dari perhitungan manual dan hasil simulasi perlu dilakukan sebuah validasi data. Validasi data tersebut menggunakan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). MAPE digunakan untuk mengukur ketepatan nilai dugaan model yang dinyatakan dalam bentuk rata-rata persentase absolut kesalahan dan lebih banyak digunakan untuk perbandingan pada data-data yang mempunyai skala interval waktu berbeda [8].

$$MAPE = \left( \frac{1}{n} \sum \frac{|A - \bar{S}|}{|A|} \right) \times 100\% \quad (1)$$

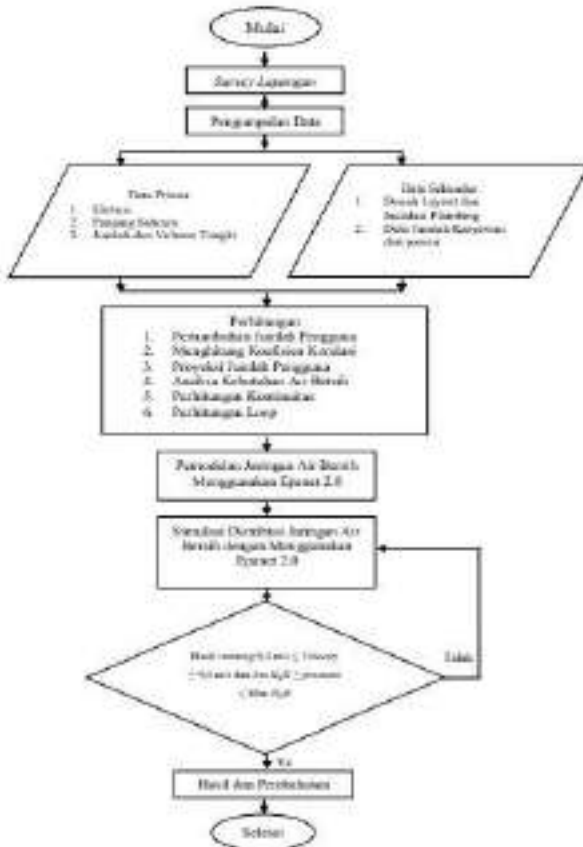
Dengan:

$\bar{S}$  = Nilai rata-rata simulasi

$\bar{A}$  = Nilai rata-rata perhitungan

Tahapan dalam melakukan penelitian simulasi distribusi air bersih, dapat dilihat pada **Gambar 4**. Secara umum tahapan tersebut terbagi menjadi 3 tahap, yaitu tahapan perhitungan manual, simulasi dan validasi.





Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

3.1. Proyeksi Pengguna

Penggunaan sistem plambing didasari oleh proyeksi kebutuhan pasien Covid-19 di RSUD Genteng pada Gedung Kelas 1 dan Isolasi. Proyeksi jumlah penduduk diperlukan untuk dapat memperhatikan jumlah penduduk suatu kota di masa yang akan datang. Masing-masing cara mempunyai karakteristik tersendiri, sehingga nantinya dapat dipilih salah satu cara yang tepat melalui beberapa metode sebagai dasar pemilihan [9]. Koefisien determinan dinyatakan seperti pada Tabel 1.

$$r = \frac{(n.(Σxy)) - (Σx.Σy)}{\sqrt{(((n.Σy^2) - (Σy)^2)((n.Σx^2) - (Σx)^2))}} \tag{2}$$

$$KP = r^2 \times 100\% \tag{3}$$

Tabel 1 Koefisien Determinan

Presentase	Kriteria
80% - 100%	Tinggi
60% - 79,9%	Cukup
40% - 59,9%	Sedang
20% - 39,9%	Rendah
0% - 19,9%	Sangat Rendah

Untuk persamaan perhitungan proyeksi penduduk, menggunakan 3 metode yang nantinya akan dipilih berdasarkan kriteria terbaik [10], antara lain:

Metode Least Square

$$Y = a \pm b . x \tag{4}$$

$$a = \frac{\Sigma y . \Sigma x^2 - \Sigma x . \Sigma xy}{n . \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2} \tag{5}$$

$$b = \frac{n . \Sigma xy - \Sigma x . \Sigma y}{n . \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2} \tag{6}$$

dengan :

- Y = jumlah pengguna pada tahun proyeksi (jiwa)
- X = jumlah tambahan dari tahun dasar
- n = jumlah data
- a,b = Konstanta

Metode Geometrik

$$P_n = P_o (1 - r)^n \tag{7}$$

dengan :

- Pn = jumlah pengguna pada tahun proyeksi (jiwa)
- Po = jumlah pengguna pada awal tahun dasar (jiwa)
- r = prosentase pertumbuhan pengguna (tahun)
- n = banyaknya tahun proyeksi / kurun waktu

Metode Aritmatik

$$P_n = P_o + r . n \tag{8}$$

dengan :

- Pn = jumlah pengguna pada tahun proyeksi (jiwa)
- Pn = jumlah pengguna pada awal tahun dasar (jiwa)
- r = jumlah pertumbuhan pengguna (tahun)
- n = kurun waktu proyeksi (tahun)

3.2. Kebutuhan Air Bersih

Rumah Sakit memiliki ketentuan dan persyaratan, baik dari segi pengelolaan, kontruksi pengelolaan maupun sistem plambing untuk memenuhi persyaratan kualitas air bersih yang dibutuhkan Rumah Sakit [11]. Rumah sakit digolongkan sebagai kebutuhan domestik dan kebutuhannya diasumsikan sebesar 250-1000/hari (liter). Kebutuhan air tersebut dihitung tiap bed (jiwa) [10].

3.3. Aliran Air

Jumlah aliran air yang mengalir dalam pipa terhadap satuan waktu disebut debit aliran, berikut persamaan yang dapat menentukan debit air [12].

$$Q = A \times V \left( m^2 \times \frac{m}{det} = m^3/det \right) \tag{9}$$

Dalam perjalanannya, fluida bergerak mengalami kehilangan energi. Kehilangan energi ini dapat berakibat pada semakin kecilnya nilai tinggi tekanan atau kecepatan yang berkurang berakibat pada semakin kecilnya debit. Pada penerapan praktis teknik sipil, kehilangan energi lebih sering disebut dengan kehilangan tinggi tekanan air [13].

$$h_f = \frac{10,67 \times Q^{1,852}}{C_{hw}^{1,852} \times D^{4,87}} \times L \tag{10}$$

dengan:

Q = debit air dalam pipa (m<sup>3</sup>/dtk)

C = koefisien Hazen-Williams untuk pipa (**Tabel 2**)

D = diameter pipa (m)

L = panjang pipa (m)

**Tabel 2.** Koefisien Manning Pipa

Material	Hazen-Williams (unitless)	Darcy-Weisbach E (feet x 10 <sup>3</sup> )	Manning's n (unitless)
Cast Iron	130-140	0,85	0,012-0,015
Concrete Lined	120-140	1,0-10	0,012-0,017
Galvanized Iron	120	0,5	0,015-0,017
Plastic	140-150	0,005	0,011-0,015
Steel	140-150	0,15	0,015-0,017
Vitrified Clay	110		0,013-0,015

Perencanaan jaringan pipa dalam sebuah gedung, harus direncanakan sesuai dengan standar yang telah berlaku. Kriteria jaringan pipa distribusi yang dipakai sebagai acuan [14], kriteria tersebut dapat dilihat pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Kriteria Pipa Air Bersih

No	Uraian	Notasi	Kriteria
1	Debit Perencanaan	Q Puncak	Q <sub>peak</sub> = F <sub>peak</sub> x Q rata-rata
2	Faktor jam puncak	F. Puncak	1,15 – 3
3	Kecepatan aliran air dalam pipa:		
	a. Kecepatan minimum	V min	0,3-0,6 m/det
	b. Kecepatan maksimum	V max	3,0-4,5 m/det
4	Tekanan air dalam pipa		
	a. Tekanan minimum	h min	(0,5 – 1,0) atm,
	b. Tekanan maksimum		
	- Pipa PVC atau ACP	h max	6-8 atm
	- Pipa baja atau DCIP	h max	10 atm
	- Pipa PE 100	h max	12,4 MPa
	- Pipa PE 80	h max	9,0 MPa

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1. Perhitungan Nilai Koefisien

Perhitungan koefisien ini bertujuan untuk menentukan metode yang digunakan berdasarkan data jumlah pengguna. nilai (r) tersebut ditujukan untuk mencari arah dari koefisien, jika hasilnya positif (+), maka koefisien tersebut searah dan apabila negatif (-) maka koefisien tersebut berlawanan arah. hasil perhitungan nilai koefisien dari ketiga metode tersebut, dapat ditentukan dengan berdasarkan kriteria koefisien penentu (KP) yang terdapat pada **Tabel 4** dan **Tabel 5**.

**Tabel 4.** Perhitungan Nilai Koef. Pada Gedung Kelas 1

Metode	Nilai (r)	Nilai KP	Keterangan
Aritmatik	-0,354	12,5%	Berlawanan Arah dan Sangat Rendah
Geometrik	0,587	34,4%	Searah dan Rendah
<i>Least Square</i>	0,590	34,7%	Searah dan Rendah

Berdasarkan **Tabel 4**, metode *Least Square* dipilih untuk proyeksi pengguna pada Gedung Kelas 1 karena harga

koefisien penentu (KP) memiliki harga yang paling tinggi yakni sebesar 34,7%.

**Tabel 5.** Perhitungan Nilai Koef. Pada Gedung Isolasi

Metode	Nilai (r)	Nilai KP	Keterangan
Aritmatik	0,287	8,2%	Searah dan Sangat Rendah
Geometrik	-0,827	68,4%	Berlawanan Arah dan Cukup
<i>Least Square</i>	-0,744	55,3%	Berlawanan arah dan Sedang

Berdasarkan **Tabel 5**, metode Geometrik dipilih pada proyeksi pengguna Gedung Isolasi karena harga koefisien penentu (KP) memiliki harga yang paling tinggi yakni sebesar 68,4%.

### 4.2. Proyeksi Jumlah Pengguna

Perhitungan proyeksi jumlah pengguna digunakan untuk memperkirakan pertumbuhan jumlah pengguna dan harga koefisien penentu (KP) dipakai untuk menentukan metode yang digunakan, metode tersebut adalah *Least Square* dan Geometrik. Adapun hasil perhitungan kedua metode tersebut dapat dilihat pada **Tabel 6** dan **Tabel 7**.

**Tabel 6.** Proyeksi Jumlah Pengguna Gedung Kelas 1 RSUD Genteng

Bulan (tahun)	Jangka Waktu Perencanaan (n)	Data Jumlah Pengguna	Proyeksi Jumlah Pengguna ( <i>Least Square</i> )
Mei (2020)	-	20	-
Juni (2020)	-	33	-
Juli (2020)	-	18	-
Agustus (2020)	-	25	-
September (2020)	-	83	-
Oktober (2020)	-	86	-
Nopember (2020)	-	108	-
Desember (2020)	-	98	-
Januari (2021)	-	66	-
Februari (2021)	-	44	-
Maret (2021)	-	50	-
April (2021)	1	-	56
Mei (2021)	2	-	60
Juni (2021)	3	-	64
Juli (2021)	4	-	68
Agustus (2021)	5	-	72
September (2021)	6	-	75
Oktober (2021)	7	-	79
Nopember (2021)	8	-	83
Desember (2021)	9	-	87

**Tabel 7.** Proyeksi Jumlah Pengguna Gedung Isolasi RSUD Genteng

Bulan (tahun)	Jangka Waktu Perencanaan (n)	Data Jumlah Pengguna	Proyeksi Jumlah Pengguna (Geometrik)
September (2020)	-	137	-
Oktober (2020)	-	62	-
Nopember (2020)	-	107	-
Desember (2020)	-	98	-
Januari (2021)	-	45	-
Februari (2021)	-	44	-
Maret (2021)	-	37	-
April (2021)	1	-	57
Mei (2021)	2	-	51
Juni (2021)	3	-	45

Bulan (tahun)	Jangka Waktu Perencanaan (n)	Data Jumlah Pengguna	Proyeksi Jumlah Pengguna (Geometrik)
Juli (2021)	4	-	41
Agustus (2021)	5	-	36
September (2021)	6	-	33
Oktober (2021)	7	-	29
Nopember (2021)	8	-	26
Desember (2021)	9	-	23

#### 4.3. Analisa Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air Rumah Sakit termasuk kedalam kebutuhan non domestik. Perhitungan kebutuhan air seperti pada **Tabel 8-11**.

**Tabel 8.** Perhitungan Kebutuhan Air (Q kebutuhan) Dengan Tingkat Pelayanan 100% Pada Gedung Kelas 1 RSUD Genteng

No	Lantai	$\sum$ Pengguna (Jiwa)	$\sum$ Pengguna 100% Terlayani (Jiwa)	$\sum$ Sambungan Kamar Mandi (SKM) (unit)	Kebutuhan Air SKM (m <sup>3</sup> /hari)	Asumsi
1	Lantai 1	20	20	10	16	Konsumsi Tiap Bed 80 lt/bed/hr Jumlah KM Lt 1 10 KM Kapasitas Kamar Lt 1 2 Bed Kamar Lantai (KL) 1 10 Kamar Kapasitas Gedung 20 Bed

**Tabel 9.** Perhitungan Kebutuhan Air (Q kebutuhan) Dengan Tingkat Pelayanan 100% Pada Gedung Isolasi RSUD Genteng

No	Lantai	$\sum$ Pengguna (Jiwa)	$\sum$ Pengguna 100% Terlayani (Jiwa)	$\sum$ Sambungan Kamar Mandi (SKM) (unit)	Kebutuhan Air SKM (m <sup>3</sup> /hari)	Asumsi
1	Lantai 1	6	6	6	2,88	Konsumsi Tiap Bed 80 lt/bed/hr
2	Lantai 2	66	66	3	15,84	Jumlah KM Lt 1 6 KM
	Jumlah	72	72	9	18,72	Jumlah KM Lt 2 3 KM Kapasitas Kamar Lt 1 1 Bed Kapasitas Kamar Lt 2 22 Bed Kamar Lantai (KL) 1 6 Kamar Kamar Lantai (KL) 2 3 kamar Kapasitas Gedung 72 Bed

**Tabel 10.** Perhitungan Kebutuhan Air (Q kebutuhan) Dengan Tingkat Pelayanan 436% Pada Gedung Kelas 1 RSUD Genteng

No	Lantai	$\sum$ Pengguna (Jiwa)	$\sum$ Pengguna 436% Terlayani (Jiwa)	$\sum$ Sambungan Kamar Mandi (SKM) (unit)	Kebutuhan Air SKM (m <sup>3</sup> /hari)	Asumsi
1	Lantai 1	87	87	44	304,70	Konsumsi Tiap Bed 80 lt/bed/hr Jumlah KM Lt 1 10 KM Kapasitas Kamar Lt 1 2 Bed Kamar Lantai (KL) 1 10 Kamar Kapasitas Gedung 20 Bed

**Tabel 11.** Perhitungan Kebutuhan Air (Q kebutuhan) Dengan Tingkat Pelayanan 125% Pada Gedung Isolasi RSUD Genteng

No	Lantai	$\sum$ Pengguna (Jiwa)	$\sum$ Pengguna 125% Terlayani (Jiwa)	$\sum$ Sambungan Kamar Mandi (SKM) (unit)	Kebutuhan Air SKM (m <sup>3</sup> /hari)	Asumsi
1	Lantai 1	6	6	6	2,88	Konsumsi Tiap Bed 80 lt/bed/hr
2	Lantai 2 + Gedung Klas 1	84	84	4	27,07	Jumlah KM Lt 1 6 KM
	Jumlah	90	90	10	29,95	Jumlah KM Lt 2 3 KM Kapasitas Kamar Lt 1 1 Bed Kapasitas Kamar Lt 2 22 Bed Kamar Lantai (KL) 1 6 Kamar Kamar Lantai (KL) 2 3 kamar Kapasitas Gedung 72 Bed

#### 4.4 Kebutuhan Debit Puncak

Menghitung debit puncak atau debit total data yang dimasukkan dalam perhitungan yaitu data dari kebutuhan

air, dengan begitu akan diketahui debit total kebutuhan air yang ada pada Gedung Kelas 1 dan Isolasi. Perhitungan kebutuhan debit puncak gedung tersebut, dapat dilihat pada **Tabel 12** dan **Tabel 13**.

**Tabel 12.** Perhitungan Debit Puncak Kebutuhan Air Pada Tingkat Pelayanan 100% Gedung Kelas 1 dan Isolasi RSUD Genteng

No	Gedung	Σ Pengguna Jiwa	Q Kebutuhan		Q Kebocoran		Q Rata-rata (Q ave)		Q Hari Maks (Qh max)		Q Jam Maks (Qj max)		Q kebakaran		Q total	
			m <sup>3</sup> /hari	lt/dt	m <sup>3</sup> /hari	lt/dt	m <sup>3</sup> /hari	lt/dt	m <sup>3</sup> /hari	lt/dt	m <sup>3</sup> /hari	lt/dt	m <sup>3</sup> /hari	lt/dt	m <sup>3</sup> /hari	lt/dt
1	Kelas 1 Lt 1	20	16,0	0,19	3,20	0,04	19	0,22	24,00	0,28	28,8	0,33	1,20	0,01	30,00	0,35
2	Isolasi Lt 1	6	2,9	0,03	0,58	0,01	3,45	0,04	4,32	0,05	5,18	0,06	0,22	0,003	5,40	0,06
3	Isolasi Lt 2	66	15,8	0,18	3,17	0,04	19,0	0,22	23,76	0,28	28,5	0,33	1,19	0,01	29,70	0,34
	Jumlah	92	34,7	0,40	6,94	0,08	41,6	0,48	52,08	0,60	62,5	0,72	2,60	0,03	65,10	0,75

**Tabel 13.** Perhitungan Debit Puncak Kebutuhan Air Pada Tingkat Pelayanan 125% Gedung Kelas 1 dan Isolasi RSUD Genteng

No	Gedung	Σ Pengguna Jiwa	Q Kebutuhan		Q Kebocoran		Q Rata-rata (Q ave)		Q Hari Maks (Qh max)		Q Jam Maks (Qj max)		Q kebakaran		Q total	
			m <sup>3</sup> /hari	lt/dt	m <sup>3</sup> /hari	lt/dt	m <sup>3</sup> /hari	lt/dt	m <sup>3</sup> /hari	lt/dt	m <sup>3</sup> /hari	lt/dt	m <sup>3</sup> /hari	lt/dt	m <sup>3</sup> /hari	lt/dt
1	Kelas 1 Lt 1	20	16,0	0,19	3,20	0,04	19,20	0,22	24,00	0,28	28,80	0,33	1,20	0,01	30,00	0,34
2	Isolasi Lt 1	6	2,90	0,03	0,58	0,01	3,47	0,04	4,32	0,05	5,18	0,06	0,27	0,003	5,40	0,06
3	Isolasi Lt 2	84	25,8	0,30	5,17	0,06	30,1	0,36	38,74	0,45	46,49	0,54	1,94	0,02	48,43	0,56
	Jumlah	110	44,7	0,52	8,94	0,10	53,7	0,62	67,06	0,78	80,48	0,93	3,35	0,04	83,83	0,97

4.5 Debit Sambungan Kamar Mandi

Perhitungan debit kebutuhan pada setiap Sambungan Kamar Mandi (SKM) pada pelayanan 100% dan 125% yang dapat dilihat pada **Tabel 14-15**.

**Tabel 14.** Kebutuhan Air Setiap SKM Tingkat Pelayanan 100%

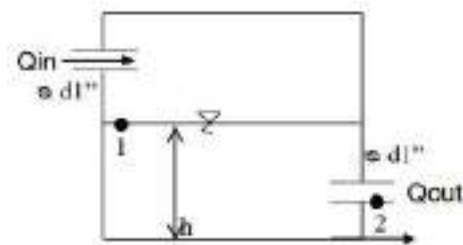
Gedung	Pengguna Jiwa	Jumlah KM	Kapasistas KM	Q total lt/dt	Q SKM jiwa/lt/dt
Kelas 1	20	10	2	0,347	0,035
Isolasi	72	9	23	0,406	0,045
Jumlah	92	19	25	0,753	0,080

**Tabel 15.** Kebutuhan Debit Air Setiap SKM Tingkat Pelayanan 125%

Gedung	Pengguna Jiwa	Jumlah KM	Kapasistas KM	Q total lt/dt	Q SKM jiwa/lt/dt
Kelas 1	20	10	2	0,347	0,035
Isolasi	90	10	23	0,623	0,063
Jumlah	110	20	25	0,970	0,098

4.6 Debit Kontinuitas

Setelah diketahui debit aktual, maka selanjutnya mencari debit yang terjadi pada tangki air. Debit pada tangki air dapat diketahui dengan persamaan kontinuitas sebagai berikut:



**Gambar 5.** Gambar Tandon Air

Diketahui:

$Q_{in} = Q_{out}$

$Q_{in} = \text{Konstan}$

Tangki berbentuk silinder

Jumlah tangki = 4 buah

Diameter tangki (d) = 0,95m

Tinggi tangki (t) = 2,3m

h air = 2,27m

Diamater pipa masuk = 0,032m

Diameter pipa keluar = 0,032m

Penampang Pipa (A) =  $\frac{1}{4} \pi d^2$   
 = 0,25.3,14. (0,032)<sup>2</sup>  
 = 0,000804 m<sup>2</sup>

Maka, kecepatan aliran dapat diketahui melalui persamaan Hukum Torricelli sebagai berikut:

$0 + 0 + h = V^2 \cdot 2g + 0 + 0$

$V^2 = 2g \cdot h$

$V = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$



$$V = \sqrt{2.9,8.2,27}$$

$$V = 6,670 \text{ m/s}$$

Jadi sesuai dengan hukum kontinuitas, didapatkan debit aliran air sebagai berikut:

$$Q_{in} = A \times V$$

$$Q_{in} = 0,000804 \text{ m}^2 \times 6,670 \text{ m/s}$$

$$Q_{in} = 0,00536 \text{ m}^3/\text{s}$$

Jumlah total debit aliran air pada 4 tangki:

$$Q_{in \text{ total}} = 0,00536 \text{ m}^3/\text{s} \times 4 \text{ buah}$$

$$Q_{in \text{ total}} = 0,02144 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 21,44 \text{ liter/detik}$$

Berdasarkan keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1204/Menkes/SK/X/2004 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit, fasilitas penyediaan air minum dan air bersih yakni harus tersedia air bersih minimum 500 lt/bed/hari. Maka dapat diketahui ketersediaan air sebagai berikut:

$$Q_{in \text{ total}} = 21,44 \text{ liter/detik}$$

$$= 21,44 \times (60 \times 60 \times 24)$$

$$= 1.852.416 \text{ lt/hari}$$

Dapat diketahui, ketersediaan air 1.852.416 lt/hari, maka selanjutnya mencari penggunaan air bersih berdasarkan setiap jiwa/bed/hari dengan tingkat pelayanan 125%. Seperti yang tertuang didalam keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1204/Menkes/SK/X/2004, minimal ketersediaan air 500lt/bed/hari.

Maka perhitungan penggunaan air dilihat sebagai berikut:

$$Q_{in \text{ total}} = 1.852.416 \text{ lt/hari}$$

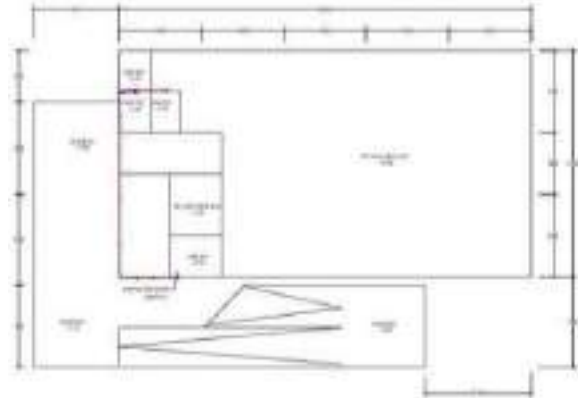
$$= \frac{1.852.416}{110}$$

$$= 16.840,15 \text{ lt/bed/hari}$$

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa ketersediaan air dari kedua gedung untuk pasien Covid-19 masih mencukupi secara kuantitas, karena lebih dari 500 lt/bed/hari.

### 4.7 Proyeksi Instalasi Air

Kapasitas Gedung Kelas 1 tidak mampu menampung pengguna proyeksi 110 jiwa. Oleh karena itu, terjadi pengalihan pengguna ke Gedung Isolasi sebanyak 67 jiwa. Karena adanya penambahan pengguna, maka berakibat juga pada jumlah kamar mandi (KM) pada Gedung Isolasi sejumlah 1 buah yang dapat dilihat pada **Gambar 6** dan **Gambar 7**.



**Gambar 6.** Denah Proyeksi Instalasi Pipa Gedung Isolasi Pelayanan 125%.



**Gambar 7.** Denah Proyeksi Instalasi Pipa Gedung Isolasi Isometrik Pelayanan 125%.

### 3.7 Simulasi Epanet

Rekapitulasi hasil simulasi distribusi air yang terjadi pada *junction* dan *pipe* yang terdapat di bangunan Gedung Kelas 1 dan Isolasi, dengan tingkat pelayanan 100% dan 125% dapat dilihat pada **Tabel 16**.

**Tabel 16.** Distribusi Air Pada *Junction* di Gedung Kelas

Node ID	Elevation (m)	Pelayanan 100%				Pelayanan 125%			
		Base Demand (l/s)	Demand (l/s)	Head (m)	Pressure (m)	Base Demand (l/s)	Demand (l/s)	Head (m)	Pressure (m)
Junc j26	191	0,035	0,07	207,42	16,42	0,035	0,07	206,79	15,79
Junc j27	191	0,035	0,07	206,96	15,96	0,035	0,07	206,33	15,33
Junc j28	191	0,035	0,07	206,96	15,96	0,035	0,07	206,33	15,33
Junc j29	191	0,035	0,07	205,95	14,95	0,035	0,07	205,31	14,31
Junc j30	191	0,035	0,07	205,94	14,94	0,035	0,07	205,31	14,31
Junc j31	191	0,035	0,07	205,77	14,77	0,035	0,07	205,13	14,13
Junc j32	191	0,035	0,07	205,77	14,77	0,035	0,07	205,13	14,13
Junc j33	191	0,035	0,07	205,77	14,77	0,035	0,07	205,13	14,13
Junc j34	191	0,035	0,07	205,77	14,77	0,035	0,07	205,13	14,13
Junc j35	191	0,035	0,07	205,69	14,69	0,035	0,07	205,06	14,06
Junc j36	191	0,035	0,07	205,69	14,69	0,035	0,07	205,06	14,06

DOI : <https://doi.org/10.52158/jaceit.v5i2.811>

Node ID	Elevation (m)	Pelayanan 100%				Pelayanan 125%			
		Base Demand (l/s)	Demand (l/s)	Head (m)	Pressure (m)	Base Demand (l/s)	Demand (l/s)	Head (m)	Pressure (m)
Junc j37	191	0,035	0,07	205,69	14,69	0,035	0,07	205,05	14,05
Junc j38	191	0,035	0,07	207,03	16,03	0,035	0,07	206,39	15,39
Junc j39	191	0,035	0,07	207,03	16,03	0,035	0,07	206,39	15,39
Junc j40	191	0,035	0,07	207,02	16,02	0,035	0,07	206,39	15,39
Junc j41	191	0,035	0,07	207,02	16,02	0,035	0,07	206,38	15,38
Junc j42	191	0,035	0,07	206,95	15,95	0,035	0,07	206,31	15,31
Junc j43	191	0,035	0,07	206,95	15,95	0,035	0,07	206,31	15,31
Junc j44	191	0,035	0,07	206,95	15,95	0,035	0,07	206,31	15,31
Rata-rata	191	0,035	0,07	206,44	15,44	0,035	0,07	205,8021	14,80

Hasil simulasi dari program Epanet 2.0, diperlukan (Hf) pada pipe distribusi air dengan cara manual. pembuktian hasil perhitungan dari program tersebut, Perhitungan *headloss* dapat dilihat pada **Tabel 17 dan** maka dilakukan perhitungan *velocity* (v) dan *headloss* **18**.

**Tabel 17.** Perbandingan Nilai Unit *Headloss* Gedung Kelas 1

Link ID	Length (m)	Diameter (mm)	Roughness	Pelayanan 100%				Pelayanan 125%			
				Flow (l/s)	Velocity (m/s)	Simulasi <i>Headloss</i> (m/km)	Manual <i>Headloss</i> (m/km)	Flow (l/s)	Velocity (m/s)	Simulasi <i>Headloss</i> (m/km)	Manual <i>Headloss</i> (m/km)
Pipe p22	3,5	26	140	1,33	2,51	280,2	279,25	1,33	2,51	280,18	279,25
Pipe p23	4,5	26	140	0,77	1,45	101,8	101,48	0,77	1,45	101,82	101,48
Pipe p24	1	26	140	0,07	0,13	1,21	1,20	0,07	0,13	1,21	1,20
Pipe p25	14,5	26	140	0,63	1,19	70,22	69,98	0,63	1,19	70,22	69,98
Pipe p26	1,5	26	140	0,07	0,13	1,19	1,20	0,07	0,13	1,19	1,20
Pipe p27	4	26	140	0,49	0,92	44,09	43,94	0,49	0,92	44,09	43,94
Pipe p28	1	26	140	0,07	0,13	1,19	1,20	0,07	0,13	1,19	1,20
Pipe p29	0,15	26	140	0,35	0,66	23,56	23,56	0,35	0,66	23,56	23,56
Pipe p30	1	26	140	0,07	0,13	1,21	1,20	0,07	0,13	1,21	1,20
Pipe p31	8	26	140	0,21	0,4	9,18	9,15	0,21	0,4	9,18	9,15
Pipe p32	1	26	140	0,07	0,13	1,19	1,20	0,07	0,13	1,19	1,20
Pipe p33	1,15	26	140	0,07	0,13	1,2	1,20	0,07	0,13	1,2	1,20
Pipe p34	9	26	140	0,49	0,92	44,09	43,94	0,49	0,92	44,09	43,94
Pipe p35	1	26	140	0,07	0,13	1,19	1,20	0,07	0,13	1,19	1,20
Pipe p36	0,15	26	140	0,35	0,66	23,56	23,56	0,35	0,66	23,56	23,56
Pipe p37	1	26	140	0,07	0,13	1,21	1,20	0,07	0,13	1,21	1,20
Pipe p38	8	26	140	0,21	0,4	9,18	9,15	0,21	0,4	9,18	9,15
Pipe p39	1	26	140	0,07	0,13	1,19	1,20	0,07	0,13	1,19	1,20
Pipe p40	1,15	26	140	0,07	0,13	1,2	1,20	0,07	0,13	1,2	1,20
Rata-rata	3,29	26	140	0,29	0,55	32,52	32,42	0,29	0,55	32,52	32,42

**Tabel 18.** Perbandingan Nilai Unit *Headloss* Gedung Isolasi

Link ID	Length (m)	Diameter (mm)	Roughness	Pelayanan 100%				Pelayanan 125%			
				Flow (l/s)	Velocity (m/s)	Simulasi <i>Headloss</i> (m/km)	Manual <i>Headloss</i> (m/km)	Flow (l/s)	Velocity (m/s)	Simulasi <i>Headloss</i> (m/km)	Manual <i>Headloss</i> (m/km)
Pipe p8	3,5	26	140	1,08	2,03	190,5	189,90	3,5	1,64	3,09	412,07
Pipe p9	2,5	26	140	0,54	1,02	52,78	52,60	2,5	0,76	1,42	98,43
Pipe p10	0,75	26	140	0,09	0,17	1,91	1,90	0,75	0,13	0,24	3,55
Pipe p11	7	26	140	0,36	0,68	24,91	24,82	7	0,5	0,95	46,45
Pipe p12	7,25	26	140	0,09	0,17	1,91	1,90	7,25	0,13	0,24	3,56
Pipe p13	4,5	26	140	0,18	0,34	6,9	6,88	4,5	0,25	0,47	12,87
Pipe p14	1,5	26	140	0,09	0,17	1,91	1,90	1,5	0,13	0,24	3,56
Pipe p15	3,5	26	140	0,18	0,34	6,9	6,88	3,5	0,25	0,47	12,87
Pipe p16	6	26	140	0,09	0,17	1,91	1,90	6	0,13	0,24	3,57
Pipe p17	4,75	26	140	0,45	0,85	37,65	37,53	4,75	0,76	1,42	98,42
Pipe p18	0,5	26	140	0,09	0,17	1,93	1,90	0,5	0,13	0,24	3,57
Pipe p19	11	26	140	0,27	0,51	14,62	14,57	11	0,5	0,95	46,45
Pipe p20	1	26	140	0,09	0,17	1,92	1,90	1	0,13	0,24	3,57
Pipe p21	1,5	26	140	0,09	0,17	1,91	1,90	1,5	0,25	0,47	12,87
Pipe p50	-	-	-	-	-	-	-	1,5	0,13	0,24	3,56
Rata-rata	3,95	26,00	140,00	0,26	0,50	24,84	24,75	3,78	0,39	0,73	51,02

Mengetahui tingkat akurasi perhitungan unit *headloss*, **Tabel 19 dan Tabel 20**. maka digunakan metode *mean absolute percentage error* (MAPE), hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada DOI : <https://doi.org/10.52158/jaceit.v5i2.811>

Tabel 19. MAPE Unit *Headloss* Gedung Kelas 1

Pelayanan	Rata-Rata <i>Headloss</i> Simulasi (m/km)	Rata-rata <i>Headloss</i> Perhitungan (m/km)	MAPE (%)
100%	32,52	32,42	0,31
125%	32,52	32,42	0,31

Tabel 20. MAPE Unit *Headloss* Gedung Isolasi

Pelayanan	Rata-Rata <i>Headloss</i> Simulasi (m/km)	Rata-rata <i>Headloss</i> Perhitungan (m/km)	MAPE (%)
100%	24,84	24,75	0,34
125%	51,02	51,02	0,02

## 5. Kesimpulan

Simulasi distribusi air bersih Gedung Kelas 1 menggunakan diameter pipa 3/4", dengan kapasitas jumlah pengguna maksimal adalah 20 jiwa, maka tingkat pelayanan 100% membutuhkan debit air 0,347 lt/det dengan pressure rata-rata sebesar 15,44 m H<sub>2</sub>O, *velocity* rata-rata 0,55 m/s, unit *headloss* rata-rata sebesar 32,52 m/km dan MAPE sebesar 0,31%. Sedangkan simulasi tingkat pelayanan 125% dengan jumlah 20 jiwa maka menghasilkan pressure rata-rata berkurang menjadi 14,80 m H<sub>2</sub>O. Untuk nilai MAPE kurang dari 10% yang berarti bahwa hasil simulasi sangat baik.

Simulasi distribusi air bersih Gedung Isolasi menggunakan diameter pipa 3/4", dengan kapasitas pengguna maksimal adalah 72 jiwa, maka tingkat pelayanan 100% membutuhkan debit air 0,406 ltr/dtk dengan pressure rata-rata 18,10 m H<sub>2</sub>O, *velocity* rata-rata sebesar 0,50 m/s, unit *headloss* rata-rata 24,84 m/km dan MAPE sebesar 0,34%. Kemudian dikarenakan prediksi jumlah pengguna bertambah menjadi 90 jiwa, maka diperlukan penambahan *bed* sebanyak 18 jiwa dan 1 unit kamar mandi, sehingga tingkat pelayanan menjadi 125% dan membutuhkan debit air 0,623 ltr/dtk, maka diperoleh hasil pressure rata-rata 15,77 m H<sub>2</sub>O, *velocity* rata-rata sebesar 0,73 m/s, unit *headloss* rata-rata 51,02 m/km dan MAPE sebesar 0,02%. Perbedaan nilai unit *headloss* dipengaruhi oleh dimensi pipa, *velocity*, debit air dan jenis pipa. Untuk nilai MAPE kurang dari 10% yang berarti bahwa hasil simulasi sangat baik.

## Daftar Rujukan

- [1] Kusumanto, Pengolahan Limbah Rumah Sakit, kumpulan makalah PPLH Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada, 1992.
- [2] A. Rossman Lewis, Buku Manual Program Epanet, U.S.A: EKAMITRA Engineering, 2000.
- [3] Anza, dkk., "Perancangan Sistem Plambing Air Bersih Pada Gedung Menara BRI Pekanbaru," *Jom FTEKNIK Edisi 2 Juli s/d Desember 2018*, p. 5, 2018.
- [4] Kusumajati, dkk, "Analisis Distribusi Air Pada Sistem Penyediaan Air Minum Kampus," *e-jurnal Matriks Teknik Sipil*, p. 12, 2016.
- [5] Nugroho, dkk, "Analisa Jaringan Perpipaan Distribusi Air Bersih Menggunakan EPANET 2.0 (Studi Kasus di Kelurahan Harapan Baru, Kota Samarinda)," *TEKNIK*, vol. 39 (1), pp. 62-66, 2018.
- [6] Suhardiyanto, "Perancangan Sistem Plambing Instalasi Air Bersih dan Air Buangan Pada Pembangunan Gedung Perkantoran Bertingkat Tujuh Lantai," *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, vol. 5, p. 02, 2016.
- [7] Tumanan, dkk, "Pengembangan Sistem Penyediaan Air Bersih Di Diesa Uuwan Kecamatan Dumoga Barat Kabupaten Bolaang Mongondow," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 5, pp. 225-235, 2017.
- [8] S. M. Robial, "Perbandingan Model Statistik Pada Analisis Metode Peramalan Time Series (Studi Kasus: PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk Kandatel, Sukabumi)," *Jurnal Ilmiah SANTIKA*, vol. 8 (2), p. 9, 2 Desember 2018.
- [9] M. V. Burako, "Proyeksi Kebutuhan Air Bersih Pada Tahun 2021 di Kota Pulang Pisau Menggunakan Metode Aritmatik," *Media Ilmiah Teknik Sipil (6)*, p. 82, 2018.
- [10] Ditjen Cipta Karya PU, Modul Proyeksi Kebutuhan Air dan Identifikasi Pola Fluktuasi Pemakaian Air, Jakarta: Ditjen Cipta Karya PU, 2018.
- [11] Sidharta, Rekayasa Lingkungan, Jakarta: Universitas Gunadarma, 1997.
- [12] B. Triatmojo, Hidraulika II, Yogyakarta: Beta Offset, 2008.
- [13] N. S. Rizal, Hidrolika, Jember: Universitas Muhammadiyah Jember, 2010.
- [14] Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Replubik Indonesia Nomor 18 tahun 2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, Jakarta: [http://ciptakarya.pu.go.id/dok/hukum/permen/permen\\_18\\_2007](http://ciptakarya.pu.go.id/dok/hukum/permen/permen_18_2007), 2007.



## Studi Rencana Penentuan Titik Pemberhentian Angkutan Umum Massal Berbasis Jalan di Kabupaten Bogor pada Koridor 5

Nur Qoimah<sup>1</sup>, Rulhendri<sup>2</sup>, Tedy Murtejo<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

<sup>1</sup>nurqoimah97@gmail.com\*, <sup>2</sup>rulhendri@uika-bogor.ac.id, <sup>3</sup>tedy.murtedjo@uika-bogor.ac.id

### Abstract

The Bogor District Government plans to use Bus Rapid Transit as one of the modes of mass transportation which is expected to increase the attractiveness of public transportation so as to reduce the use of private vehicles as an effort to reduce the level of traffic congestion. Determining the location and number of bus stops has an important role in the use of mass public transportation. The purpose of this study is to get the number and location of bus stops that can meet the potential demand, as well as the number of fleets needed for the operation of Mass Public Transport. The method used in this research is the Department of Land Transportation equation analysis. In this study, the determination of the location and number of bus stops along the mass transit route corridor 5 Bogor Regency was carried out by identifying the location that caused the greatest generation and met the criteria for the location of bus stops. The selected location is then carried out a screening analysis which aims to get the number and location of bus stops that can meet the potential demand and can analyze the potential demand from each stopping point. The results of this analysis conclude that there are 17 selected stop locations along the route with an average potential demand of 1983.80 trips/hrs, and the number of fleets required is 10 units of vehicles.

*Keywords: Mass Public Transportation, Bus Stop Location, Potential Demand.*

### Abstrak

Pemerintah Kabupaten Bogor berencana untuk menggunakan Bus Rapid Transit sebagai salah satu moda transportasi massal yang diharapkan dapat meningkatkan daya tarik angkutan umum sehingga dapat menekan penggunaan kendaraan pribadi sebagai usaha untuk mengurangi tingkat kemacetan lalu lintas. Penentuan lokasi dan jumlah halte memiliki peran yang penting dalam penggunaan angkutan umum massal. Tujuan penelitian ini yaitu mendapatkan jumlah dan lokasi halte yang dapat memenuhi potensi demand, serta jumlah armada yang dibutuhkan untuk pengopersian Angkutan Umum Massal. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis persamaan Departemen Perhubungan Darat. Dalam penelitian ini, penentuan lokasi dan jumlah halte di sepanjang rute angkutan umum massal koridor 5 Kabupaten Bogor dilakukan dengan mengidentifikasi lokasi yang menimbulkan bangkitan terbesar dan memenuhi kriteria lokasi halte. Lokasi yang terpilih kemudian dilakukan analisis screening yang bertujuan untuk mendapatkan jumlah dan lokasi halte yang dapat memenuhi potensi demand serta dapat menganalisis potensi demand dari masing-masing titik pemberhentian. Hasil analisis ini menyimpulkan bahwa terdapat 17 lokasi halte terpilih di sepanjang rute dengan potensi demand rata-rata sebanyak 1983,80 trip/hrs, dan jumlah armada yang dibutuhkan sebanyak 10 unit kendaraan.

*Kata kunci: Angkutan Umum Massal, Penentuan Lokasi Halte, Potensi Demand.*

Diterima Redaksi: 2024-05-09 | Selesai Revisi: 2024-06-05 | Diterbitkan Online: 2024-09-01

### 1. Pendahuluan

Aktivitas manusia dalam usaha memenuhi kebutuhan setiap hari menimbulkan sebuah perjalanan/pergerakan dari tata guna lahan yang satu ke tata guna lahan yang lain [1]. Pemerintah Kabupaten Bogor berencana untuk

menggunakan Bus Rapid Transit sebagai salah satu moda transportasi massal di Kabupaten Bogor [2]. Dengan pengoperasian angkutan umum massal diharapkan dapat meningkatkan daya tarik angkutan umum sehingga dapat menekan penggunaan kendaraan



Lisensi  
Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

pribadi sebagai usaha untuk mengurangi tingkat kemacetan, dan kecelakaan lalu lintas [3], [4].

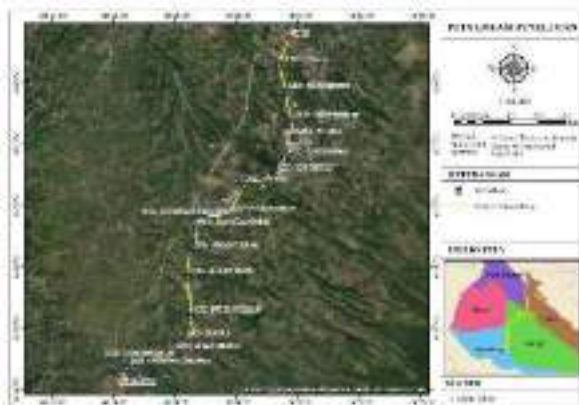
Dalam pengoperasian Bus Rapid Transit sebagai angkutan umum massal di Kabupaten Bogor diperlukan adanya fasilitas penunjang, salah satunya adalah halte. Penentuan lokasi dan jumlah halte memiliki peran yang penting dalam penggunaan moda BRT [5]. Rute Koridor 5 Kabupaten Bogor belum terdapat angkutan umum massal selain angkot, sehingga pengguna kendaraan pribadi terus bertumbuh, maka perlu dilakukan penelitian agar dalam pengoperasian angkutan umum massal BRT dapat berfungsi optimal. Adapun tujuan penelitian ini yaitu untuk mendapatkan jumlah dan lokasi halte agar dapat memenuhi potensi demand, dan mendapatkan jumlah kebutuhan armada. Beberapa penelitian terdahulu terkait perencanaan penentuan titik pemberhentian antara lain seperti [6], [7], [8].

## 2. Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif analitis berdasarkan analisis persamaan Departemen Perhubungan Darat. Penelitian ini bukan penelitian yang bersifat eksperimen dan dimaksudkan untuk mengumpulkan data-data yang dibutuhkan berupa data primer dan sekunder yang berkaitan dengan penelitian, kemudian data-data tersebut akan dilanjutkan dengan proses analisis. Deskriptif berarti pemaparan (identifikasi) masalah-masalah yang ada, sedangkan analitis berarti data yang dikumpulkan mula-mula disusun, dijelaskan dan dianalisis.

### 1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada kawasan koridor 5 Kabupaten Bogor dengan rute Ciawi – Pasar Caringin – Kawasan Lido Pasar Cigombong yang ditunjukkan pada Gambar 1.

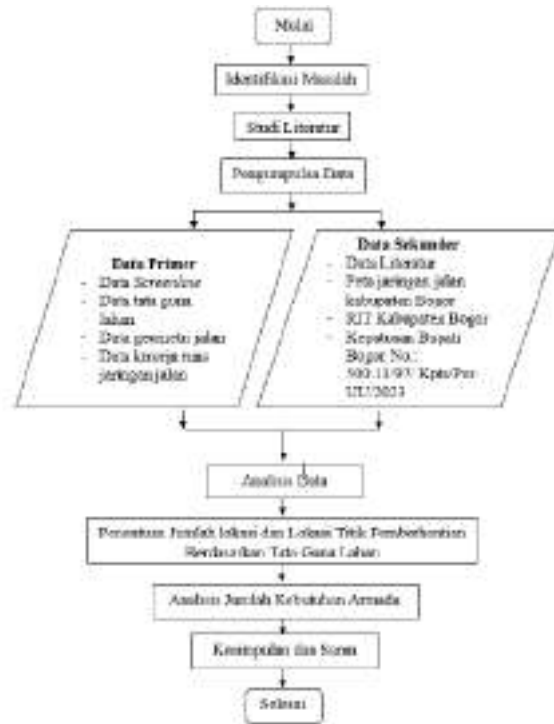


Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan sejak bulan Oktober 2023 – Desember 2023.

### 2. Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian ini agar menjadi pedoman pelaksanaan penyusunan penelitian agar sesuai dengan tujuan. Bagan alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

### 3. Teknik Pengumpulan Data

#### a. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari hasil observasi lapangan. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini didapat berdasarkan hasil survai yaitu data *screenline*, data tata guna lahan, data geometri jalan, dan data kinerja ruas jaringan.

#### b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data dengan sumber yang tidak langsung memberikan data kepada pengumpul data, misalnya lewat orang lain atau dokumen. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari dinas terkait.

### 4. Metode Analisis

Metode yang digunakan untuk mengelola, mengeksplorasi dan memberikan interpretasi pada data yang diperoleh adalah melakukan kompilasi dan analisis data.

1. Data *screen line*
2. Data tata guna lahan
3. Data geometri jalan
4. Data kinerja ruas jaringan jalan



Setelah data tersebut terkumpul, analisis yang dilakukan mencakup:

1. Lokasi bangkitan terbesar  
Lokasi yang memiliki bangkitan terbesar meliputi: tempat kerja, sekolah dan universitas, pusat perbelanjaan, pariwisata, dan olahraga [9].
2. Menentukan kriteria lokasi lokasi halte  
Kebutuhan titik halte ditentukan Berdasarkan Surat Keputusan Direktur Jendral Perhubungan Darat No 271 tahun 1996 tentang Pedoman Teknis Perencanaan Tempat Pemberhentian Kendaraan Penumpang Umum [10].
3. Menganalisis kinerja ruas jaringan jalan  
Kinerja ruas jaringan jalan mempengaruhi lokasi halte, agar penempatan titik halte tidak mengakibatkan gangguan lalu lintas [11].
4. Penentuan jumlah potensi *demand*  
Potensi demand ditentukan berdasarkan tata guna lahan dan bangkitan ITE yang disebabkan oleh pengaruh langsung adanya pengembangan infrastruktur [12].
5. Menganalisis jumlah kebutuhan armada  
Penentuan jumlah armada didasari dengan besarnya Biaya Operasional Kendaraan [13].

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Jumlah dan lokasi titik pemberhentian

1. Analisis lokasi bangkitan terbesar  
Didapat dari perjalanan/pergerakan orang karena aktivitas yang dilakukan, perjalanan yang dimaksud adalah bekerja, sekolah, atau lainnya. Keterhubungan koridor 5 dengan pusat-pusat kota dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Keterhubungan Koridor 5 Dengan Pusat-Pusat Kota.

2. Menentukan titik rencana pemberhentian  
Berdasarkan Surat Keputusan Direktur Jendral Perhubungan Darat No 271 tahun 1996 tentang Pedoman Teknis Perencanaan Tempat Pemberhentian Kendaraan Penumpang Umum maka diperoleh 17 rencana titik pemberhentian yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Titik Rencana Pemberhentian

No	Halte Rencana Koridor 5
1	Halte Rancamaya
2	Halte SDN Banjarwaru
3	Halte SDN Teluk pinang
4	Halte PT Hokan
5	Halte Granit Sandimas
6	Halte SDN Cikreteg
7	Halte PT Milko
8	Halte PT Tirta Fresindo I
9	Halte Kantor Kecamatan Caringin
10	Halte Kantor Desa Caringin
11	Halte Alfamart Cikalang
12	Halte Bank BRI Cijeruk
13	Halte PT Tirta Fresindo II
14	Halte SPN Lido
15	Halte Indomaret Bohlam
16	Halte Simpang Danau Lido
17	Halte kantor Desa Cigombong

#### 3. Kinerja ruas jalan

Indikator kinerja ruas jalan merupakan perbandingan volume/kapasitas, kecepatan, dan kepadatan lalu lintas sehingga diperoleh tingkat pelayanan jalan. Mempertimbangkan berbagai jenis kendaraan ringan sebagai satuan kendaraan dalam perhitungan kapasitas menggunakan satuan kendaraan ringan per jam. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kinerja ruas jalan yang akan mempengaruhi beroperasinya angkutan umum massal di Kabupaten Bogor dengan tipe jalan Nasional dengan 2 jalur tidak terbagi. Hasil perhitungan kapasitas ruas jalan pada koridor 5 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kapasitas Ruas Jalan Koridor 2

Titik Halte	Lebar Jalan Efektif	Faktor Penyesuaian							C (skr/jam)
		FCIj	FCpa	Level	Jenis	Lebar	FChs	Fcuk	
Halte Rancamaya	14	1,34	1	Tinggi	Kereb	1,5	0,84	1,04	3395
Halte SDN Banjarwaru	10,5	1,29	1	Sedang	Kereb	1,5	0,91	1,04	3540
Halte SDN Teluk pinang	10	1,29	1	Sedang	Kereb	1,5	0,91	1,04	3540

Titik Halte	Lebar Jalan Efektif	Faktor Penyesuaian							C (skr/jam)
		FCIj	FCpa	Level	Jenis	Lebar	FChs	Fcuk	
Halte PT Hokan	10	1,29	1	Rendah	Kereb	1,5	0,95	1,04	3696
Halte Granit Sandimas	10	1,29	1	Rendah	Kereb	1,5	0,95	1,04	3696
Halte SDN Cikreteg	10.6	1,29	1	Tinggi	Kereb	1,5	0,84	1,04	3268
Halte PT Milko	10	1,29	1	Rendah	Kereb	1,5	0,95	1,04	3696
Halte PT Tirta Fresindo I	10	1,29	1	Sedang	Kereb	1,5	0,91	1,04	3540
Halte Kantor Kecamatan Caringin	11	1,34	1	Tinggi	Kereb	1,5	0,84	1,04	3395
Halte Kantor Desa Caringin	12	1,34	1	Tinggi	Kereb	1,5	0,84	1,04	3395
Halte Alfamart Cikalang	11	1,34	1	Tinggi	Kereb	1,5	0,84	1,04	3395
Halte Bank BRI Cijeruk	11	1,34	1	Sedang	Kereb	1,5	0,88	1,04	3556
Halte PT Tirta Fresindo II	10	1,29	1	Tinggi	Kereb	1,5	0,84	1,04	3268
Halte SPN Lido	11	1,34	1	Sedang	Kereb	1,5	0,91	1,04	3678
Halte Indomaret Bohlam	11	1,34	1	Tinggi	Kereb	1,5	0,95	1,04	3839
Halte Simpang Danau Lido	10	1,29	1	Sedang	Kereb	1,5	0,91	1,04	3540
Halte kantor Desa Cigombong	10.5	1,29	1	Tinggi	Kereb	1,5	0,84	1,04	3268

#### 4. Level of service

Level of Service (LOS) merupakan ukuran kualitas sebagai rangkaian dari beberapa faktor yang mencakup kecepatan kendaraan dan waktu perjalanan, interupsi lalu lintas, kebebasan untuk maneuver, keamanan, kenyamanan mengemudi, dan ongkos operasi

(operation cost) sehingga LOS dijadikan sebagai tolak ukur kualitas suatu kondisi lalu lintas. Berikut ini kondisi level of service pada rute tersebut berdasarkan kapasitas muat. Kinerja lalu lintas pada ruas jalan koridor 5 dapat dilihat pada Tabel 3.

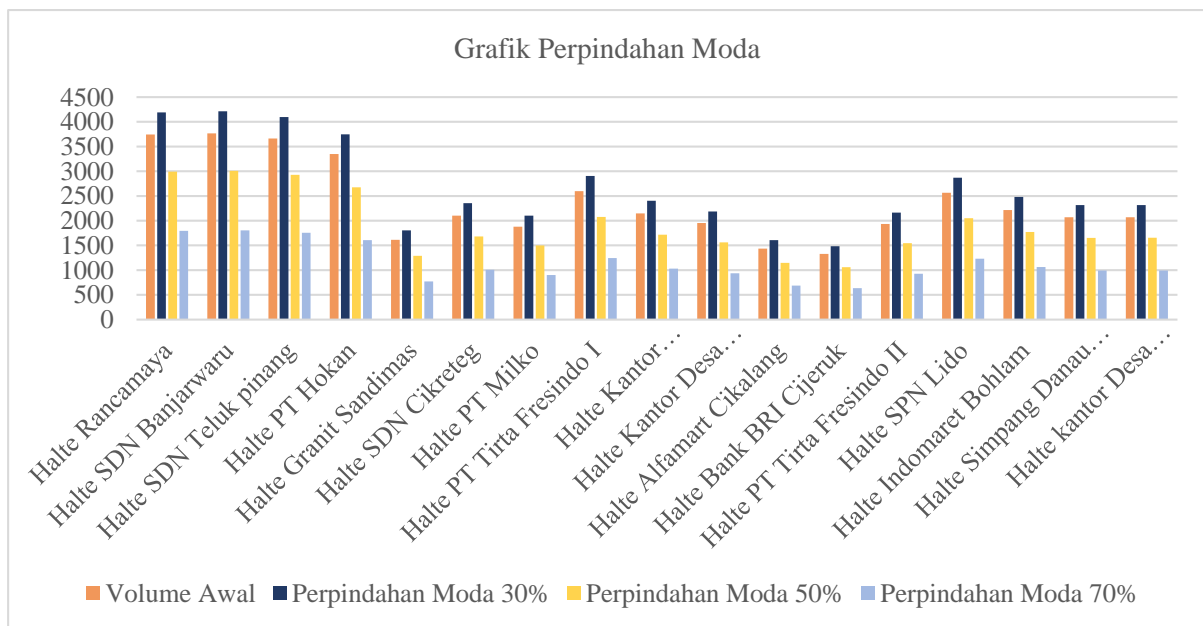
Tabel 3. Kinerja Lalu Lintas Koridor 5

Halte Rencana	C	V	VC Ratio	Jarak	Wkt	Kecepatan Km/jam	Kepadatan skr/km	LOS
Halte Rancamaya	3395	3745	1,10	0,8	0,02	48	43,51	F
Halte SDN Banjarwaru	3540	3765	1,06	0,9	0,03	27	25,39	F
Halte SDN Teluk pinang	3540	3663	1,03	0,55	0,02	33	31,90	F
Halte PT Hokan	3696	3349	0,91	0,75	0,02	45	49,67	E
Halte Granit Sandimas	3696	1612	0,44	0,65	0,03	19,5	44,71	C
Halte SDN Cikreteg	3268	2104	0,64	1	0,03	30	46,61	D
Halte PT Milko	3696	1878	0,51	1	0,03	30	59,04	C
Halte PT Tirta Fresindo I	3540	2598	0,73	0,7	0,02	42	57,23	D
Halte Kantor Kecamatan Caringin	3395	2148	0,63	0,45	0,02	27	42,67	D
Halte Kantor Desa Caringin	3395	1953	0,58	0,75	0,03	22,5	39,10	C
Halte Alfamart Cikalang	3395	1436	0,42	0,8	0,02	48	113,49	C
Halte Bank BRI Cijeruk	3556	1327	0,37	1,2	0,03	36	96,46	B
Halte PT Tirta Fresindo II	3268	1934	0,59	0,9	0,03	27	45,62	C
Halte SPN Lido	3678	2565	0,70	0,5	0,02	30	43,02	D
Halte Indomaret Bohlam	3839	2217	0,58	0,8	0,02	48	83,14	C

Halte Rencana	C	V	VC Ratio	Jarak	Wkt	Kecepatan Km/jam	Kepadatan skr/km	LOS
Halte Simping Danau Lido	3540	2069	0,58	0,7	0,02	42	71,86	C
Halte kantor Desa Cigombong	3268	2071	0,63	0,65	0,02	39	61,56	D

Hasil analisa diatas menunjukkan bahwa kondisi lalu lintas yang akan terjadi pada ruas-ruas jalan yang diamati dengan nilai *level of service* yang bertambah tahun akan semakin buruk. Dimana arus dipaksakan, kecepatan rendah, volume diatas kapasitas, dan antrian panjang (macet). Kondisi tersebut terjadi karena tidak adanya tindakan apa-apa atau tidak ada peralihan moda. Kemudian dilakukan prediksi kondisi lalu lintas apabila diikuti dengan perpindahan moda untuk menekan angka pertumbuhan kendaraan, yang mana orang akan

berpindah menggunakan angkutan umum massal daripada angkutan pribadi di ruas tersebut dengan tujuan agar penempatan lokasi halte tidak mengakibatkan atau memperburuk gangguan lalu lintas untuk mengetahui kondisi lalu lintas dalam beberapa tahun ke depan. Berikut ini adalah kondisi lalu lintas diikuti dengan perpindahan moda sebesar 30% (pesimis), 50% (moderat), 70% (optimis) ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Kondisi Lalu Lintas Dengan Perpindahan Moda

Pada Gambar 4 tersebut dapat dilihat kondisi lalu lintas yang terjadi beberapa tahun kedepan. Pada perpindahan moda 30% dapat dilakukan dengan pembebasan parkir illegal dan mengadakan *Park and Ride*. Pada perpindahan moda 50% dapat dilakukan dengan pembebasan parkir illegal dan memberlakukan jalur satu arah untuk kendaraan pribadi pada rute koridor 5. Pada perpindahan moda 70% dapat dilakukan dengan pembebasan parkir illegal, memberlakukan jalur satu arah, dan system ganjil genap di sepanjang rute koridor 5. Hal ini akan mendorong minat masyarakat untuk memilih menggunakan angkutan umum massal.

5. Kalkulasi perjalanan penempatan titik pemberhentian

Berikut ini adalah kalkulasi perjalanan keberangkatan dan kepulangan rute koridor 5 berdasarkan penempatan jarak titik halte satu dengan yang lainnya sebesar 14,24 km ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.



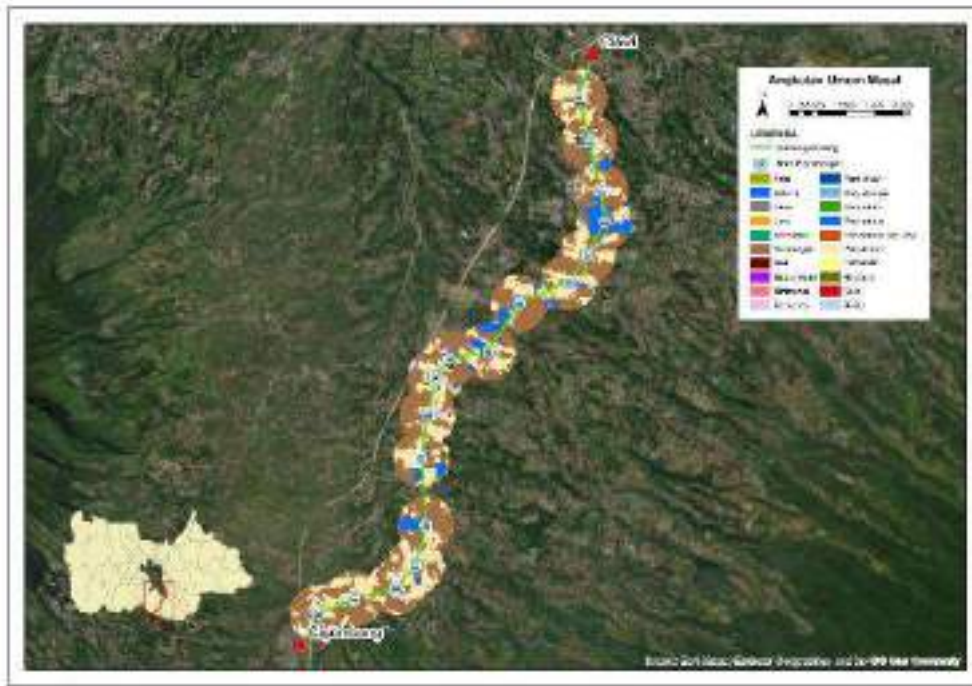
Gambar 5. Rencana Titik Halte Keberangkatan Koridor 5



Gambar 6. Rencana Titik Halte Kepulangan Koridor 5

6. *Demand* di setiap titik pemberhentian  
Setelah dilakukan kalkulasi dan penempatan titik pemberhentian, maka diperoleh potensi demand di setiap titik pemberhentian berdasarkan tata guna lahan

yang ditunjukkan pada Gambar 7. Kemudian dilakukan analisis terhadap luasan lahan tersebut berdasarkan ITE yang ditunjukkan pada Tabel 4 sampai dengan Tabel 20.



Gambar 7. Potensi *Demand* Berdasarkan Tata Guna Lahan

Tabel 4. *Demand* Halte Rancamaya

RANCAMAYA						
Row Labels	Sum of Luas	GFA (Sqm)	Sqf	ITE	Trip/Hrs	Total Trip/Hrs
1 Industri	0,627002	6270,02	67,56	0,40	27,03	
2 Jalan	2,241359	22413,59	241,53	0,00	0,00	
3 Minimarket	0,077813	778,13	8,39	9,24	77,48	
4 Pekarangan	40,175041	401750,41	4329,21	0,00	0,00	
5 Pemukiman	32,200581	322005,81	3469,89	0,19	659,28	
6 Pendidikan	0,282059	2820,59	30,39	1,37	41,64	
7 Pergudangan	0,115673	1156,73	12,46	0,19	2,37	3920,62
8 Peribadatan	0,062948	629,48	6,78	4,22	28,63	
9 Perkantoran	0,205669	2056,69	22,16	0,87	19,28	
10 Pertokoan	1,620843	16208,43	174,66	6,84	1194,67	
11 Ruko	0,731868	7318,68	78,87	6,84	539,44	
12 SPBU	0,178261	1782,61	19,21	69,28	1330,81	

Tabel 5. *Demand* Halte SDN Banjarwaru 2

SDN BANJARWARU 2						
Row Labels	Sum of Luas	GFA (Sqm)	Sqf	ITE	Trip/Hrs	Total Trip/Hrs
1 Industri	2,960953	29609,53	319,07	0,40	127,63	
2 Jalan	1,241432	12414,32	133,78	0,00	0,00	
3 Pekarangan	48,681535	486815,35	5245,86	0,00	0,00	2128,64
4 Pemukiman	20,302505	203025,05	2187,77	0,19	415,68	

<b>SDN BANJARWARU 2</b>						
<b>Row Labels</b>	<b>Sum of Luas</b>	<b>GFA (Sqm)</b>	<b>Sqf</b>	<b>ITE</b>	<b>Trip/Hrs</b>	<b>Total Trip/Hrs</b>
5 Pendidikan	1,622539	16225,39	174,84	1,37	239,53	
6 Pergudangan	1,045720	10457,20	112,69	0,19	21,41	
7 Peribadatan	0,748850	7488,50	80,70	4,22	340,53	
8 Perkantoran	0,880393	8803,93	94,87	0,87	82,54	
9 Pertokoan	0,964373	9643,73	103,92	6,84	710,81	
10 Sport	0,107605	1076,05	11,60	16,43	190,51	

Tabel 6. *Demand Halte* SDN Teluk Pinang

<b>SDN TELUKPINANG</b>						
<b>Row Labels</b>	<b>Sum of Luas</b>	<b>GFA (Sqm)</b>	<b>Sqf</b>	<b>ITE</b>	<b>Trip/Hrs</b>	<b>Total Trip/Hrs</b>
1 Industri	12,403099	124030,99	1336,54	0,40	534,62	
2 Jalan	1,806632	18066,32	194,68	0,00	0,00	
3 Kesehatan	0,044641	446,41	4,81	5,18	24,92	
4 Pekarangan	44,669651	446696,51	4813,54	0,00	0,00	
5 Pemukiman	17,440737	174407,37	1879,39	0,19	357,08	
6 Pendidikan	0,123841	1238,41	13,34	1,37	18,28	1585,54
7 Pergudangan	0,806366	8063,66	86,89	0,19	16,51	
8 Peribadatan	0,074590	745,90	8,04	4,22	33,92	
9 Perkantoran	0,002576	25,76	0,28	0,87	0,24	
10 Pertokoan	0,813990	8139,90	87,71	6,84	599,97	

Tabel 7. *Demand Halte* PT Hokan

<b>PT HOKAN</b>						
<b>Row Labels</b>	<b>Sum of Luas</b>	<b>GFA (Sqm)</b>	<b>Sqf</b>	<b>ITE</b>	<b>Trip/Hrs</b>	<b>Total Trip/Hrs</b>
1 Industri	25,318662	253186,62	2728,30	0,40	1091,32	
2 Jalan	2,001244	20012,44	215,65	0,00	0,00	
3 Pekarangan	33,694948	336949,48	3630,92	0,00	0,00	
4 Pemukiman	15,955425	159554,25	1719,33	0,19	326,67	1667,26
5 Pergudangan	1,245249	12452,49	134,19	0,19	25,50	
6 Pertokoan	0,303590	3035,90	32,71	6,84	223,77	

Tabel 8. *Demand Halte* Granit Sandimas

<b>GRANIT SANDIMAS</b>						
<b>Row Labels</b>	<b>Sum of Luas</b>	<b>GFA (Sqm)</b>	<b>Sqf</b>	<b>ITE</b>	<b>Trip/Hrs</b>	<b>Total Trip/Hrs</b>
1 Industri	2,782477	27824,77	299,84	0,40	119,93	
2 Jalan	1,279505	12795,05	137,88	0,00	0,00	
3 Pekarangan	41,718284	417182,84	4495,50	0,00	0,00	
4 Pemukiman	29,630655	296306,55	3192,96	0,19	606,66	
5 Pergudangan	0,438883	4388,83	47,29	0,19	8,99	4620,77
6 Peribadatan	0,136289	1362,89	14,69	4,22	61,98	
7 Pertokoan	2,394097	23940,97	257,98	6,84	1764,61	
8 SPBU	0,275748	2757,48	29,71	69,28	2058,60	



Tabel 9. *Demand Halte SDN Cikreteg*

<b>SDN CIKERETEG</b>						
Row Labels	Sum of Luas	GFA (Sqm)	Sqf	ITE	Trip/Hrs	Total Trip/Hrs
1 Industri	2,650121	26501,21	285,57	0,40	114,23	
2 Jalan	1,167841	11678,41	125,84	0,00	0,00	
3 Pekarangan	42,924736	429247,36	4625,51	0,00	0,00	
4 Pemukiman	27,787828	277878,28	2994,38	0,19	568,93	3276,47
5 Peribadatan	0,142464	1424,64	15,35	4,22	64,78	
6 Pertokoan	0,637550	6375,50	68,70	6,84	469,92	
7 SPBU	0,275748	2757,48	29,71	69,28	2058,60	

Tabel 10. *Demand Halte PT Milko*

<b>PT MILKO</b>						
Row Labels	Sum of Luas	GFA (Sqm)	Sqf	ITE	Trip/Hrs	Total Trip/Hrs
1 Industri	8,215890	82158,90	885,33	0,40	354,13	
2 Jalan	1,527865	15278,65	164,64	0,00	0,00	
3 Pekarangan	49,216806	492168,06	5303,54	0,00	0,00	
4 Peribadatan	0,029659	296,59	3,20	4,22	13,49	1587,90
5 Perkantoran	0,850388	8503,88	91,64	0,87	79,72	
6 Pemukiman	17,620548	176205,48	1898,77	0,19	360,77	
7 Pertokoan	1,057962	10579,62	114,00	6,84	779,79	

Tabel 11. *Demand Halte PT Tirta Fresindo*

<b>PT TIRTA FRESINDO</b>						
Row Labels	Sum of Luas	GFA (Sqm)	Sqf	ITE	Trip/Hrs	Total Trip/Hrs
1 Industri	11,093818	110938,18	1195,45	0,40	478,18	
2 Jalan	1,525738	15257,38	164,41	0,00	0,00	
3 Pekarangan	37,497612	374976,12	4040,69	0,00	0,00	1059,69
4 Pergudangan	0,687533	6875,33	74,09	0,19	14,08	
5 Pemukiman	27,714417	277144,17	2986,47	0,19	567,43	

Tabel 12. *Demand Halte Kantor Kecamatan Caringin*

<b>KANTOR KEC CARINGIN</b>						
Row Labels	Sum of Luas	GFA (Sqm)	Sqf	ITE	Trip/Hrs	Total Trip/Hrs
1 Industri	2,405207	24052,07	259,18	0,40	103,67	
2 Jalan	5,180581	51805,81	558,25	0,00	0,00	
3 Pekarangan	42,588209	425882,09	4589,25	0,00	0,00	
4 Pendidikan	0,633411	6334,11	68,26	1,37	93,51	
5 Pergudangan	0,687533	6875,33	74,09	0,19	14,08	
6 Peribadatan	0,072944	729,44	7,86	4,22	33,17	1157,61
7 Pemukiman	27,792696	277926,96	2994,90	0,19	569,03	
8 Pertokoan	0,249678	2496,78	26,90	6,84	184,03	
9 Restoran	0,102950	1029,50	11,09	14,13	156,75	
10 Pemukiman	0,164195	1641,95	17,69	0,19	3,36	

Tabel 13. *Demand Halte Kantor Desa Caringin*

<b>KANTOR DESA CARINGIN</b>						
Row Labels	Sum of Luas	GFA (Sqm)	Sqf	ITE	Trip/Hrs	Total Trip/Hrs
1 Hotel	0,030378	303,78	3,27	0,60	1,96	
2 Industri	1,551720	15517,20	167,21	0,40	66,88	
3 Jalan	4,090521	40905,21	440,79	0,00	0,00	
4 Pekarangan	39,657605	396576,05	4273,45	0,00	0,00	
5 Minimarket	0,054017	540,17	5,82	9,24	53,78	
6 Pariwisata	1,192647	11926,47	128,52	2,31	296,88	1721,52
7 Pendidikan	0,633411	6334,11	68,26	1,37	93,51	
8 Peribadatan	0,136812	1368,12	14,74	4,22	62,21	
9 Perkantoran	0,056704	567,04	6,11	0,87	5,32	
10 Pemukiman	34,755486	347554,86	3745,20	0,19	711,59	
11 Pertokoan	0,326288	3262,88	35,16	6,84	240,50	
12 Restoran	0,124050	1240,50	13,37	14,13	188,88	

Tabel 14. *Demand Halte Alfamart Cikalang*

<b>ALFAMART CIKALANG</b>						
Row Labels	Sum of Luas	GFA (Sqm)	Sqf	ITE	Trip/Hrs	Total Trip/Hrs
1 Industri	0,488011	4880,11	52,59	0,40	21,03	
2 Jalan	1,256598	12565,98	135,41	0,00	0,00	
3 Minimarket	0,054017	540,17	5,82	9,24	53,78	
4 Pariwisata	1,894565	18945,65	204,16	2,31	471,60	
5 Pekarangan	41,568706	415687,06	4479,39	0,00	0,00	
6 Pemukiman	43,127965	431279,65	4647,41	0,19	883,01	1702,25
7 Pendidikan	0,375292	3752,92	40,44	1,37	55,40	
8 Peribadatan	0,063868	638,68	6,88	4,22	29,04	
9 Perkantoran	0,056704	567,04	6,11	0,87	5,32	
10 Pertokoan	0,201430	2014,30	21,71	6,84	148,47	
11 Restoran	0,022716	227,16	2,45	14,13	34,59	

Tabel 15. *Demand Halte Bank BRI Cijeruk*

<b>BANK BRI CIJERUK</b>						
Row Labels	Sum of Luas	GFA (Sqm)	Sqf	ITE	Trip/Hrs	Total Trip/Hrs
1 Hotel	0,292053	2920,53	31,47	0,60	18,88	
2 Industri	6,704289	67042,89	722,44	0,40	288,98	
3 Jalan	1,458031	14580,31	157,12	0,00	0,00	
4 Pekarangan	41,108515	411085,15	4429,80	0,00	0,00	2200,96
5 Pemukiman	34,779024	347790,24	3747,74	0,19	712,07	
6 Pendidikan	0,242551	2425,51	26,14	1,37	35,81	
7 SPBU	0,153402	1534,02	16,53	69,28	1145,23	

Tabel 16. *Demand Halte PT Tirta Fresindo Jaya*

<b>PT TIRTA FRESINDO JAYA</b>						
Row Labels	Sum of Luas	GFA (Sqm)	Sqf	ITE	Trip/Hrs	Total Trip/Hrs
1 Industri	7,980940	79809,40	860,02	0,40	344,01	1263,13

<b>PT TIRTA FRESINDO JAYA</b>						
<b>Row Labels</b>	<b>Sum of Luas</b>	<b>GFA (Sqm)</b>	<b>Sqf</b>	<b>ITE</b>	<b>Trip/Hrs</b>	<b>Total Trip/Hrs</b>
2 Jalan	1,294945	12949,45	139,54	0,00	0,00	
3 Jasa	0,026881	268,81	2,90	0,87	2,52	
4 Pariwisata	0,333618	3336,18	35,95	2,31	83,04	
5 Pekarangan	56,979723	569797,23	6140,06	0,00	0,00	
6 Pemukiman	18,878791	188787,91	2034,35	0,19	386,53	
7 Pendidikan	0,682094	6820,94	73,50	1,37	100,70	
8 Peribadatan	0,029416	294,16	3,17	4,22	13,38	
9 Perkantoran	0,058999	589,99	6,36	0,87	5,53	
10 Pertokoan	0,101521	1015,21	10,94	6,84	74,83	
11 Restoran	0,036563	365,63	3,94	14,13	55,67	
12 Sport	0,111226	1112,26	11,99	16,43	196,92	

Tabel 17. *Demand Halte SPN Lido*

<b>SPN LIDO</b>						
<b>Row Labels</b>	<b>Sum of Luas</b>	<b>GFA (Sqm)</b>	<b>Sqf</b>	<b>ITE</b>	<b>Trip/Hrs</b>	<b>Total Trip/Hrs</b>
1 Hotel	0,008901	89,01	0,96	0,60	0,58	
2 Industri	0,114565	1145,65	12,35	0,40	4,94	
3 Jalan	2,591017	25910,17	279,20	0,00	0,00	
4 Jasa	0,084083	840,83	9,06	0,87	7,88	
5 Kesehatan	0,077272	772,72	8,33	5,18	43,13	
6 Minimarket	0,034712	347,12	3,74	9,24	34,56	
7 Pekarangan	40,720680	407206,80	4388,00	0,00	0,00	
8 Pemukiman	50,381343	503813,43	5429,02	0,19	1031,51	1758,42
9 Pendidikan	0,251022	2510,22	27,05	1,37	37,06	
10 Peribadatan	0,177201	1772,01	19,09	4,22	80,58	
11 Perkantoran	1,319489	13194,89	142,19	0,87	123,70	
12 Pertokoan	0,067462	674,62	7,27	6,84	49,72	
13 Restoran	0,027975	279,75	3,01	14,13	42,60	
14 Sport	0,170664	1706,64	18,39	16,43	302,16	

Tabel 18. *Demand Halte Indomaret Bohlam*

<b>INDOMARET BOHLAM</b>						
<b>Row Labels</b>	<b>Sum of Luas</b>	<b>GFA (Sqm)</b>	<b>Sqf</b>	<b>ITE</b>	<b>Trip/Hrs</b>	<b>Total Trip/Hrs</b>
1 Hotel	0,008901	89,01	0,96	0,60	0,58	
2 Industri	0,488607	4886,07	52,65	0,40	21,06	
3 Jalan	2,743594	27435,94	295,65	0,00	0,00	
4 Jasa	0,054680	546,80	5,89	0,87	5,13	
5 Kesehatan	0,077272	772,72	8,33	5,18	43,13	
6 Pekarangan	45,464828	454648,28	4899,23	0,00	0,00	
7 Pemukiman	38,996330	389963,30	4202,19	0,19	798,42	1678,32
8 Pendidikan	0,294951	2949,51	31,78	1,37	43,54	
9 Peribadatan	0,250996	2509,96	27,05	4,22	114,14	
10 Perkantoran	1,465674	14656,74	157,94	0,87	137,41	

<b>INDOMARET BOHLAM</b>						
Row Labels	Sum of Luas	GFA (Sqm)	Sqf	ITE	Trip/Hrs	Total Trip/Hrs
11 Restoran	0,155907	1559,07	16,80	14,13	237,39	
12 Sport	0,156755	1567,55	16,89	16,43	277,53	

Tabel 19. Demand Halte Simpang Danau Lido

<b>SIMPANG DANAU LIDO</b>						
Row Labels	Sum of Luas	GFA (Sqm)	Sqf	ITE	Trip/Hrs	Total Trip/Hrs
1 Hotel	0,016765	167,65	1,81	0,60	1,08	
2 Jalan	2,580435	25804,35	278,06	0,00	0,00	
3 Jasa	0,027959	279,59	3,01	0,87	2,62	
4 Pekarangan	43,678991	436789,91	4706,79	0,00	0,00	
5 Pemukiman	34,517797	345177,97	3719,59	0,19	706,72	1059,35
6 Peribadatan	0,051045	510,45	5,50	4,22	23,21	
7 Pertokoan	0,024514	245,14	2,64	6,84	18,07	
8 Restoran	0,202046	2020,46	21,77	14,13	307,64	

Tabel 20. Demand Halte Kantor Desa Cigombong

<b>KANTOR DESA CIGOMBONG</b>						
Row Labels	Sum of Luas	GFA (Sqm)	Sqf	ITE	Trip/Hrs	Total Trip/Hrs
1 Hotel	0.016765	167.65	1.81	0.60	1.08	
2 Jalan	7.413052	74130.52	798.82	0.00	0.00	
3 Kesehatan	0.122717	1227.17	13.22	5.18	68.50	
4 Minimarket	0.072486	724.86	7.81	9.24	72.17	
5 Pekarangan	42.151188	421511.88	4542.15	0.00	0.00	1336.16
6 Pemukiman	54.439699	544396.99	5866.35	0.19	1114.61	
7 Pendidikan	0.144131	1441.31	15.53	1.37	21.28	
8 Pertokoan	0.057285	572.85	6.17	6.84	42.22	
9 Restoran	0.010704	107.04	1.15	14.13	16.30	

Rekapitulasi analisis potensi demand pada masing-masing titik pemberhentian diperoleh bangkitan perjalanan yang ditunjukkan pada Tabel 21.

Tabel 21. Total bangkitan perjalanan dari masing-masing titik pemberhentian

Halte Rencana	Total Trip/Hrs
Halte Rancamaya	3920,62
Halte SDN Banjarwaru	2128,64
Halte SDN Teluk pinang	1585,54
Halte PT Hokan	1667,26
Halte Granit Sandimas	4620,77
Halte SDN Cikreteg	3276,47
Halte PT Milko	1587,90
Halte PT Tirta Fresindo I	1059,69
Halte Kantor Kecamatan Caringin	1157,61
Halte Kantor Desa Caringin	1721,52
Halte Alfamart Cikalang	1702,25

Halte Rencana	Total Trip/Hrs
Halte Bank BRI Cijeruk	2200,96
Halte PT Tirta Fresindo II	1263,13
Halte SPN Lido	1758,42
Halte Indomaret Bohlam	1678,32
Halte Simpang Danau Lido	1059,35
Halte kantor Desa Cigombong	1336,16

### 3.2 Jumlah Armada yang dibutuhkan

Analisis kebutuhan armada yang dibutuhkan dilakukan dengan melihat biaya operasional kendaraan (BOK) [14]. Parameter untuk menghitung kebutuhan armada ditunjukkan pada Tabel 22.

Tabel 22. Parameter hitung kebutuhan armada

Parameter	Keterangan
Jarak tempuh kendaraan	28,16 km/jam
Waktu Operasi dalam 1 hari	16jam

Parameter	Keterangan
Waktu tempuh kendaraan	107menit
Waktu tunggu di ujung halte	15menit
Jumlah halte	34titik
Headway	15menit

Kecepatan rata-rata = 16,56 km/jam

Dwell time = 11,22 menit

Total waktu perjalanan = 132,2 menit

Kebutuhan armada = 9 unit

Cadangan = 1 unit

Total kendaraan yang akan beroperasi sebanyak 10 unit

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil analisis tersebut adalah titik pemberhentian yang dapat memenuhi potensi demand pada rute koridor 5 berjumlah 17 titik yaitu Halte Rancamaya, Halte SDN Banjarwaru, Halte SDN Teluk pinang, Halte PT Hokan, Halte Granit Sandimas, Halte SDN Cikreteg, Halte PT Milko, Halte PT Tirta Fresindo I, Halte Kantor Kecamatan Caringin, Halte Kantor Desa Caringin, Halte Alfamart Cikalang, Halte Bank BRI Cijeruk, Halte PT Tirta Fresindo II, Halte SPN Lido, Halte Indomaret Bohlam, Halte Simpang Danau Lido, dan Halte kantor Desa Cigombong. Jumlah armada yang dibutuhkan untuk pengoperasian Angkutan Umum Massal koridor 5 Kabupaten Bogor sebanyak 10unit kendaraan.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait potensi *demand* dengan mempertimbangkan minat masyarakat untuk menggunakan angkutan umum massal.

#### Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Universitas Ibn Khaldun Bogor yang telah memeberikan kesempatan kepada kami untuk melaksanakan penelitian ini. Terimakasih kepada pihak yang ikut serta membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

#### Daftar Rujukan

[1] Rahmawati, M. "Penentuan Jumlah dan Lokasi Halte Rute I

Bus rapid Transit (BRT) di Surakarta dengan Model Set Covering Problem. Surakarta". Tugas Akhir Teknik Industri UNS Surakarta. 2009.

[2] Pemerintah Kabupaten Bogor. "Penetapan Rute Trayek Angkutan Umum Massal di Wilayah Kabupaten Bogor." Republik Indonesia. 2023.

[3] Ardiansyah, A. "Penentuan Lokasi dan Jumlah Halte Trem di Surabaya dengan Model Set Covering Problem." Tugas Akhir Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 2015.

[4] Dina, Rizka M. "Evaluasi Kebutuhan Fasilitas Halte Angkutan Perkotaan di Kota Pagar Alam," *Politeknik Transportasi Darat Indonesia*, 2022.

[5] Rizki, Pratama. "Evaluasi Halte Bus Trans Metro Deli di koridor 5 Medan Lapangan Merdeka – Tembung terhadap Naik Turun Penumpang Bus Trans Metro Deli," *Universitas Muhammadiyah Sumatera*, 2021.

[6] Muamar, M. "Penentuan Lokasi Potensial Halte dan Feeder BRT Mendukung Terwujudnya Sistem TOD di Kota Makassar," *Universitas Hasanuddin*, 2021.

[7] Muhammad, RNA. "Perencanaan Halte Angkutan Umum Massal Berbasis Jalan (Bus rapid) Transit di Kota Cilegon," *Taruna*, 2015.

[8] Rihadi, Azdi, H. "Analisis Jumlah Penumpang dan Penentuan Lokasi pada Halte Trans Metro Deli Koridor V Berbasis Metode Set Covering Problem," *Universitas Medan Area*, 2022.

[9] Pemerintah Kabupaten Bogor, "Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Bogor 2024-2044," *Republik Indonesia*, 2023.

[10] Dirjen Hubdar, "Pedoman Teknis Perekayasa Tempat Pemberhentian Kendaraan Penumpang Umum" Republik Indonesia, 1996.

[11] Kementerian PUPR, "Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia," Republik Indonesia, 2014.

[12] ITE 10th version, "Trip Generation Manual," 2020.

[13] Dirjen Hubdar, "Pedoman Teknis Perhitungan Biaya Operasional Kendaraan Subsidi Angkutan Penumpang Umum Perkotaan," Republik Indonesia, 2021.

[14] Pemerintah Kabupaten Bogor, "Laporan Akhir Kajian Teknis Angkutan Umum Massal Kabupaten Bogor," 2023.





## Simulation Model for Rainfall Intensity to Landslide Susceptibility (Case Study in Kota Wisata Batu, East Java)

Nurul Adibah Lutfi<sup>1</sup>, Mustaffa Anjang Ahmad<sup>2</sup>, Putera Agung Maha Agung<sup>3\*</sup>,  
Agung Sedayu<sup>4</sup>, Nazirah Muhamad Abdullah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Faculty of Civil Engineering and Built Environment, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM), Malaysia

<sup>2\*)</sup> Center of Applied Geomatics and Disaster Prevention, Faculty of Civil Engineering and Built Environment of UTHM

<sup>3)</sup> Department of Civil Engineering, Geotechnical Engineering, Politeknik Negeri Jakarta, Depok, 16425, Indonesia

<sup>4)</sup> BPBD (Badan Penanggulangan Bencana Daerah) / Balai Kota Amongtani/ Jl. P.Sudirman No.507, KWB, Jawa Timur

\*<sup>2</sup>mustafa@uthm.edu.my; <sup>3</sup>putera.agungmagung@sipil.pnj.ac.id\*

### Abstract

Landslides are one of the most hazardous natural disasters because their occurrences are often destructive to natural and artificial structures on earth and reduce the quality of the surrounding environment. Predicting the susceptibility of an area to landslides is essential for reducing losses in terms of property, human lives, and environmental damages. Kota Wisata Batu (KWB) is one of areas which having a highest landslide potential in East Java, Indonesia, recording data mentioned that there are 109 landslides in 2022 caused by highest rainfall intensity of 502 mm with a number of intensities of 2977mm per year. Study purposed to identify the factors contributing to landslide occurrences using a geodetic measurement method. The study uses geographic information system (GIS) and PRISMA software analyses to examine and/ or evaluate the relationship between rainfall intensity and landslide susceptibility. The study results the generation of rainfall patterns and maps highlighting sensitivity areas to landslides. These visual representations the classification area as a high-risk and susceptibility zone to landslides at Kota Wisata Batu, East Java. January to April, and August to November should have pay attention since these months is reflection of monsoonal climate with the hard rain in a few days without the raining pause. Some places which are required to pay attention, such as: Gunungsari, Tulungrejo, and Songgokerto.

*Keywords:* Landslide, Geographic Information System, Rainfall Simulation Patterns, Sensitivity Maps, Susceptibility Zone.

### Abstrak

Tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang paling berbahaya karena kejadiannya seringkali merusak struktur alam dan buatan di muka bumi, serta menurunkan kualitas lingkungan sekitar. Prediksi kerentanan suatu daerah terhadap tanah longsor sangat penting untuk mengurangi kerugian baik harta benda, nyawa manusia, dan kerusakan lingkungan. Kota Wisata Batu (KWB) merupakan salah satu daerah yang memiliki potensi longsor tertinggi di Jawa Timur, Indonesia, data rekaman menyebutkan terdapat 109 kejadian longsor pada tahun 2022 yang disebabkan oleh intensitas curah hujan tertinggi sebesar 502 mm dengan jumlah intensitas curah hujan sebesar 2977 mm per tahun. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor curah hujan yang berkontribusi terhadap kejadian tanah longsor dengan menggunakan suatu metode pengukuran geodesi. Kajian ini menggunakan analisis- analisis dengan sistem informasi geografis (GIS) dan *software* PRISMA untuk mengkaji dan mengevaluasi hubungan antara intensitas curah hujan dan/ atau kerentanan tanah longsor. Studi ini menghasilkan pola curah hujan dan peta yang menyoroti daerah sensitif terhadap tanah longsor. Visual tersebut menggambarkan wilayah klasifikasi sebagai zona risiko tinggi dan kerentanan terhadap bencana tanah longsor Kota Wisata Batu, Jawa Timur. Bulan Januari hingga April, dan Agustus hingga November patut mendapat perhatian karena bulan-bulan ini merupakan cerminan iklim muson dengan curah hujan yang deras dalam beberapa hari tanpa jeda. Beberapa tempat yang wajib diwaspadai seperti: Gunungsari, Tulungrejo, dan Songgokerto.

Kata kunci: Tanah Longsor, Sistem Informasi Geografis, Pola Simulasi Curah Hujan, Peta Sensitivitas, Zona Kerentanan.

Received by Editor : 2024-05-26 | Revised Finish : 2024-06-17 | Published Online : 2024-09-01

### 1. Introduction

Landslides pose a significant risk worldwide, causing numerous fatalities and substantial damage each year

[1]. It is often triggered by natural disasters such as heavy storms, earthquakes, and volcanic eruptions [2,3]. Different types of landslides, including rockfalls, slope failures, mudflows, and debris flows, can occur due to



various factors, including weather conditions, human activities, and other considerations. Landslides are significantly associated with the slope gradient, the moisture content of the subsoil, and climatic conditions caused by the increasing of soil water content, the heavy rain is a triggered to change of soil volume which causes the lateral soil movement to the toe of slope.

In past few years, Kota Wisata Batu (KWB) or Tourism Batu City has been recorded as an exclusion zones for landslides in East Java, Indonesia classified from small to large scale. In accordance with Batu City Regional Disaster Management Agency (or Badan Penanggulangan Bencana Daerah, BPBD) Kota Batu, the number of landslide disaster has rapidly increased in every year [4,5] approximately 77 landslides occurred between January and early April 2023. One of the biggest disasters in KWB is the landslides with 27 incidents especially during 2018 which indicates that KWB is one of susceptible areaa for landslide in East Java Province [6] after Pacitan region, etc.

All incidents of landslide have affected the geomorphology changes, damage to the infrastructure and loss of life in the surrounding areas. Therefore, it is essential to accurately identify the potential areas and magnitude of slope failures to effectively understand and mitigate future landslide events [7,8]. A comprehensive interpretation is required to assess some factors and size of landslide. Therefore, implementation of landslide monitoring is importantly conducted in prediction some efforts and in stabilizing of soil layers leading to landslides problem. Landslide investigation requires high-resolution spatial information on top of soil layer types, terrain contour, hydrological conditions, and geotechnical parameter for mapping activity, detection performance, monitoring intervention, analyses processing, and anticipation of landslides [9,10]. Besides that, the systematic literature review of landslide study is necessary to identify the specific factors and monitoring system in anticipation of landslides. This study focuses a data processing in monitoring currently and for the past years based on the literature review in determining the potential of landslide phenomena at some certain locations of KWB.

## 2. Material and method

In order to identify the factors of landslide occurrence and to analyze the landslide monitoring solution, the materials and methods were discussed in this section.

### 2.1 Study area

Batu City is a city in East Java Province, Indonesia that has a land area of 202,800 km<sup>2</sup>. Batu City is situated within the geographic coordinates of 122° 17'-122° 57' East Longitude and 7° 44'-8° 26' South Latitude [11]. The city is divided into three districts and twenty-three villages or sub-districts, namely Bumiaji, Batu and

Junrejo. Batu City is located in a hilly zone, surrounded by the several mountains, such as: Gunung Panderman (2010 m), Gunung Welirang (3156 m), and Gunung Arjuno (3339 m) [12]. Recently, KWB has emerged as a well-place for tourism activities. This city has been famous for domestic and international tourists. The areas have been selected as a study area for landslide potential frequently which hit to these regions [13].

### 2.2 Previous study

Several guidance such as: proceeding and journal articles, reports from the KWB government has completed this study. The technical review uses the publishing 2012 to 2023 [14 to 17], and Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses (PRISMA) guideline is followed to identify all the reasons for landslide occurrence in KWB. A GIS-based landslide hazard mapping system in Batu City has been proposed. The method used is the SMART (Simple Multi Attribute Rating Technique) method to determine the status level of susceptibility areas. However, this research [18] is far from sufficient, it only maps the locations of the slides, without considering technical aspects, only for Information Technology (IT) needs. This research will use the geomatic or geospatial data which help map in all conditions of the local area under study, including: contour conditions; land use conditions; etc.

### 2.3 Analysis of geographic information system (GIS)

GIS is a powerful tool that enables the integration of diverse data sets at specific geographic locations, facilitating their analysis and visualization through mapping [19, 20]. The analytical method used by QGIS one of software from GIS method is in the mapping system. QGIS software is used to map utilizing scoring and overlay techniques. Process involved collecting, integrating, preprocessing, and visualizing actual data to the study [21]. Rainfall and landslide occurrence data is employed and developed in this study. Collection data is used to carry out the scoring process and overlap to result a total score representing the landslide susceptibility.

### 2.4 Collection data

There are two types of data used in this study, such as: rainfall data obtained from the Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) of KWB, as shown as Table 1, and landslide potential data obtained from the Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) of KWB as shown as Table 2 during 2022.

## 3. Results and discussion

Firstly, this section focuses on the discussion of data analysis and the result in the research study. The result is presented through descriptive analysis, which is a statistical method used to summarize and describe the main feature, and the findings from this analysis are then collected in the form of tables. Secondly, the result for

GIS analysis is visually displayed through Quantum GIS (QGIS) maps, bar charts and graphs. It operates on multiple platforms and offers a wide range of capabilities, including the visualization, editing, printing, and analysis of geospatial data, as well as the previous data of geospatial information [22]. Both analyses were used to establish correlations and proposed solutions [23].

### 3.1 Some factors of landslide potential

Previous literature reviews have identified five articles that discuss the factors contributing to landslides in KWB. A summary of these studies can be found in Table 3, which provides an overview of the factors associated with landslide occurrences in KWB. The result shows that within the array of factors, rainfall stands out as the predominant contributor to landslides in the region. Therefore, the focus of this study is to examine the important main role of rainfall data specifically as the primary factors to landslide potential. Rainfall has been playing in important role for some parts area of KWB.

Table 1. Rainfall data 2022

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
Rainfall Intensity (mm)	304	349	394	416	34	229	0	55	84	291	501	320

Table 2. Landslide potential data in 2022

Location	Number of landslides
Pandanrejo	2
Bumiaji	2
Bulukert	2
Gunungsari	20
Punten	8
Tulungrejo	16
Sumbergondo	3
Giripurno	3
Sumber Brantas	7
Oro-oro Ombo	1
Temas	9
Sisir	4
Ngaglik	0
Pesanggrahan	0
Songgokerto	15
Sumberejo	0
Sidomulyo	1
Tlekung	0
Junrejo	1
Mojorejo	1
Torongrejo	6
Beji	1
Pendem	0
Dadaprejo	7

### 3.2 Landslide monitoring solution

The study focused on analysing analyzing a landslide monitoring solution application using Quantum Geographic Information System (QGIS). To address the ongoing monitoring the landslide issues susceptibility in the area study, the study utilizes the software QGIS) as a monitoring tool to analyze and to recognize the rainfall patterns. The study aimed to visualize this information

on a geographic map, providing a clear representation of the high-risk or susceptibility areas at some areas focussed in Kota Wisata Batu zone.

### 3.3 Rainfall intensity analysis using QGIS

The rainfall intensity map generated by QGIS in the Batu City area is plotted in Figure 1. The map classifies the rainfall intensity based on a scale ranging from 0 mm to

501mm representing the lowest and highest values, respectively. An analysis of the data reveals the rainfall intensity for each month in 2022. Figure 2 shows a graph illustrating the monthly variation in rainfall intensity during the year 2022. The graph reveals interesting trends and patterns in the rainfall data. The graph demonstrates that the rainfall intensity changes during 2022 in every month over the course of the year. Furthermore, the slope of hilly zone is more stable during dry season than rainy season. This software can simulate on a geographic map the rainfall patterns entire of the study area.

Figure 2 shows a graph illustrating the monthly variation in rainfall intensity during the year 2022. The graph reveals interesting trends and patterns in the rainfall data. The graph demonstrates that the rainfall intensity changes during 2022 in every month year. From January to April, rainfall tends to increase until 416 mm, but the rainfall become minimum reaching 34 mm in May. After May, the rainfall fluctuates during June and July, 229 m and 0.0 mm, respectively. Then, during 4 months or between August to November, the rainfall raises again until 501 mm, tends to decrease until 320 mm in December of every year without the raining pause. This pattern would increase the sliding potential at this area.

Table 3. Summary of new previous study of landslide potential factors in KWB in the last 2 years

No.	Author	Year	Article	Factor	Summary
1.	Firdaus & Sukojo	2015	Pemetaan Daerah Rawan Longsor Metode	rainfall, geological condition, soil condition human activities	The findings of their research were visualized in a map which illustrates a rainfall map generated from the data from the year 2012-2023. The study revealed that the average annual rainfall in Batu City during that period varied between 1500-2343 mm. These rainfall values indicate a moderate climate type for Batu City, with the highest amount of rainfall observed in the northern region, particularly in Bumiaji District. There are three types of soil in the Batu City area namely andosol, grumosol, and mediterranean. The majority of Batu City has grumosol soil (form from limestone and volcanic tuffa).
3.	Agung et al.	2023	Compilation of Parameter Control for Mapping the Potential Landslide Areas.	rainfall, geological condition	Over a 20-year observation period, Sumberbrantas and Tulungrejo Village experienced annual rainfall intensities ranging from 875 to 3000 mm and wet days from 110 to 134 days. Rainfall runoff is linked to land slope, which can lead to landslip zones and dangers on access roads. The two formations, Old anjasmara Volvanics (Qpat) and Upper Quarter Volcanic formation are in at Trunojoyo and Songgokerto village. Songgokerto had a 7.7% land slope area in Batu City, with over 40% of the area having an access road.



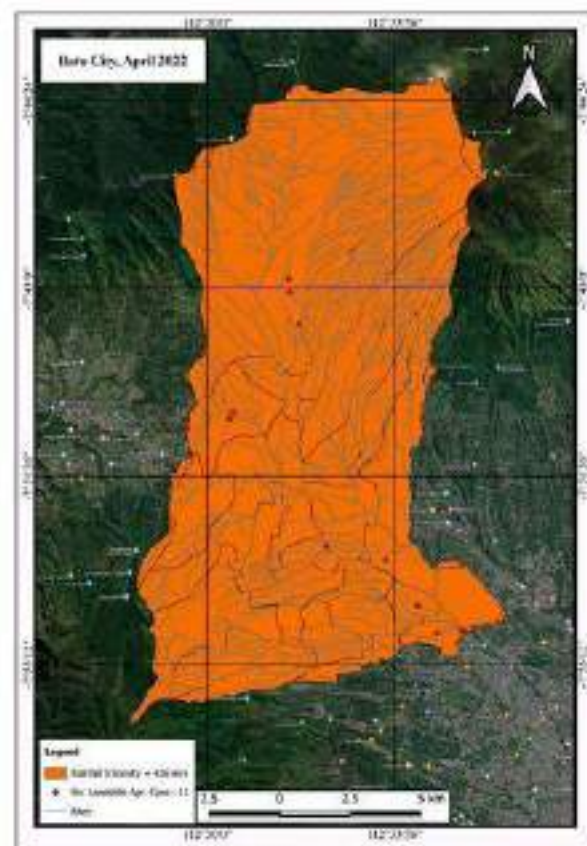
(a)



(b)



(c)

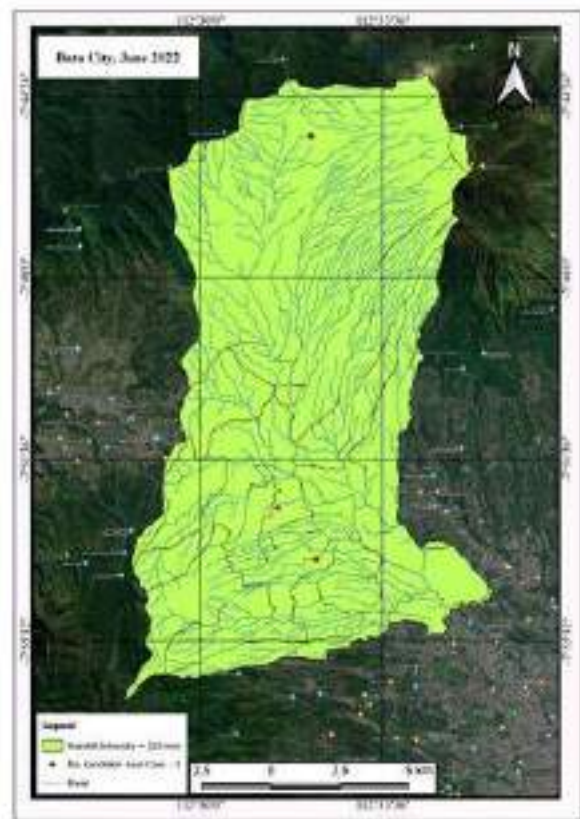


(d)





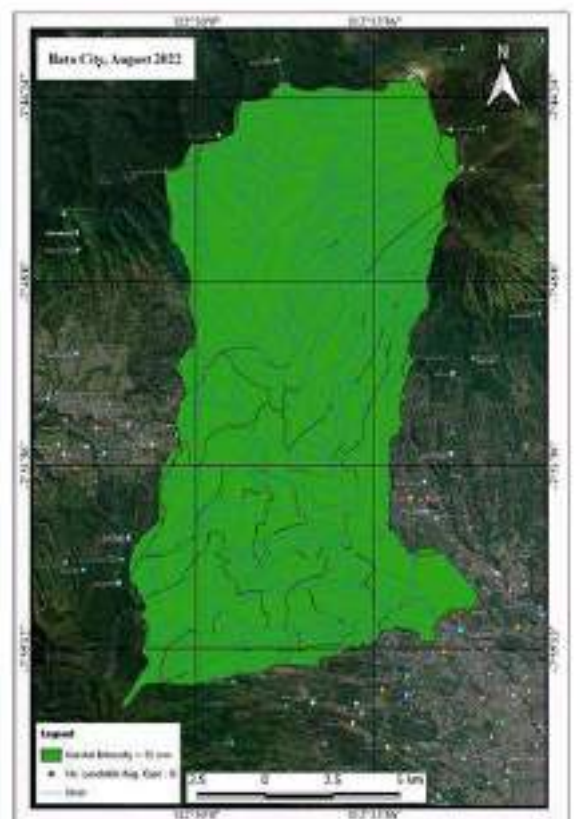
(e)



(f)



(g)



(h)



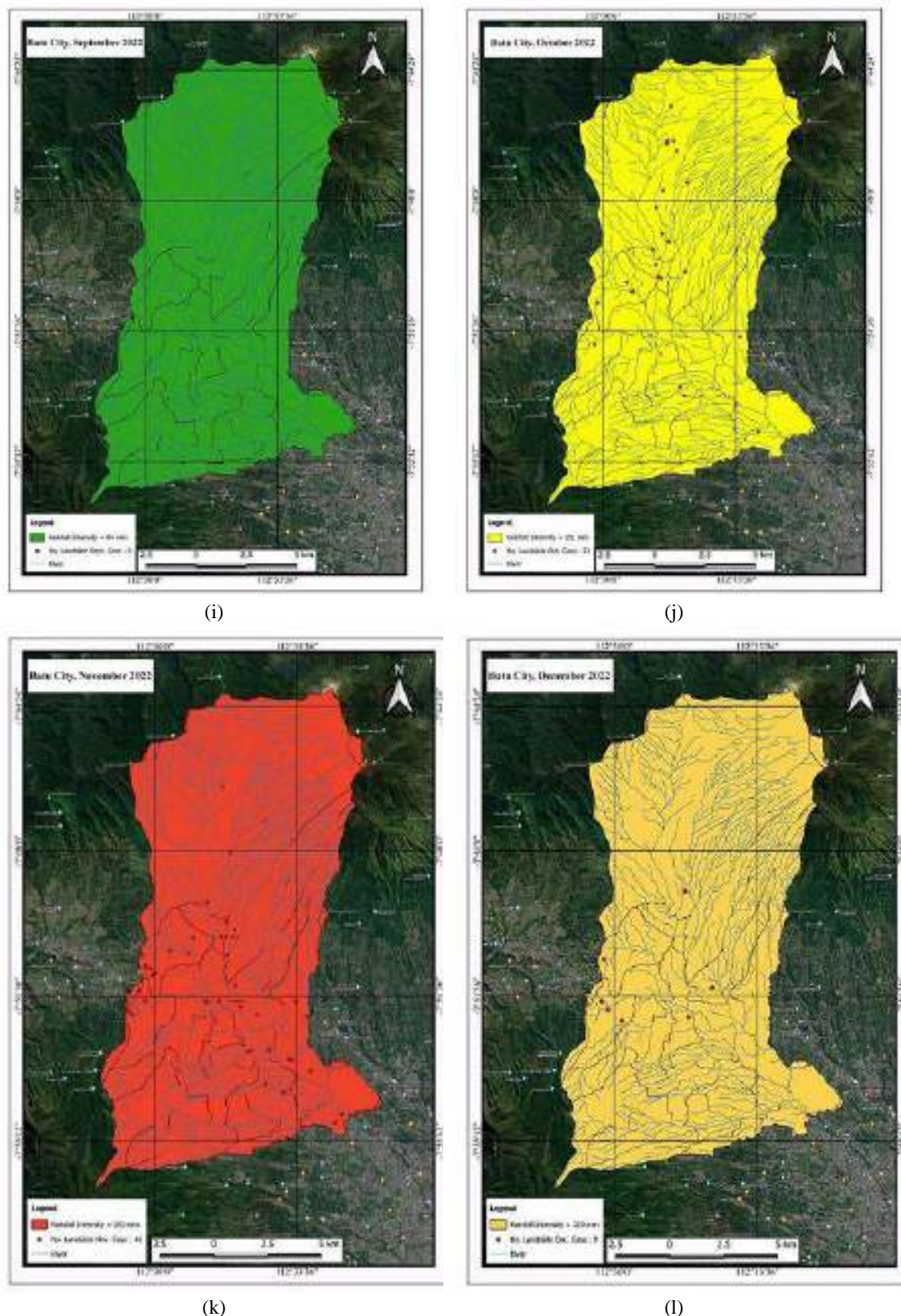


Figure 1: Rainfall Intensity Map of Batu City for 2022: (a) January, (b) February, (c) March, (d) April, (e) May (f) Jun, (g) July, (h) August, (i) September, (j) October, (k) November, (l) December

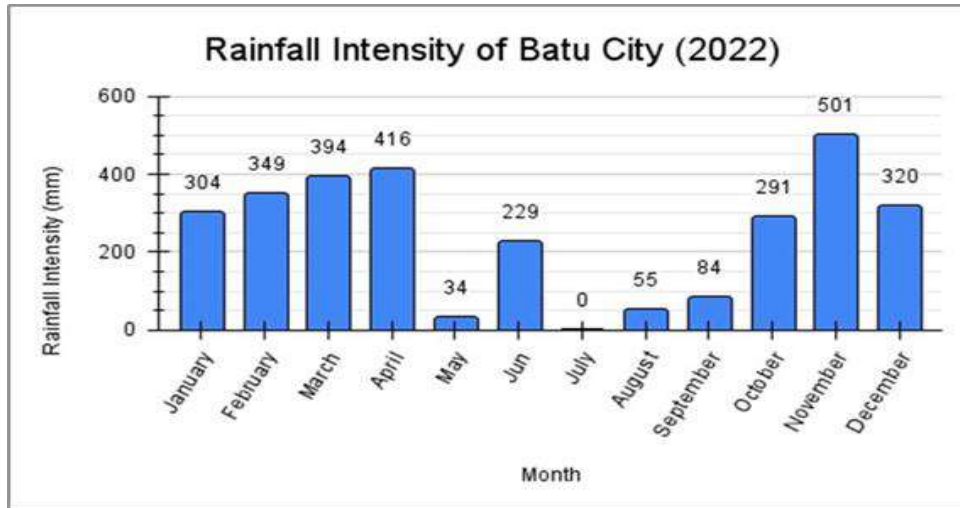


Figure 2. Rainfall Intensity value of Batu City according to each month of 2022

### 3.4 Landslide susceptibility analysis using QGIS.

The landslide susceptibility map for the Batu City area, generated using QGIS and plotted in Figure 4, the classification of landslide susceptibility illustrates the values on a scale ranging from 0 to 20 landslide cases. This scale represents the lowest and highest values, respectively, indicating the variation of degrees of susceptibility to landslides. An analysis of the data from 2022 provides the frequency and distribution of landslide potential of the region. The result indicates that nearly every village in KWB has susceptibility potential to landslides. A total of 109 landslide cases were reported during 2022 and has a significant impact to the existing area. However, the susceptibility map also shows some variations in landslide potential at the other

locations. Gunungsari area could be as the area with the highest landslide potential based on the susceptibility value. The other locations, such as: Tulungrejo and Songgokerto exhibit relatively high landslide potential as well and high susceptibility to this natural disaster using QGIS analysis software.

Figure 3 presents a bar graph plotting results of the number of landslide occurrences potential in each village within Batu City during the year of 2022. The bar graphic model indicates graphically that Gunungsari, Tulungrejo, and Songgokerto had the highest number of landslides incidents with 20, 16, and 15 reported cases from BPBD of KWB, respectively.



Figure 3. Number of landslide incident in KWB during 2022



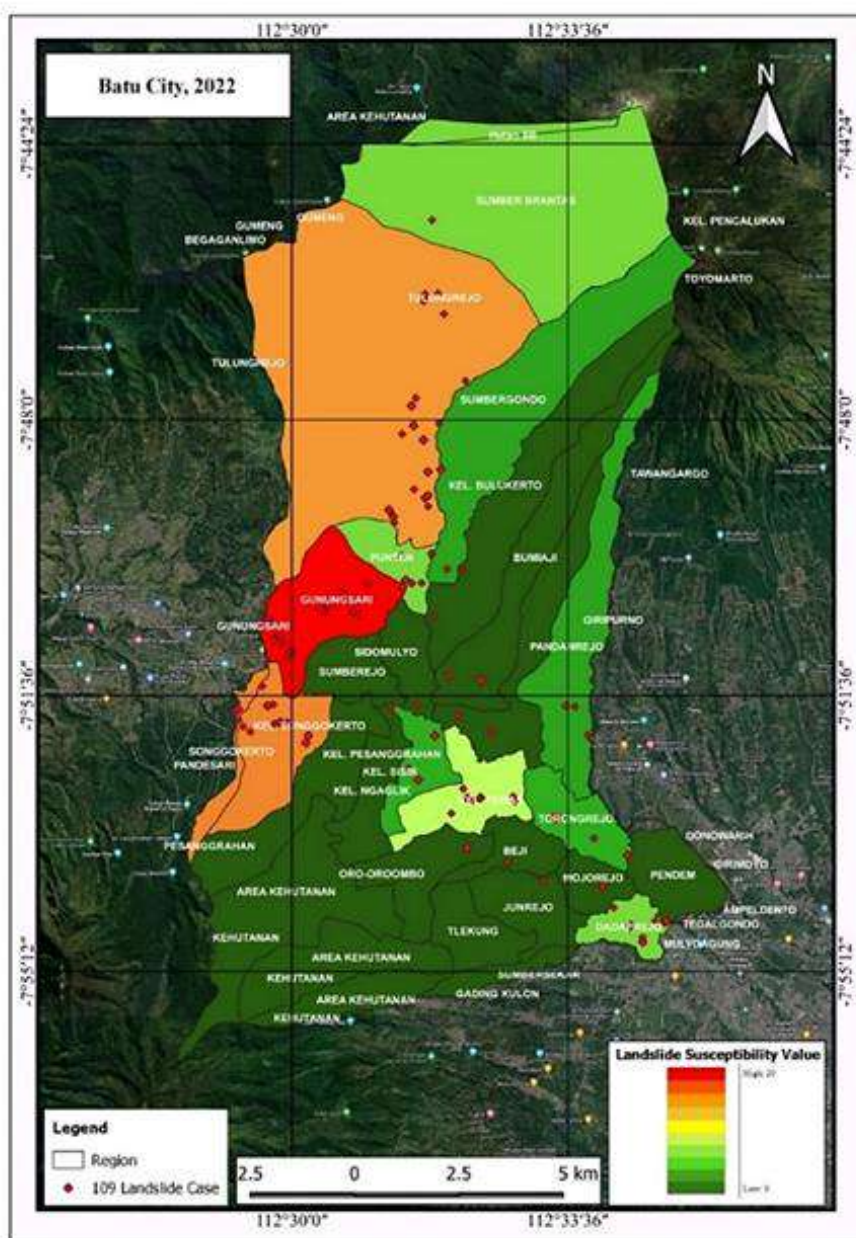


Figure 4. Landslide susceptibility map during 2022 in KWB

### 3.5 Correlation between rainfall intensity and landslide incidents

The correlation between rainfall intensity and landslide incidents shows in KWB. Figure 5 shows the data indicates that higher rainfall intensities tend to raise landslide occurrences incidents. The highest rainfall intensity of 501mm in November correlates with the highest number of landslide cases of 46 incidents reported by BPBD of KWB and some local multimedia. The relationship between rainfall intensity and landslide occurrence can be explained by the impact of heavy rainfall or precipitation on the stability of slopes and the

soil susceptibility condition. Indonesia is not only having tropical climate, but also has the difference significant for rainy and dry seasons including KWB area. During the dry season without rainfall, such as: July, August, and September, the number of landslide incidents become smaller. The rainfall intensity, topographical, geological, geophysical, geotechnical aspect for soil condition, pore water pressure and human activities are some important triggers to the landslide incident in KWB. Some comprehensive studies should be conducted to monitor every ground movement causing the landslide.

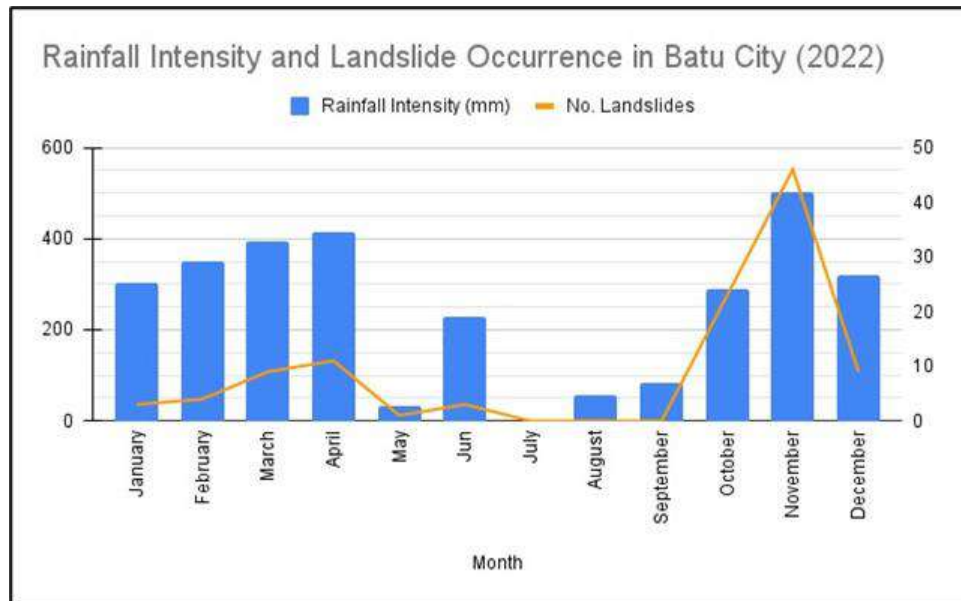


Figure 5. The relationship between rainfall intensity and landslide incidents in Batu city during 2022

Rainfall is one of the triggers for ground movement [24], water surface due to rainfall would enter the soil layers and accumulate along the landslide plane, thereby reducing effective stress and reducing the shear strength of the soil [25]. Most landslide disasters in Indonesia are influenced by climatic conditions with quite high rainfall [26]. Rainfall was also the most common trigger factor for the initiation and reactivation of translational landslides at study area [27]. High rainfall conditions resulted seepage process into the shear plane fractures in landslides, thus increasing pore water pressure and reducing the effective shear resistance of the sliding surface [28], furthermore the seepage due to rain fall would cause acceleration of movement [29]. Depth and surface geometry of soil cracks was very important in determining safety factor of slope stability analysis and estimating the possibility of landslides [30].

Landslide mechanism at study area was also influenced by the soil material in the top layer, the geometry of the bedrock, and the water content below the surface [31]. Steep slope conditions could also trigger the intensity of landslides due to low soil stability [32]. The process of landslides begins with water infiltration into the soil which increases the weight of the soil. If the water penetrates to the impermeable soil layer which functions as a sliding surface, the weathered soil above will move along the slope and leave its initial condition.

#### 4. Conclusion and discussion

This research study was to identify the factors contributing to landslide incidents and to analyze the potential of landslide. The factors identified as common contributors to landslides incidents were rainfall, geological conditions, soil conditions, and human activities. Rainfall is the main factor associated with frequency level of landslide incidents in KWB. The

results concluded that the heavy rainfall plays the important role in slope sliding in KWB, beside the other factors, such as: the geological, soil condition, and human activity factor. The months to be careful is between January to April, and August to November. These months is reflection of monsoonal climate with the hard rain for some time. Some places which are required to pay attention, such as: Gunungsari, Tulungrejo, and Songgokerto.

It would be also concluded from this study that some risk assessments were required to make landslide susceptibility map, a potential of slope sliding was depended on input and output of physical and mechanical properties of soil layers. In this study was found that collapse or landslide process was caused by two components, such as: increasing and/ or reducing of shear stress. Increasing of shear stress on slopes could be caused by several things, such as:

1. Additional loadings to the slope, such as building infrastructures, reservoir structures from natural or manmade, rock layers compressing the slope zone and additional of soil filling to increase embankments height at top of the slope.
2. Elimination of structural reinforcement or vegetation due to cutting process and material movements of the slope toe, or structure failure behind the slope.
3. Alteration of groundwater table on slopes or sudden drawdown.
4. Lateral force from an earthquake which could push the soil block in a horizontal direction.

Reducing of shear strength could be caused by several factors, such as:

1. Increasing of pore water pressure due to water infiltration into slopes, uncontrolled water discharge in drainage channels, or earthquakes resulting in increasing process of pore water pressure.

2. A potential of swelling-shrinkage at soil layer of the slope, so the soil layers could be easily to absorb water, but it could remove the soil cohesion.
3. Physical-chemical weathering and degradation due to ion exchange, hydrolysis processes, salting.
4. Gradual failure occurred due to shear strain softening phenomena of soil layers.

Some other conclusions from this study found that some important data required as input for landslide maps including:

- i. Transmissivity or seepage potential at the slope ( $\text{m}^2/\text{hr}$ ) (is the rate at which groundwater flows horizontally through the aquifer layer or soil).
- ii. Void ratio and/ or porosity of soil grains (fraction of voids per unit volume).
- iii. Potential of outlet discharge ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) (the amount of discharge that crosses part of area in unit time).
- iv. Catchment area of rainfall potential ( $\text{m}^2$ ).

This study also concluded that the model of susceptibility map requires the following important of soil data parameter:

- i. Soil cohesion (in kPa).
- ii. Angle of internal friction (in degrees or ( $^\circ$ )).
- iii. Initial of weight volume weight ( $\text{kN}/\text{m}^3$ ).
- iv. Dry and wet soil volume weight ( $\text{kN}/\text{m}^3$ ).
- v. Depth of soil elements from ground surface (m).

The final input parameter is vegetation of root cohesion (kPa). Classification of landslide areas were required to susceptibility analysis, such as: slopes at river bends; slope at bay area; slope at fault areas, slope at near earthquake vibration etc. Potential landslide zones were sensitive to landslides according to the terrain conditions and geological conditions due to external disturbances, natural and human activities. Based on hydrogeomorphology, it could be divided into three types of zones based on Indonesia Regulation of PUPR (2007) [33], namely: type A of slope zone where the slope  $> 40\%$ , with an altitude above 2000 meters above the mean sea level (MSL); type B of slope zone where the slope between  $21\% - 40\%$ , height 500 - 2000 meters of MSL); type C of slope zone where the slope between  $0\% - 20\%$ , with a height of 0 - 500 meters of MSL).

Mapping process was carried out using scoring and overlay methods with QGIS software. In this study, the parameters used were rainfall, rock type, gradient of slope, land cover and soil type [34]. The scoring and quality data were then overlaid to produce a total score which was the value of the level of landslide susceptibility. The greater the total score, the higher level of susceptibility. Results of the analysis obtained from this research was a map of the landslide susceptibility level of Batu Tourism City (KWB), which was divided into 4 classes, such as: low, medium, high, and very high based on the total score. Utilizing QGIS applications in mapping landslide susceptibility could simplify analysis work and shorten time and costs. The estimation model used the parameters causing the

landslides, such as: rainfall, rock type, slope gradient, land covering and soil type.

The QGIS (quantum geographic informatic system) system could have the ability to connect various data at a certain point on the earth in combining and analyzing and finally, a susceptibility map as the results. The data that would be processed in QGIS is spatial data, namely data that was geographically oriented and was a location that had a certain coordinate system, as a reference basis. The utilization of GIS and/ or QGIS as a monitoring solution facilitated the generation of rainfall patterns and maps indicating areas suscept to landslides [35]. By plotting rainfall patterns and landslide incidents together in one map, the public could identify high-risk areas and avoid the landslides disaster. The QGIS was suitable to make the early warning system at the study area [36].

#### Acknowledgement

The authors would also like to express their gratitude to the Faculty of Civil Engineering and Built Environment at Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM) and Geotechnical Engineering in Civil Engineering Department of Politeknik Negeri Jakarta for their assistance.

#### References

- [1] Abedin, J., Rabby, Y. W., Hasan, I., & Akter, H. An investigation of the characteristics, causes, and consequences of June 13, 2017, landslides in Rangamati District Bangladesh. *Geoenvironmental Disasters, Vol 7, No. 1*, pp. 1-19. 2020.
- [2] Skilodimou, H. D., Bathrellos, G. D., Koskeridou, E., Soukis, K., & Rozos, D. Physical and anthropogenic factors related to landslide activity in the northern Peloponnese, Greece. *Land, Vol. 7, No. 85*, pp. 2-18. 2018.
- [3] Bozzano, F.; Cipriani, I.; Mazzanti, P.; Prestininzi, A. Displacement patterns of a landslide affected by human activities: Insights from ground-based InSAR monitoring. *Nat. Hazards, Vol. 59*, pp. 1377–1396. 2011.
- [4] Kriswibowo, R., Ramdani, F., & Aknuranda, I. Exploring the role of geospatial technology in disaster management of Batu City: Qualitative analysis using RQDA method. *Journal of Information Technology and Computer Science, Vol. 6, No. 1*, 80–95. 2021.
- [5] Muhammad Fathur Rouf Hasan, Putera Agung Maha Agung, Adi Susilo, Eko Andi Suryo, Adnan Bin Zainorabidin, Andrias Rudi Hermawan. Wedge Slope Failure of Natural Sedimentary Rock Formation Based on Weathering Potential. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics Vol. 19, No. 2*, pp. 387-396. 2024.
- [6] Siswahyudi, P., Ramdani, F., & Bachtiar, F. A. Evaluating Conceptual Framework for Landslides Natural Disaster Management using Feature Analysis. *Journal of Information Technology and*



- Computer Science*, Vol. 4, No. 3, pp. 241–252. 2019.
- [7] Davies, T. *Landslide Hazards, Risks, and Disasters: Introduction. Landslide Hazards, Risks, and Disasters*. Elsevier Inc, 473 p. 2015.
- [8] Putera Agung Maha Agung, Mustaffa Anjang Ahmad, Muhammad Fathur Rouf Hasan. Probability Liquefaction on Silty Sand Layer on Central Jakarta. *International Journal of Integrated Engineering*, Vol. 14, No. 9, pp. 48-55. 2022.
- [9] Dou, J., Bui, D. T., Yunus, A. P., Jia, K., Song, X., Revhaug, I., Xia, H., & Zhu, Z. Optimization of causative factors for landslide susceptibility evaluation using remote sensing and GIS data in parts of Niigata, Japan. *PLoS ONE*, Vol. 10, No. 7, pp. 1-29. 2015.
- [10] Putera Agung Maha Agung, Ramlan Sultan, Muhammad Idris, Agus Tugas Sudjianto, Mustaffa Anjang Ahmad, Muhammad Fathur Rouf Hasan. Probabilistic of in Situ Seismic Soil Liquefaction Potential Based on CPT-Data in Central Jakarta, Indonesia. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, Vol. 14, No. 1, pp. 241-248. 2023.
- [11] Hartono, R. Landsat 7 Imagery Interpretation for Mapping Potential Hazard of Landslide in Batu City Area of East Java Province, Indonesia. *ICGE Vol. 79*, pp. 24–27. 2017.
- [12] Firdaus, H. S., & Sukojo, B. M. Pemetaan Daerah Rawan Longsor dengan Metode Penginderaan Jauh dan Operasi Berbasis Spasial, Studi Kasus Kota Batu Jawa Timur. *Jurnal Geosaintek*, Vol. 1, No. 1, pp. 25-34. 2015.
- [13] Suprpto, F. A., Juanda, B., Rustiadi, E., & Munibah, K. Study of Disaster Susceptibility and Economic Vulnerability to Strengthen Disaster Risk Reduction. *Land*, Vol 11, pp. 1-23. 2022.
- [14] Zhou, X. P. & Cheng, H. Analysis of stability of three-dimensional slopes using the rigorous limit equilibrium method. *Engineering, Geology* Vol. 160, 21–33. 2013.
- [15] Mergili, M., Marchesini, I., Rossi, M., Fausto, G. & Fellin, W. F. Spatially distributed three-dimensional slope stability modelling in a raster GIS. *Geomorphology* Vol. 206, pp. 178–195. 2014.
- [16] Liu, S. Y., Shao, L. T. & Li, H. J. Slope stability analysis using the limit equilibrium method and two finite element methods. *Computers and Geotechnics*, Vol. 63, pp. 291–298. 2015.
- [17] Mahato R, Bushi D, Nimasow G, Nimasow OD and Joshi RC. AHP and GIS-based delineation of groundwater potential of Papum Pare District of Arunachal Pradesh, India. *Journal of the Geological Society of India* 98, Vol. 1, pp. 102–112. 2022.
- [18] Wang G, Zhao B, Wu B, Zhang C and Liu W Intelligent prediction of slope stability based on visual exploratory data analysis of 77 in situ cases. *International Journal of Mining Science and Technology*, Vol. 33, No. 1, pp. 47–59. 2023.
- [19] Xianghui Jian. Slope visualisation and stability study using geographic information science. *Geotechnical Research*, Emerald Publishing, pp. 1-11. 2023.
- [20] Lü, G., Batty, M., Strobl, J., Lin, H., Zhu, A. X., & Chen, M. Reflections and speculations on the progress in Geographic Information Systems (GIS): a geographic perspective. *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 33, No. 2, pp. 346–367. 2019.
- [21] Süzen ML, Doyuran V. Data driven bivariate landslide susceptibility assessment using geographical information systems: a method and application to Asarsuyu catchment, Turkey. *Eng Geol*. Vol. 71, pp. 303–321.
- [22] Chang, K. T. *Introduction to geographic information systems*, ninth edition (9th ed.). McGraw-Hill Education, 2 Penn Plaza, New York, NY 10121, 464 p. 2018.
- [23] Xie, M., Esaki, T., Zhou, G., & Mitani, Y. Geographic Information Systems-Based Three-Dimensional Critical Slope Stability Analysis and Landslide Hazard Assessment. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 129, No. 12, pp. 1109–1118. 2003.
- [24] Agung, P. A. M., Hasan, M. F. R., Susilo, A., Ahmad, M. A., Ahmad, M. J. Bin, Abdurrahman, U. A., Sudjianto, A. T., & Suryo, E. A. Compilation of Parameter Control for Mapping the Potential Landslide Areas. *Civil Engineering Journal*, Vol. 9, No. 04, pp. 974–989. 2023.
- [25] M. Kamiński, P. Zientara, and M. Krawczyk. Electrical resistivity tomography and digital aerial photogrammetry in the research of the ‘Bachledzki Hill’ active landslide – in Podhale (Poland). *Eng. Geol.*, Vol. 285, p. 106004. 2021.
- [26] A. Salimah, M. F. R. Hasan, Suripto, Yelvi, and I. H. Sasongko. Analisis Stabilitas dan Perkuatan Lereng Menggunakan PLAXIS2D di Desa Sukaresmi, Sukabumi, Jawa Barat. *Jukung (Jurnal Tek. Lingkungan)*, Vol. 5, No. 2, pp. 29–36. 2019.
- [27] C. Ling, Q. Xu, Q. Zhang, J. Ran, and H. Lv, Application of Electrical Resistivity Tomography for Investigating the Internal Structure of A Translational Landslide and Characterizing its Groundwater Circulation (Kualiangzi Landslide, Southwest China). *J. Appl. Geophys.*, Vol. 131, pp. 154–162. 2016.
- [28] S. S. Uhlemann et al. Integrated time-lapse geoelectrical imaging of wetland hydrological processes. *Water Resour. Res.*, Vol. 52, No. 3, pp. 1607–1625. 2016.
- [29] A. Ramzani and A. N. Dehghan. A Geo-Electrical Study to Determine the Geometry of Landslide Using a Physically-Based Model. *Indian Geotech. J.* 2021 522, Vol. 52, No. 2, pp. 372–380. 2021.

- [30] P. Imani, G. Tian, S. Hadiloo, and A. A. El-Raouf. Application of combined electrical resistivity tomography (ERT) and seismic refraction tomography (SRT) methods to investigate Xiaoshan District landslide site: Hangzhou, China. *J. Appl. Geophys.*, Vol. 184, p. 104236. 2021.
- [31] S. Rezaei, I. Shooshpasha, and H. Rezaei. *Reconstruction of landslide model from ERT, geotechnical, and field data, Nargeschal landslide, Iran.* Bull. Eng. Geol. Environ, Vol. 78, No. 5, pp. 3223–3237. 2018.
- [32] K. D. Priyono, Jumadi, S. Saputra, and V. N. Fikriyah. Risk Analysis of Landslide Impacts on Settlements in Karanganyar, Central Java, Indonesia. *Int. J. GEOMATE*, Vol. 19, No. 73, pp. 100–1007. 2020.
- [33] Triutomo, B. M. *Pengenalan Karakteristik Bencana Dan Upaya Mitigasinya Di Indonesia edisi II.* Jakarta: Pelaksana Harian Badan Koordinasi Nasional Penanganan Bencana. 2007.
- [34] Karnawati, D. *Mekanisme Gerakan Massa Batuan Akibat Gempabumi; Tinjauan dan Analisis Geologi Teknik.* Yogyakarta: Pascasarjana Universitas Gadjah Mada Jurusan Teknik Sipil dan Jurusan Teknik Geologi. 2007.
- [35] Dewi, K. D. Evaluation of Land Use Change in the Upstream of Ciliwung Watershed to Ensure Sustainability of Water Resources. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, Vol 12, No 1, pp. 11-19. 2015.
- [36] Izhom, B. *Kerentanan Wilayah Tanah Longsor Di Daerah Aliran Cicatih, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat.* Depok: Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Departemen Geografi. Universitas Indonesia. 2012.



## Penerapan Building Information Modeling (BIM) Pada Bangunan Gedung Bertingkat Menggunakan Tekla Structures

Wawan Aditya<sup>1</sup>, Meilandy Purwandito<sup>2</sup>, Arisna Fauzia<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Samudra

<sup>1</sup>wandya21@gmail.com, <sup>2</sup>meilandy@unsam.ac.id\*, <sup>3</sup>arisnafauzia@unsam.ac.id

### Abstract

*Building Information Modeling (BIM) is a digital representation that has transformed the way the construction industry operates through the digitalization and digital data management. This advancement digitalization is also supported by the Ministry of Public Works and Housing (PUPR) through Ministerial Regulation number 22/PRT/M/2018, which mandates the use of BIM methods in the construction of state buildings with more than two floors. The BIM Implementation Policy in PUPR infrastructure development, published by the Research and Development Center for Policy and Technology Application in 2019. The success of construction projects is determined by the accuracy of quality, time, and cost, both in the planning and construction stages. The research object is the multi-story lecture building of the Faculty of Economics at Universitas Samudra. The study was conducted by modeling the building structure using Tekla Structures, then comparing the Bill of Quantity (BOQ) generated by the BIM concept with the BOQ calculated manually. Data were obtained from the planning documents Detail Engineering Design (DED) and BOQ by the Planning Consultant, referring to the SNI 2847:2019 standard Requirements for Structural Concrete for Buildings. The research results show that the comparison of BOQ work using the BIM method on structural components produced a concrete volume of 432.20 m<sup>3</sup> (97.26%), a deformed bar weight of 44,138.38 kg (90.49%), and a plain bar weight of 37,023.87 kg (97.09%) of the planned calculation. The differences obtained are due to the different calculation methods in BIM, manual calculation errors (human error), and rebar detailing calculations using general equations.*

*Keywords: BIM, Multi-Story Building, Tekla Structures, Bill of Quantity.*

### Abstrak

*Building Information Modeling (BIM) merupakan representasi digital yang telah mengubah cara kerja di dunia konstruksi melalui digitalisasi dan manajemen data digital. Kemajuan digitalisasi ini juga didukung oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) melalui Peraturan Menteri nomor 22/PRT/M/2018, yang mewajibkan penggunaan metode BIM pada pembangunan Gedung Negara lebih dari dua tingkat. Kebijakan Implementasi BIM pada pembangunan infrastruktur PUPR, yang dipublikasikan oleh Pusat Litbang Kebijakan dan Penerapan Teknologi pada tahun 2019. Obyek penelitian ini adalah Gedung ruang kuliah bersama Fakultas Ekonomi Universitas Samudra. Penelitian dilakukan dengan memodelkan struktur bangunan gedung menggunakan Tekla Structures, kemudian membandingkan Bill of Quantity (BOQ) yang dihasilkan oleh konsep BIM dengan BOQ yang dihitung secara manual. Data diperoleh dari dokumen perencanaan Detail Engineering Detail (DED) dan BOQ Konsultan Perencana, merujuk pada standar SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbandingan pekerjaan BOQ menggunakan metode BIM pada komponen struktur menghasilkan volume beton sebesar 432,20 m<sup>3</sup> (97,26%), berat pembesian ulir sebesar 44.138,38 kg (90,49%), dan berat pembesian polos sebesar 37.023,87 kg (97,09%) dari hitungan perencanaan. Perbedaan hasil yang didapat disebabkan oleh perbedaan metode perhitungan pada BIM, kesalahan perhitungan secara manual (human error), serta perhitungan pendetailan tulangan yang menggunakan persamaan umum.*

*Kata kunci: BIM, Gedung Bertingkat, Tekla Structures, Bill of Quantity.*

Diterima Redaksi : 2024-05-30 | Selesai Revisi : 2024-06-12 | Diterbitkan Online : 2024-09-01

### 1. Pendahuluan

Universitas Samudra merupakan salah satu Perguruan Tinggi Negeri yang berada di Kota Langsa, Provinsi Aceh, Indonesia. UNSAM sangat berperan penting dalam peningkatan mutu terhadap sumber daya manusia

yang berkualitas. Perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan yang semakin pesat mengakibatkan Universitas Samudra harus mampu bersaing dengan Perguruan Tinggi lain di daerah berkembang. Dengan jumlah peningkatan Mahasiswa yang meningkat setiap



tahunnya disetiap program studi menjadi salah satu hal yang harus ditinjau kembali dalam kebutuhan sarana ruang belajar bagi Mahasiswa. Permasalahan utama dalam penentuan ruang kelas disetiap mata kuliah, banyak Mahasiswa yang memberikan keluhan mengenai kebutuhan ruang kelas dalam mengampu pembelajaran di Universitas Samudra. Dalam menghadapi permasalahan tersebut, Universitas Samudra berencana melakukan pembangunan Gedung Kuliah Bersama Fakultas Ekonomi Universitas Samudra dengan luas bangunan 1.055 m<sup>2</sup> dengan 3 tingkatan lantai. Dalam mendukung Permen PUPR No.22/2018 tentang Pembangunan Gedung Negara yang mewajibkan digunakannya metode BIM untuk bangunan gedung negara seluas diatas 2000m<sup>2</sup> dan lebih dari dua lantai [1]. Keberhasilan proyek yang tepat waktu, biaya, dan mutu merupakan suatu tujuan penting bagi pemilik proyek maupun penyedia jasa. Seiring waktu, proyek konstruksi sering kali dihadapi dengan berbagai jenis permasalahan, baik yang berkaitan dengan tahap perencanaan maupun kegiatan pelaksanaan proyek di lapangan, yang mana hal tersebut dapat berpengaruh terhadap tingkat keberhasilan proyek. Oleh karena itu, perlu diterapkannya manajemen proyek yang baik agar proyek dapat diselesaikan secara tepat waktu, biaya, maupun mutu yang akan dicapai [2][3]. Biaya merupakan salah satu komponen penting dalam proyek konstruksi yang mana biaya ini akan sangat berpengaruh dari masa prakonstruksi, apalagi pada masa konstruksi. Hal inilah yang mendasari dapat dilakukannya pekerjaan BOQ menggunakan *software* berbasis BIM dengan menghitung volume setiap item pekerjaan [4].

*Building Information Modeling* (BIM) adalah metode yang dapat membayangkan konstruksi virtual sebelum konstruksi fisik yang sebenarnya untuk mengurangi ketidakpastian, meningkatkan keselamatan, menyelesaikan masalah dan menganalisis dampak potensial. Di Indonesia melalui Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor 22/PRT/M/2018 [5]. *Building Information Modeling* (BIM) mampu menjamin integrasi data atau informasi seperti mensinkronisasikan data antar beragam stakeholder, *automatic drawing generation*, laporan, analisa desain, simulasi penjadwalan, meminimalisir redundansi data, kehilangan data dan salah penerjemahan data menjadi sebuah informasi [6]. Dalam penerapannya, BIM juga memiliki keuntungan diantara lain: Meningkatkan produktivitas karena adanya koordinasi dan kolaborasi informasi yang saling terintegrasi (*collaboration management*); Mengurangi resiko dalam proses perencanaan, ketidakpastian, meningkatkan keselamatan serta menganalisis dampak potensial proyek; Mengoptimalkan *resources* (biaya, waktu dan sumber daya manusia); Memproduksi gambar teknis yang cepat dan akurat; serta Meminimalisir terjadinya *variation order* [7].

*Tekla Structures* memiliki kemungkinan yang besar untuk dilaksanakan pada saat proses konstruksi di

lapangan. Dengan menggunakan aplikasi *Tekla Structures*, pengguna mampu membuat, mengkombinasikan, mengatur hingga membagikan data proyek dalam bentuk model tiga dimensi sehingga aplikasi ini dapat digunakan baik saat proses perencanaan, proses fabrikasi dan juga proses konstruksi [8]. Manfaat serta keunggulan *Tekla Structures* diantara lain adalah presisi dan kejelasan detail, otomatisasi terhadap hasil, serta efisiensi dan penghematan usaha manajemen [9]. Dengan sistem yang terintegrasi, segala perubahan secara otomatis akan update sewaktu-waktu dan butuh dilakukan revisi. Pemodelan yang membutuhkan waktu singkat dan kemampuan mengoperasikannya akan memberikan hasil manajemen proyek yang efisien. Apabila diaplikasikan hal tersebut sangat menghemat biaya, waktu dan sumber daya manusia [10].

*Bill of Quantity* (BOQ) adalah sebuah daftar singkat pekerjaan beserta perhitungan kuantitasnya. Kuantitas yang dihitung merupakan estimasi karena kuantitas yang sebenarnya sangat sulit dihitung secara akurat akibat ketidakpastian yang terjadi selama pelaksanaan [11]. Metode penghitungan volume yang paling umum adalah metode tradisional yang menghitung semua fungsi satu per satu secara manual. Tujuan dari penyiapan *Bill of Quantity* adalah untuk membantu estimator dalam memproduksi dokumen tender serta juga membantu mempermudah administrasi kontrak yang efisien dan efektif.

Kriteria yang harus dipenuhi oleh pekerjaan struktur suatu bangunan gedung agar kualitas dan keamanan bangunan tersebut sesuai dengan standard masing-masing negara. Negara Indonesia memiliki standar yang dijadikan pedoman dalam pembangunan struktur gedung beton bertulang pada standar/ *code* SNI 2847-2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, SNI atau Standar Nasional Indonesia adalah standar yang ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional dan berlaku secara Nasional (PP 102 tahun 2000 tentang Standardisasi Nasional) [12]. Standar ini mengatur persyaratan minimum untuk desain, konstruksi dan evaluasi kekuatan komponen dan system struktur beton pada setiap struktur yang direncanakan dan dibangun sesuai persyaratan peraturan umum gedung [13]. Merujuk pada SNI 2847:2019 tabel 25.3.1 dalam mendesain detail tulangan kait (beugel) dapat dibuat dengan tiga jenis kait yaitu bengkokan 90°, 135°, dan 180° serta pada sambungan lewatan bagi elemen struktur yang panjang terus menerus sehingga diperlukan penyambungann dengan tiga jenis sambungan penulangan yaitu sambungan mekanis (*coupler*), sambungan lewatan (*overlap*) dan sambungan las tumpul penuh [14].

*Bar bending schedule* merupakan sebuah daftar pola yang berisikan pembengkokan tulangan seperti data bentuk, diameter, panjang dan jumlah tulangan. Data untuk menyusun bar bending schedule tersebut harus berisi ukuran, jumlah, dan dimensi tulangan baja yang

digunakan. Daftar pembengkokan tulangan baja juga digunakan sebagai acuan dalam mengadakan material tulangan. Sebuah tulangan baja biasanya terdiri atas satu atau enam pada bagian. Pada *bar bending schedule* diberi kode ukuran panjang masing–masing dengan huruf A, B, C, D, E dan F sesuai dengan shape diagramnya [15].

Tujuan penelitian ini adalah memodelkan struktur gedung kuliah bersama fakultas ekonomi Universitas Samudra menggunakan aplikasi *Tekla Structures*, kemudian membandingkan BOQ hasil pemodelan Tekla Struktur dengan BOQ yang dihitung secara manual. Selain itu, juga dilakukan *output bar bending schedule* berdasarkan hasil pemodelan tersebut.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan pada rencana proyek Gedung Ruang Kuliah Bersama Fakultas Ekonomi Universitas Samudra Langsa. Pengambilan data didapatkan melalui Konsultan Perencana.

### 2.1. Data Penelitian

Data *Bill of Quantity* (BOQ) Proyek Perencanaan Gedung Ruang Kuliah Bersama Fakultas Ekonomi Universitas Samudra. Data ini digunakan untuk mengetahui berapa hasil volume yang telah dihitung oleh konsultan perencana.

Gambar *Detail Engineering Design* (DED) Proyek Perencanaan Gedung Ruang Kuliah Bersama Fakultas Ekonomi Universitas Samudra. Gambar kerja ini digunakan sebagai pedoman yang akan digunakan untuk memodelkan bangunan pada *software Tekla Structures* yang merujuk pada standar SNI 2847:2019.

### 2.2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada Gedung Ruang Kuliah Bersama Fakultas Ekonomi Universitas Samudra berada di kota Langsa provinsi Aceh.

### 2.3. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dibagi menjadi 4 bagian, diantaranya:

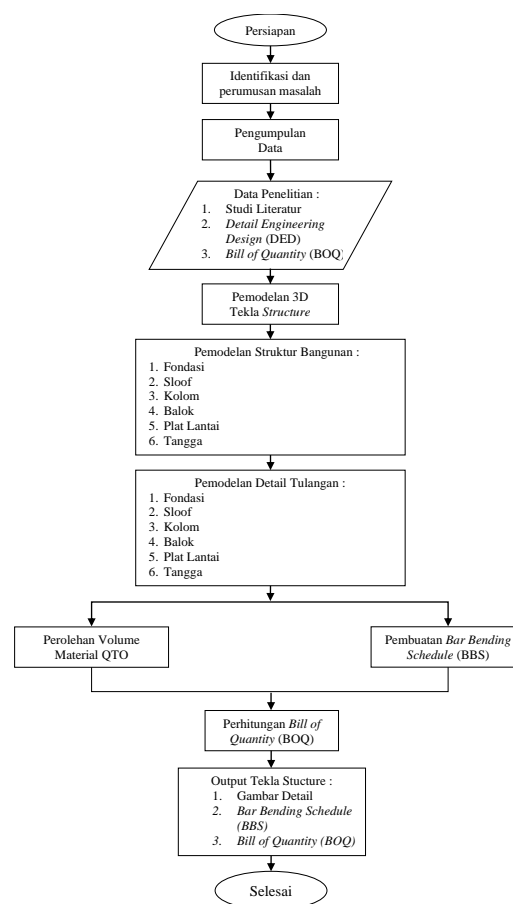
1. **Persiapan**  
Melakukan studi literatur pustaka dalam menggunakan *software Tekla Structures*; instalasi *software Tekla Structures* pada perangkat laptop; dan berlatih menggunakan *software* terkait; serta menentukan data yang dipermukan dalam pemodelan dan analisis.
2. **Pengumpulan Data**  
Data yang dibutuhkan antara lain; Gambar *Detailed Engineering Design* (DED) yang diperoleh dari konsultan perencana; dan *Bill of Quantity* (BOQ) metode perhitungan manual oleh konsultan perencana.
3. **Pemodelan**  
Setelah keseluruhan data diperoleh, kembali dipelajari dan dilanjutkan dengan melakukan

pemodelan 3D untuk visualisasi bangunan gedung dan pemodelan *Bill of Quantity* (BOQ) untuk mendapatkan volume yang diperoleh dari konsep BIM.

### 4. Analisis Perbandingan

Pada tahap ini dilakukan dengan cara menghitung volume pekerjaan struktur dengan cara pendekatan BIM dari hasil output material dari *software Tekla Structures*. Perhitungan volume pekerjaan struktur dilakukan dengan cara menghitung menggunakan bantuan *software Microsoft Excel* berdasarkan format yang sudah ada [16].

Diagram alir penelitian berdasarkan metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



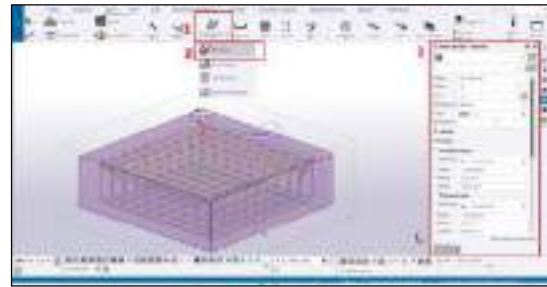
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 2.4. Pemodelan 3D Struktural & Pendetailan Tulangan

1. Memilih *environment* dan konfigurasi lisensi dalam penggunaan *Tekla Structures Student Version 2023*, dalam penelitian ini Wawan Aditya terdaftar dengan lisensi *educational*.



Gambar 2. Project Baru Tekla Structures

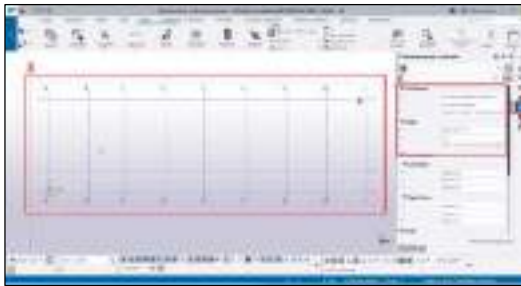


(b)

Gambar 4. (a) Model Struktur Pondasi Tapak (b) Pendetailan Tulangan Struktur Pondasi Tapak

2. Pembuatan *grid & level* dengan pengaturan *properties* seperti pada kotak (1), selanjutnya dapat dilakukan modifikasi dalam mengatur koordinat *grid x,y*, dan *z* hingga label (nama) yang terdapat pada kotak (2). Jika sudah selesai kemudian pilih *modify*, maka tampilan *grid* akan berubah sesuai kotak merah (3).

4. Pemodelan pekerjaan *sloof & balok* menggunakan *toolbar beam* pada tab *concrete* (1), lalu pilih *beam* (2). Lakukan modifikasi dan penyesuaian terhadap ukuran balok menggunakan *task properties* (3).



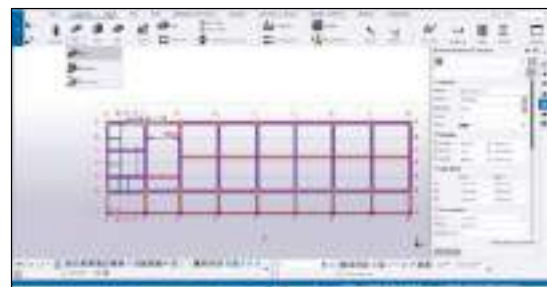
Gambar 3. Pembuatan Grid & Level



Gambar 5. Model Struktur Sloof

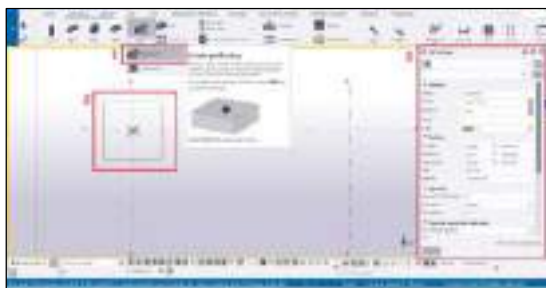
3. Pemodelan pondasi melalui *toolbar CONCRETE* sebagai material lalu pilih *Footing – Pad Footing*. Poer tapak 1 dengan ukuran 2000 x 2000 mm tinggi 600 mm dan poer tapak 2 dengan ukuran 1250 x 1250 mm tinggi 400 mm. Pada bagian *task properties* juga dilakukan penyesuaian terhadap *Cast Unit*, pekerjaan dilakukan dilapangan sehingga pemilihan *cast unit* menjadi *cast in place*.

Pemodelan detail tulangan pada pondasi menggunakan *tool Rebar Groub* pada tab *rebar* (1) dan (2) serta ujung kait tulangan dimodifikasi dengan bengkokan 135° (3).

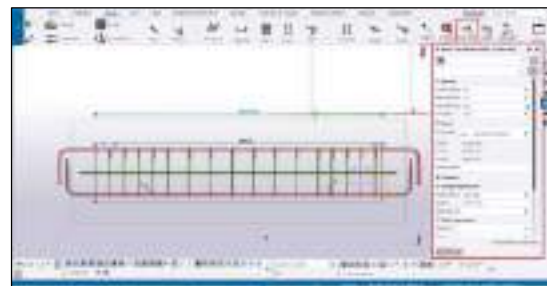


Gambar 6. Model Struktur Balok ELV. +4.50

Pemodelan detail tulangan pada sloof SL-2 ini menggunakan tool *Rebar Set Longitunal* pada tab *rebar* serta ujung kait tulangan dimodifikasi dengan bengkokan 90° menggunakan *end detail modifier* (2).

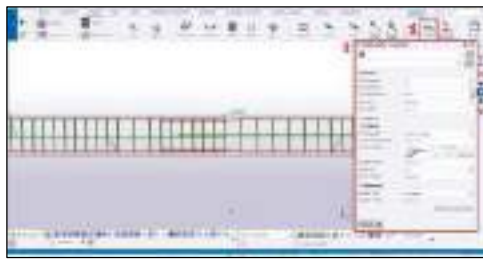


(a)



(a)



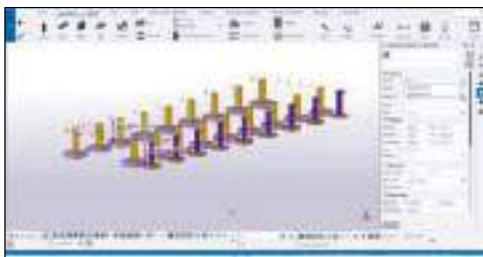


(b)

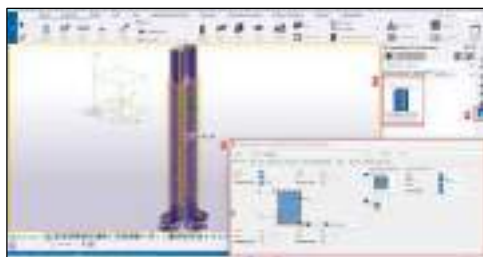
Gambar 7. (a) Pendetailan Tulangan Sloof Bentang Pendek (b) Pendetailan Tulangan Sloof Menerus

5. Kolom dimodelkan dengan 4 jenis ukuran, Kolom K1 600x400 mm, Kolom K2 400x400 mm, Kolom K3 200x200 mm, dan Kolom Praktis. Pemodelan dilakukan menggunakan toolbar *column* yang ada pada tab *concrete* (1). Penyesuaian terhadap modifikasi ukuran kolom dilakukan pada *task properties* untuk masing-masing jenis kolom (2).

Pemodelan detail tulangan pada kolom pedestal K1 ini menggunakan tool *Macro Components* (1) yang terdapat pada program Tekla Structures, *components Rectangular Column Reinforcement* (83) (2) dapat memodelkan detail tulangan yang terpasang pada kolom. Penyesuaian dilakukan terhadap masing-masing jenis kolom. Dalam hal ini, kolom pedestal K1 menggunakan tulangan D22 dengan selimut beton 40mm di setiap sisinya (3).



(a)

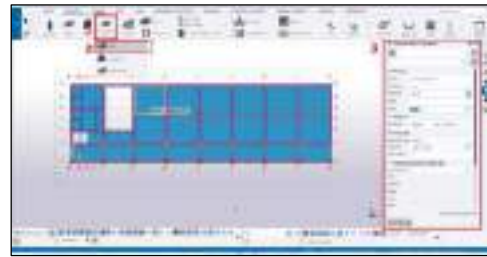


(b)

Gambar 8. (a) Model Struktur Kolom Pedestal (b) Pendetailan Tulangan Kolom Pedestal

6. Pemodelan detail tulangan pada plat lantai ini menggunakan tool *Macro Components* yang terdapat pada program Tekla Structures, *components OnewayTwoWay Slab* (1) dapat memodelkan detail tulangan yang terpasang pada plat lantai. Penyesuaian dilakukan terhadap

masing-masing jenis plat lantai. Dalam hal ini, plat lantai elv. 4.50 menggunakan tulangan P10 – 150mm dan ketebalan 130 mm (2).



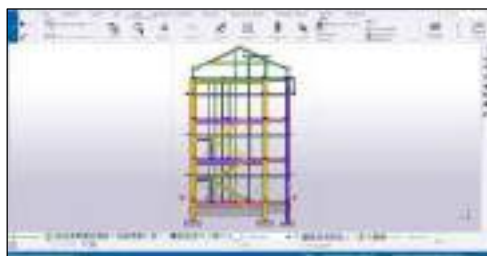
(a)



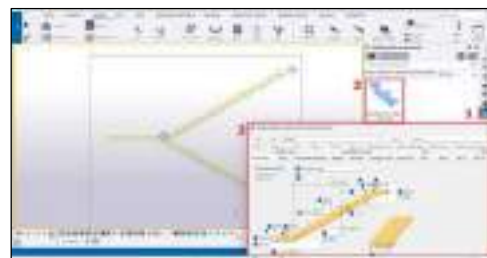
(b)

Gambar 9. (a) Model Struktur Plat Lantai (b) Pendetailan Tulangan Plat Lantai

7. Pemodelan detail tulangan pada tangga ini menggunakan fitur *Macro Components* yang terdapat pada program, *components Reinforced Concrete Stair* (1) dapat memodelkan detail tulangan yang terpasang pada tangga. Penyesuaian dilakukan dengan referensi detail gambar *DED*.



(a)



(b)

Gambar 10. (a) Model Struktur Tangga (b) Pendetailan Tulangan Tangga

## 2.6. Pendetailan Tulangan Berdasarkan SNI 2847:2019

Perhitungan pendetailan tulangan digunakan dalam pemodelan yang dibuat pada *software Tekla Structures* dalam penerapan BIM pada gedung bertingkat Ruang

Kuliah Bersama Fakultas Ekonomi Universitas Samudra.

1. Penyaluran Pendetailan Tulangan Kait Standar  
 Kait bengkokan standar pada batang tulangan dinyatakan dalam hubungan diameter bengkokan karena lebih mudah mengukurnya daripada radius kait bengkokan. Pengaruh diameter kait adalah bengkokan tanpa terputus dan pencegahan kehancuran beton sisi dalam kait bengkokan [17].

Tabel. 1 Kait Standar Tulangan Struktur

Type Kait Standar	Ukuran Batang	Diameter sisi dalam bengkokan minimum	Perpanjangan lurus $l_{ext}$ (mm)	Type Kait Standar
Kait 90 derajat	D10 hingga D25	6db	12db	
	D29 hingga D36	8db		
	D43 hingga D57	10db		
Kait 180 derajat	D10 hingga D25	6db	Terbesar dari 4db dan 65mm	
	D29 hingga D36	8db		
	D43 hingga D57	10db		

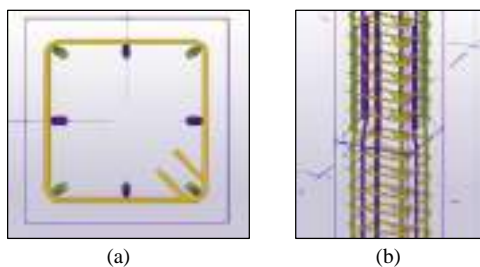
Sumber: SNI 2847:2019 Tabel 25.3.1

Diameter sisi dalam bengkokan minimum untuk batang yang digunakan sebagai tulangan transversal dan kait standar untuk batang yang digunakan untuk angkur sengkang, ikat silang, sengkang pekekang, dan spiral.

Tabel. 2 Kait Standar Tulangan Sengkang

Type Kait Standar	Ukuran Batang	Diameter sisi dalam bengkokan minimum	Perpanjangan lurus $l_{ext}$ (mm)	Type Kait Standar
Kait 90 derajat	D10 hingga D16	4db	12db Terbesar dari 4db dan 65mm	
	D19 hingga D25	6db	12db	
Kait 135 derajat	D10 hingga D16	4db	Terbesar dari 6db dan 75mm	
	D19 hingga D25	6db		
Kait 180 derajat	D10 hingga D25	4db	Terbesar dari 4db dan 65mm	
	D19 hingga D25	6db		

Sumber: SNI 2847:2019 Tabel 25.3.1



Gambar 11. (a) (b) Detail Kait Tulangan Sengkang



Gambar 12. Detail Penyaluran Tulangan Ujung Kait

2. Sambungan lewatan  
 Pada tulangan longitudinal kolom dalam Panjang sambungan tulangan lewatan memiliki persyaratan, diantara lain: Sambungan lewatan tidak diizinkan untuk tulangan yang lebih besar dari D36, kecuali kondisi yang sudah diatur; Reduksi panjang penyaluran yang sesuai dengan yang disyaratkan tidak diizinkan untuk menghitung panjang sambungan lewatan; Panjang penyaluran tulangan budel harus sesuai dengan yang disyaratkan [17].

- a) Panjang minimum sambungan tulangan lewatan dalam kondisi tarik dibagi dua kelas, A dan B (SNI 2847:2019 Tabel 25.5.2.1):

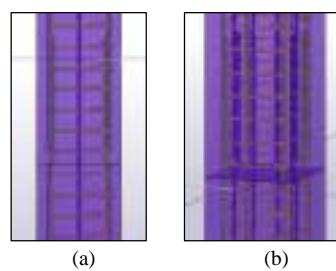
Sambungan kelas A :  $l_{sc} \min = 1,0 l_d$  dan tidak kurang dari 300 mm

Sambungan kelas B :  $l_{sc} \min = 1,3 l_d$  dan tidak kurang dari 300 mm

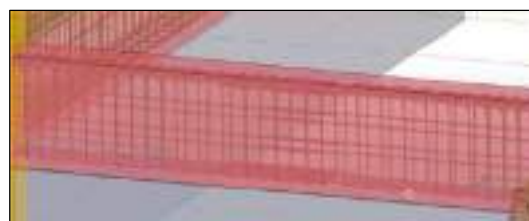
- b) Panjang sambungan Lewatan tekan  $l_{sc}$  pada batang ulir D36 atau yang lebih kecil harus dihitung sesuai dengan dibawah:

1. untuk  $f_y < 420$  MPa:  $l_{sc} \min = 0,071 \cdot f_y \cdot db$  dan tidak kurang dari 300 mm

2. untuk  $f_y > 420$  MPa:  $l_{sc} \min = (0,13 \cdot f_y - 24) db$  dan tidak kurang dari 300 mm



Gambar 13. (a) (b) Detail Sambungan Lewatan Kolom

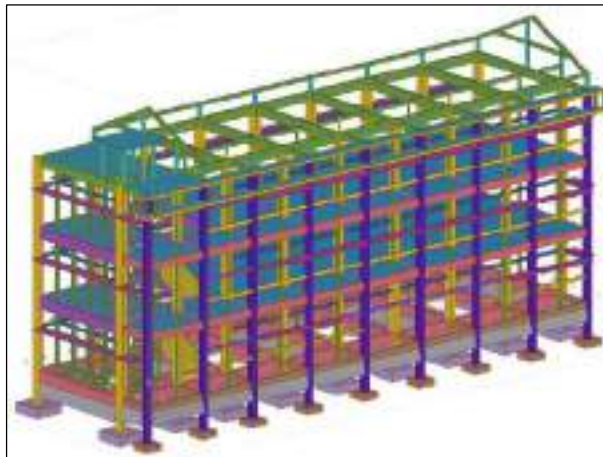


Gambar 14. Detail Sambungan Lewatan Balok

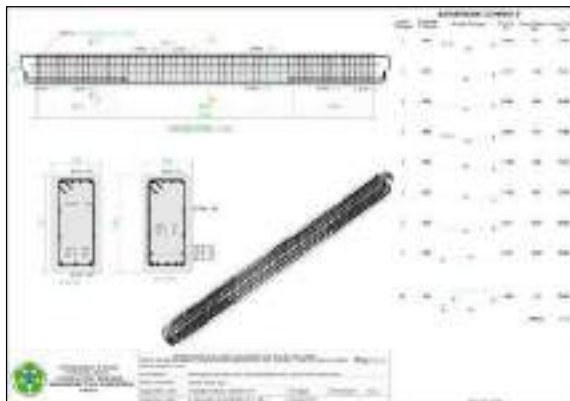
### 3. Hasil dan Pembahasan

Didapatkan pemodelan hasil 3D (visual) dengan *output* gambar detail struktur (DED) dan *bar bending schedule* (BBS) serta penerapan konsep 5D (estimasi) dalam

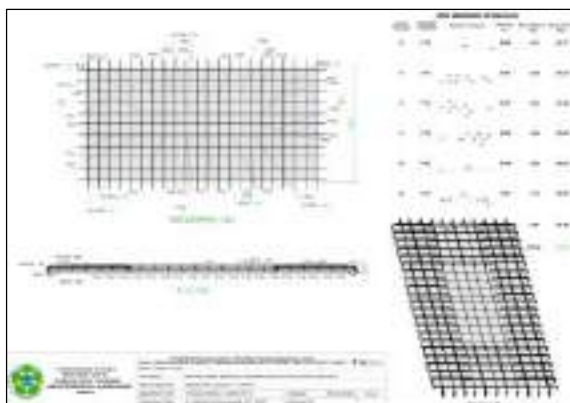
penerapan metode BIM pada bangunan gedung bertingkat Ruang Kuliah Bersama Fakultas Ekonomi Universitas Samudra.



Gambar 15. Pemodelan 3D Gedung RKB Fakultas Ekonomi Universitas Samudra



(a)



(b)

Gambar 16. (a) (b) Output Detail Gambar Struktur & Bar Bending Schedule (BBS)

### 3.1. Analisis Perbandingan Metode Manual VS BIM

Setelah melakukan pemodelan dalam model tiga dimensi dan menghitung volume pekerjaan untuk menghasilkan data *bill of quantity* setiap pekerjaan dengan bantuan *software Tekla Structures Version 23.0*,

maka kemudian membuat rekap daftar seluruh item pekerjaan yang telah dihitung sebelumnya dan membandingkan berapa selisih volume dari metode perhitungan manual dan pendekatan BIM. Perhitungan persentase menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Vol. BIM}}{\text{Vol. Manual}} \times 100\% \quad (1)$$

Hasil perbandingan dapat dilihat pada Tabel 3 untuk volume beton, Tabel 4 untuk pembesian ulir, dan Tabel 5 untuk pembesian polos.

Tabel 3. BOQ Volume Pekerjaan Beton M3

Uraian Pekerjaan	Vol. Manual	Vol. BIM	Sat.	Persentase
Beton Mutu $f_c' = 21,7 \text{ MPa (K - 250)}$				
Pas. Pondasi Menerus	70.47	68.22	M <sup>3</sup>	96.81%
Pondasi Poer Tapak PT.1 Uk. 200/200 cm	43.20	42,40	M <sup>3</sup>	100.00%
Pondasi Poer Tapak PT.2 Uk. 125/125 cm	7.50	5,53	M <sup>3</sup>	75.00%
Sloof SL-1 Uk. 35/70 cm	32.14	31,52	M <sup>3</sup>	100.01%
Sloof SL-2 Uk. 25/40 cm	8.23	6,43	M <sup>3</sup>	80.07%
Sloof SL-3 Uk. 15/25 cm	0.56	0,54	M <sup>3</sup>	98.75%
Kolom K.1 Uk. 60/40 cm	69.55	65,93	M <sup>3</sup>	98.76%
Kolom K2 U.k 40/40 cm	28.77	22,76	M <sup>3</sup>	80.58%
Kolom K.3 Uk. 20/20 cm	2.13	1,73	M <sup>3</sup>	84.69%
Kolom Kolom Praktis Uk. 13/13 cm	5.48	6,05	M <sup>3</sup>	115.71%
Balok BL.1 Uk. 40/70 cm	73.48	76,55	M <sup>3</sup>	106.24%
Balok BL.2 Uk. 30/50 cm	26.26	23,09	M <sup>3</sup>	89.68%
Balok BL.3 Uk. 15/25 cm	1.20	1,03	M <sup>3</sup>	87.42%
Balok Lantai BL.4 Uk. 13/20 cm	12.24	12,90	M <sup>3</sup>	108.63%
Ring Balok RB.1 Uk 30/60 cm	23.62	24,68	M <sup>3</sup>	106.38%
Ring Balok RB.2 Uk 25/40 cm	5.92	4,95	M <sup>3</sup>	84.97%
Ring Balok RB.3 Uk 15/25 cm	4.98	4,67	M <sup>3</sup>	95.72%
Plat Kanopy T = 8 cm	8.69	9,83	M <sup>3</sup>	114.20%
Plat Lantai	82.51	79,92	M <sup>3</sup>	99.02%
Pek. Tangga	7.92	11,71	M <sup>3</sup>	150.25%

Tabel 4. BOQ Volume Pekerjaan Pembesian Ulir

Uraian Pekerjaan	Vol. Manual	Vol. BIM	Sat.	Persentase
Pekerjaan Pembesian Ulir				
Pondasi Poer Tapak PT.1 Uk. 200/200 cm	6861.50	6300,04	Kg	91.82%
Pondasi Poer Tapak PT.2 Uk. 125/125 cm	1099.36	731,29	Kg	66.52%
Sloof SL-1 Uk. 35/70 cm	3461.25	3095,41	Kg	89.43%
Sloof SL-2 Uk. 25/40 cm	1213.40	859,01	Kg	70.80%
Kolom K.1 Uk. 60/40 cm	20249.98	18458,24	Kg	91.15%
Kolom K2 U.k 40/40 cm	2746.49	2081,05	Kg	75.77%
Kolom K.3 Uk. 20/20 cm	496.86	414,09	Kg	83.34%

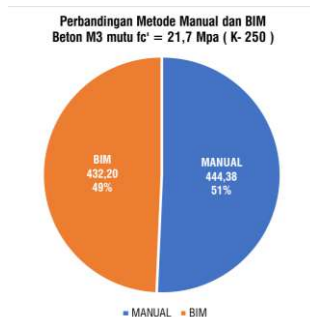


Uraian Pekerjaan	Vol. Manual	Vol. BIM	Sat.	Persentase
Balok BL.1 Uk. 40/70 cm	7847.31	7563,71	Kg	96.39%
Balok BL.2 Uk. 30/50 cm	2760.72	2524,94	Kg	91.46%
Ring Balok RB.1 Uk 30/60 cm	2040.61	2110,60	Kg	103.43%

Tabel 5. BOQ Volume Pekerjaan Pembesian Polos

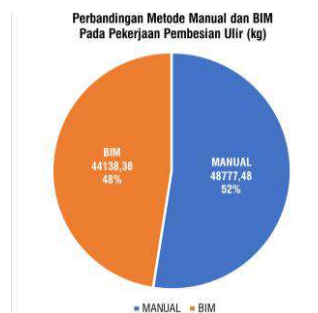
Uraian Pekerjaan	Vol. Manual	Vol. BIM	Sat.	Persentase
Pekerjaan Pembesian Polos				
Sloof SL-1 Uk. 35/70 cm	1810,82	1810.82	Kg	101.73%
Sloof SL-2 Uk. 25/40 cm	383,09	383.08	Kg	78.84%
Sloof SL-3 Uk. 15/25 cm	105,68	105.68	Kg	89.76%
Kolom K.1 Uk. 60/40 cm	3223,74	3223.74	Kg	111.30%
Kolom K.2 U.k 40/40 cm	1274,54	1274.55	Kg	86.76%
Kolom K.3 Uk. 20/20 cm	194,48	194.50	Kg	88.34%
Kolom Kolom Praktis Uk. 13/13 cm	2232,39	2232.39	Kg	116.65%
Balok BL.1 Uk. 40/70 cm	4334,91	4334.90	Kg	112.68%
Balok BL.2 Uk. 30/50 cm	1091,39	1091.38	Kg	92.96%
Balok BL.3 Uk. 15/25 cm	162,73	162.71	Kg	94.20%
Balok Lantai BL.4 Uk. 13/20 cm	3095,50	3095.60	Kg	123.45%
Ring Balok RB.1 Uk 30/60 cm	1417,42	1417.43	Kg	104.03%
Ring Balok RB.2 Uk 25/40 cm	663,04	663.02	Kg	78.01%
Ring Balok RB.3 Uk 15/25 cm	797,81	797.82	Kg	144.25%
Plat Kanopy T = 8 cm	760,07	760.08	Kg	119.59%
Plat Lantai	13991,67	13991.57	Kg	83.73%
Pek. Tangga	1484,61	1484.60	Kg	103.28%

Berikut grafik rata-rata perbandingan perhitungan setiap pekerjaan berdasarkan klasifikasi pekerjaan beton, pembesian ulir dan pembesian polos pada Gambar 17 sampai Gambar 19.



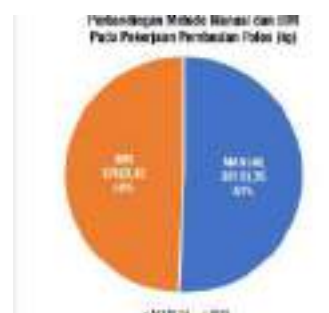
Gambar 17. Grafik Perbandingan Pekerjaan Beton

Dari Gambar 17 didapatkan persentase perbedaan selisih pekerjaan beton mutu  $f_c' = 21,7$  MPa (K-250) sebesar 2,82% jika dibandingkan dengan perhitungan metode manual.



Gambar 18. Grafik Perbandingan Pekerjaan Pembesian Ulir

Dari Gambar 18 didapatkan persentase perbedaan selisih pekerjaan pembesian ulir sebesar 10,51% jika dibandingkan dengan perhitungan metode manual.



Gambar 19. Grafik Perbandingan Pekerjaan Pembesian Polos

Gambar 19 menunjukkan persentase perbedaan selisih pekerjaan pembesian ulir sebesar 3% jika dibandingkan dengan perhitungan metode manual.

Berdasarkan hasil perhitungan selisih volume pekerjaan sebelumnya dengan metode manual diperoleh selisih volume kerja yang bervariasi, terdapat nilai dengan metode manual lebih sedikit dan begitu pun juga dengan volume yang didapat menggunakan pendekatan BIM [18]. Perbedaan hasil perhitungan terjadi disebabkan kesalahan perhitungan secara manual (*human error*) pada perhitungan volume secara manual, perbedaan metode perhitungan pada *software Tekla Structures* dengan menghitung volume mulai dari awal hingga akhir muka struktur (*bentang bersih*) dengan mengurangi volume besi yang digunakan, perhitungan sambungan lewatan (*lap splice*) manual dihitung menggunakan persamaan umum yaitu (40d) sementara perhitungan sambungan lewatan yang dimodelkan menggunakan Standar SNI 2847:2019 Tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Kemudian, pemodelan tulangan pada *software Tekla Structures* dan gambar DED tidak dapat dimodelkan sama persis, karena *Tekla Structures* memiliki standar terhadap penggunaan *template Applications & Components*. Pada *output Bill of Quantity* yang diperoleh dari *software Tekla Structures* dapat mempengaruhi terhadap volume yang dihasilkan, jika pemodelan BIM yang dibuat tidak benar (*kesalahan input dimensi, kesalahan input material*) akan menghasilkan volume yang berbeda [19]. Perubahan

volume ini juga bersifat otomatis terhadap objek yang dimodelkan dalam *software*.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang didapatkan bahwa pemodelan 3D (visual) dan 5D (estimasi) dengan menggunakan *software Tekla Structures* diperoleh model struktur bangunan untuk seluruh komponen struktur. Penelitian ini juga merujuk pada penerapan SNI 2847:2019 Tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung terhadap pendetailan tulangan.

Pemodelan 5D menghasilkan daftar kebutuhan pembengkakan tulangan *Bar Bending Schedule* (BBS) untuk masing-masing komponen struktur yang dimodelkan (pondasi, sloof, kolom, balok, ring balok, plat lantai, dan tangga). Penggunaan tulangan polos Ø8 mm dengan berat 3876,02 kg; Ø10 mm dengan berat 13047,01 kg; Ø12 mm dengan berat 20100,83 kg, serta penggunaan tulangan ulir D16 dengan berat 8787,74 kg; D19 dengan berat 10592,36 kg; dan D22 dengan berat 24758,28 kg untuk pekerjaan struktur secara keseluruhan.

Perbandingan pekerjaan *Bill of Quantity* (BOQ) menggunakan metode pendekatan BIM pada komponen struktur (beton, dan pembersian) pada Gedung Ruang Kuliah Bersama Fakultas Ekonomi Universitas Samudra menghasilkan volume beton 432,20 m<sup>3</sup> (97,26%) dari hitungan perencanaan, berat pembersian ulir 44.138,38 kg (90,49%) dari hitungan perencanaan, dan berat pembersian polos 37.023,87 (97,09%) dari hitungan perencanaan. Perbedaan hasil yang didapat terjadi disebabkan perbedaan metode perhitungan pada BIM dengan menghitung volume dari awal hingga akhir muka struktur, kesalahan perhitungan secara manual (*human error*) serta perhitungan pendetailan tulangan yang menggunakan persamaan umum. Perolehan volume BOQ yang didapatkan dapat dipertanggungjawabkan melalui objek 3D yang dimodelkan dalam *software Tekla Structures*.

#### Daftar Rujukan

- [1] Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, *Rekomendasi Percepatan Implementasi Building Information Modeling (BIM) Pada Pembangunan Infrastruktur PUPR*. 2019.
- [2] Chen, S. *et al.*, "Potential features of building information modelling for application of project management knowledge areas as advances modeling tools," *Advances in Engineering Software*, vol. 176, no. 9, p. e19697, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.advengsoft.2022.103372.
- [3] Fauzia, A., and Firdasari, F., "Efisiensi Pemilihan Pelat Baja pada Rehabilitasi Gedung Bertingkat terhadap Biaya dan Waktu (Studi Kasus Gedung Operasi RSUD Kota Langsa)," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 7, no. 2, Apr. 2022, doi: 10.32672/jse.v7i2.4100.
- [4] Rafky Kautsar, M., "Penerapan Building Information Modelling (BIM) Pada Pekerjaan Quantity Take-Off Menggunakan Software

- Tekla Structures 2020* (Studi Kasus: Gedung F Fakultas Dakwah & Komunikasi Kampus III UIN Imam Bonjol Padang)," Universitas Andalas, 2021. [Online]. Available: <http://scholar.unand.ac.id/id/eprint/75888>
- [5] Permen PU No. 22/PRT/M/2018, *Pembangunan Bangunan Gedung Negara Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia*. 2018.
- [6] Nugrahini, F. C., and Permana, T. A., "Building Information Modelling (BIM) dalam Tahapan Desain dan Konstruksi di Indonesia, Peluang Dan Tantangan : Studi Kasus Perluasan T1 Bandara Juanda Surabaya," *AGREGAT*, vol. 5, no. 2, pp. 459–467, Nov. 2020, doi: 10.30651/ag.v5i2.6588.
- [7] *Prinsip Dasar Sistem Teknologi BIM dan Implementasinya di Indonesia*, vol. 53, no. 1. Pusat Pendidikan dan Pelatihan SDA Konstruksi, 2018, pp. 1–55.
- [8] Yulandoro P.S, L., and Prakasa Dwi, R., "Perhitungan Kebutuhan Beton Dan Tulangan Pada Bangunan Kondotel The Royal Paradise Dengan Menggunakan Aplikasi Tekla," Politeknik Negeri Bandung, 2020. [Online]. Available: <http://digilib.polban.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=jbptppolban-gdl-lanangyula-12237>
- [9] Minawati, R., "Manfaat Penggunaan Software Tekla Building Information Modeling (BIM) Pada Proyek Design-Build," *Dimensi Utama Teknik Sipil*, vol. 4, no. 2, pp. 8–15, Aug. 2017, doi: 10.9744/duts.4.2.8-15.
- [10] Saputri, F., "Penerapan Building Information Modeling (BIM) pada Pembangunan Struktur Gedung Perpustakaan IPB menggunakan Software Tekla Structures 17," Institut Pertanian Bogor, 2012.
- [11] Abidin, S., "QuantityTake-Off Berbasis Building Information Modeling (Studi Kasus: Pembangunan Rusunawa Penjaringan Surabaya)," Universitas Muhammadiyah Surabaya, 2021. [Online]. Available: <https://repository.um-surabaya.ac.id/8139/>
- [12] Badan Standardisasi Nasional, *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847*, no. 8. 2019, p. 720.
- [13] Diputra, G. A., Wiranata, A. A., and Kharisma, A., "Perbandingan Bill of Quantity (BOQ) Antara Dokumen Kontrak Dengan Hasil Perhitungan Tekla Structures (Studi Kasus: Proyek Gedung Mall Di Pulau Jawa)," *Jurnal Spektran*, vol. 11, no. 1, pp. 55–61, 2023, doi: 10.24843/SPEKTRAN.2023.v11.i01.p07.
- [14] Alamsyah, W., and Purwandito, M., "Tekla Structure Penerapan Building Information Modeling (BIM) Pada Gedung Kuliah Pascasarjana IAIN Langsa Menggunakan Software Tekla Structures," *PRINCE: Journal of Planning and Research in Civil Engineering*, vol. 2, no. 1, pp. 146–159, 2023, doi: 10.55616/prince.v2i1.449.
- [15] Jayantari, M. W., Dewi, P. S. T., and Yoga, P. G. A., "Analisa Perbandingan Volume dan Biaya Bar Bending Schedule dengan Metode SNI-2847:2013 dan BS 8666:2005 (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Kantor Pacto, Denpasar-Bali)," *Reinforcement Review in Civil Engineering Studies and Management*, vol. 1, no. 2, pp. 50–58, Nov. 2022, doi: 10.38043/reinforcement.v1i2.4102.
- [16] Fadillah, M., and Nofriadi, "Quantity Take-Off Pekerjaan Struktur Berbasis Building Information Modeling (BIM) Pembangunan Gedung Kantor Pelayanan Pajak Pratama Balige," *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Agregat*, vol. 2, no. 1, pp. 24–34, 2022, doi: 10.51510/agregat.v2i1.733.
- [17] Suryagama, A., and Fajarwati, V. N., "Penerapan Building Information Modelling (BIM) Pada Struktur Gedung Apartemen Dengan Software Tekla Structures," Politeknik Negeri Bandung, 2020.
- [18] Pratoom, W., and Tangwiboonpanich, S., "a Comparison of Rebar Quantities Obtained By Traditional Vs Bim-Based Methods," *5 Suranaree J. Sci. Technol*, vol. 23, no. 1, pp. 5–10, 2016.
- [19] Putra, A. A. P., Oei, N. I. W., Hermawan, and Hasiholan, B., "Comparative Study in Bill of Quantity Estimates on Reinforcement Works of Pile Cap, Single Pier and Double Pier of Flyover between Conventional Methods and BIM (Building Information Modelling)," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 1065, no. 1, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1065/1/012041.





## Analisis Pemanenan Air Hujan Dengan Memanfaatkan Atap Dalam Memenuhi Kebutuhan Air Bersih

Suparman Ajis<sup>1</sup>, Adi Mawardin<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Sipil, Fakultas Teknologi Lingkungan dan Mineral, Universitas Teknologi Sumbawa

<sup>2</sup>Puset Riset Kebencanaan, Fakultas Teknologi Lingkungan dan Mineral, Universitas Teknologi Sumbawa

<sup>1</sup>suparmanajis9@gmail.com, <sup>2</sup>adi.mawardin@uts.ac.id\*

### Abstract

*The need for water is increasing due to the increasing human population while water sources. This can result in a lack of clean water for humans themselves. Optimizing the use of water and water catchment areas needs to be done to preserve water. Location in the settlement area of Padak Hamlet, Labuan Sumbawa Village, Sumbawa Subdistrict, Sumbawa Regency. The area is located in a coastal area which has a very high probability of soil quality so that sea water is very easy to enter until the well water tastes salty. The use of PDAM water also experiences water difficulties in terms of flowing because there are several places where the elevation tends to be higher so that PDAM water is very difficult to push, so the community decided not to use PDAM water since the last seven years, so by collecting rainwater it is expected to meet the needs of clean water. The purpose of the research is to find out how much rainwater harvesting potential through roof media and find out how much water needs for household scale with random sampling method and calculate the roof area, as well as the average of rainfall from 2914-2023. It resulted in a total roof area of 3118,365 m<sup>2</sup> with an average rainfall of 12,900 mm/year. The average rainfall with a 99% chance of occurring was 15.99 mm/month, the average water availability was 235.824 m<sup>3</sup>/month, with an average water demand of 125 m<sup>3</sup>/month.*

*Keywords: Rainwater, Water Availability, Water Demand, Roof Area, Rainfall Dependent*

### Abstrak

Kebutuhan akan air semakin meningkat karena populasi manusia yang terus bertambah sementara sumber air semakin berkurang. Hal ini dapat mengakibatkan kurangnya air bersih bagi manusia itu sendiri. Optimalisasi penggunaan air dan daerah resapan air perlu dilakukan untuk menjaga kelestarian air. Lokasi di daerah pemukiman Dusun Padak, Desa Labuan Sumbawa, Kecamatan Sumbawa, Kabupaten Sumbawa. Daerah tersebut berada di daerah pesisir pantai yang memiliki kemungkinan kualitas tanah yang sangat tinggi sehingga air laut sangat mudah masuk hingga air sumur terasa asin. Penggunaan air PDAM juga mengalami kesulitan air dalam hal pengaliran karena ada beberapa tempat yang elevasinya cenderung lebih tinggi sehingga air PDAM sangat sulit untuk di dorong, sehingga masyarakat memutuskan untuk tidak menggunakan air PDAM sejak tujuh tahun terakhir, sehingga dengan menampung air hujan diharapkan dapat memenuhi kebutuhan air bersih. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar potensi pemanenan air hujan melalui media atap dan mengetahui seberapa besar kebutuhan air untuk skala rumah tangga dengan metode random sampling dan menghitung luas atap, serta rata-rata curah hujan dari tahun 2914-2023. Hasilnya didapatkan total luas atap sebesar 3118.365 m<sup>2</sup> dengan curah hujan rata-rata 12.900 mm/tahun. Curah hujan rata-rata dengan peluang 99% adalah 15,99 mm/bulan, ketersediaan air rata-rata 235,824 m<sup>3</sup>/bulan, dengan kebutuhan air rata-rata 125 m<sup>3</sup>/bulan.

**Kata Kunci:** Air Hujan, Ketersediaan Air, Kebutuhan Air, Luas Atap, Hujan Andalan

Diterima Redaksi : 2024-05-31 | Selesai Revisi : 2024-07-01 | Diterbitkan Online : 2024-09-01

### 1. Pendahuluan

Perubahan iklim yang terjadi akibat pemanasan global di dunia memberikan dampak terhadap terjadinya bencana alam. Air diperoleh dari curah hujan, namun apabila perubahan iklim terjadi secara tidak menentu hal ini dapat mengganggu suplai air untuk kehidupan. Air sangat

penting dalam kehidupan lebih khususnya bagi manusia, penggunaan air dalam kehidupan sangat beragam diantaranya adalah untuk masak, mandi, mencuci, dan aktivitas lainnya sehingga pola penggunaan air yang kurang efektif dalam memanfaatkan akan menyebabkan kurangnya ketersediaan air disuatu wilayah tertentu khususnya pada wilayah desa labuan sumbawa, oleh



karena itu untuk mengatasi permasalahan kurangnya ketersediaan air dengan menggunakan sistem pemanenan air hujan.

Pemanenan air hujan adalah kegiatan menampung dan menyimpan air hujan secara lokal dengan memanfaatkan berbagai teknologi untuk memenuhi kebutuhan atau aktivitas manusia [1]. Pemanenan air hujan (PAH) merupakan mekanisme pengumpulan air hujan dengan menggunakan media atap rumah atau run off pada permukaan tanah yang selanjutnya ditampung untuk digunakan untuk menyiram tanaman, mencuci pakaian, toilet flushing, membersihkan kendaraan, serta untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, bahkan bisa dikonsumsi untuk minum jika sudah melalui proses filtrasi dan aturan standar baku air [2]. Pemanenan Air Hujan (PAH) merupakan metode atau teknologi yang digunakan untuk mengumpulkan air hujan yang berasal dari atap bangunan, permukaan tanah, jalan atau perbukitan batu dan dimanfaatkan sebagai sumber suplai air bersih. Air hujan merupakan sumber air yang sangat penting terutama daerah yang tidak dapat sistem penyediaan air bersih, kualitas permukaan air yang rendah serta tidak tersedia air tanah [3].

Sistem pemanenan air hujan sudah diterapkan pada era 09 an dengan konsep pemanenan air hujan dilakukan dengan alat dan bahan dari lingkungan sekitar, dimana setiap sisi atap rumah diisi dengan talang alir yang terbuat dari bambu yang bertujuan untuk menampung air dari atap, kemudian dialirkan air hujan menuju bak penampungan. Posisi bak penampung tidak jauh dari bangunan rumah dan lebih rendah dari talang aliran yang bertujuan untuk aliran air dapat masuk dengan lancar ke bak penampung, dengan konsep di era 90an ini dapat kita terapkan dimasa sekarang untuk kelangsungan ketersediaan air bersih di wilayah Sumbawa khususnya di desa Labuan Sumbawa [4].

Desa Labuan Sumbawa merupakan desa yang berada sekitar pesisir pantai yang memiliki kondisi lingkungan air yang cukup memperhatikan, ditambah lagi musim kemarau yang panjang. Pada tahun 2022-2023 sebanyak 21 Desa di Sumbawa dengan 71.653 jiwa terdampak kekeringan dan salah satunya adalah Desa Labuan Sumbawa, yang dimana menyebabkan masyarakat kekurangan air bersih sehingga warga bergantung pada air yang ditampung melalui PDAM itu pun masih krisis air dikarenakan suplai air PDAM yang mawadahi dimana tidak diimbangi dengan aktifitas kebutuhan air di wilayah labuan Sumbawa, sehingga kebutuhan suplai air yang cukup signifikan [5].

Dari beberapa permasalahan maka perlu dilakukan solusi yang efektif dan tepat dalam mengurangi permasalahan kekeringan dan kebutuhan air bersih di desa Labuan Sumbawa, dengan memanfaatkan pemanenan air hujan melalui media atap dan talang aliran agar dapat mengetahui jumlah potensi air huj

yang mampu ditampung oleh masyarakat. Sistem pemanenan air hujan diharapkan mampu mengurangi krisis suplai air bersih.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dan penetapan sampel secara acak. Analisis dilakukan untuk menghitung kebutuhan dan ketersediaan air serta jumlah air hujan yang mampu ditampung dengan menggunakan media atap. Data yang digunakan untuk menunjang penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer terdiri dari luasan atap rumah, dan jumlah penghuni dalam satu rumah yang diperoleh dari hasil observasi langsung ke lapangan, sedangkan data sekunder terdiri dari jumlah penduduk dan data curah hujan dari BMKG Sumbawa (Stasiun Meteorologi Sultan Muhammad Kaharuddin) yang didapat dari instansi terkait.

### 2.1. Pemanenan Air Hujan

Pemanenan Air Hujan (PAH) merupakan mekanisme pengumpulan air hujan dengan menggunakan media atap rumah ataupun run off pada permukaan tanah yang selanjutnya ditampung untuk digunakan untuk menyiram tanaman, mencuci pakaian, toilet flushing, membersihkan kendaraan, dan untuk memenuhi kebutuhan kehidupan sehari-hari, bahkan bisa dikonsumsi untuk minum jika sudah melalui proses filtrasi dan aturan standar baku air [6].

### 2.2. Kebutuhan Air Bersih

Setiap jenis bangunan gedung dan rumah memiliki konsumsi air bersih yang berbeda-beda. Penaksiran kebutuhan air, dapat menggunakan Metode jumlah penghuni yang Berdasarkan pada pemakaian rata-rata air per hari tiap penghuni dan perkiraan jumlah penghuni. Apabila jumlah penghuni tidak diketahui, maka penaksiran dilakukan berdasarkan luas lantai dengan menetapkan kepadatan hunian per luas lantai (umumnya sebesar 5-10 m<sup>2</sup>/orang). Luas lantai yang dimaksudkan adalah luas lantai efektif. Kisaran dari luas lantai efektif ini adalah antara 55-80% dari luas lantai seluruhnya [7].

### 2.3. Perhitungan Pemanenan Air Hujan

Dalam melakukan perhitungan prasarana pemanenan air hujan memerlukan berbagai pertimbangan komponen pembiayaan yaitu pembiayaan dalam penyediaan sistem, biaya operasional sistem, dan juga biaya perawatan sistem. Pada sistem pemanenan air hujan dalam berbagai skala baik skala individu mau pun skala yang lebih luas seperti skala kota memerlukan komponen-komponen penyediaan sistem yang sama. Namun, semakin besar skala pengumpulan air hujan dan operasi sistem pemanenan air hujan yang dilakukan, maka volume yang dibutuhkan juga semakin besar untuk setiap komponen pembiayaannya [8].

Pada perencanaan volume tangki ataupun kolam penampungan air hujan dapat ditentukan melalui

keseimbangan perhitungan *supply* dan *demand* akan air masyarakat sehari- harinya.

dalam sehari.berikut hasil perhitungan luasan atap dan kebutuhan air dapat dilihat pada **Tabel 1**.

1. Perhitungan suplay air bersih

$$S = A \times M \times F \quad [1]$$

Keterangan:

- S = Supply air hujan yang dapat ditampung (m<sup>3</sup>)
- A =Luas area tangkapan air hujan/luas atap rumah penduduk (m<sup>2</sup>)
- F =Koefisien runoff (0,80)
- M =Tinggi curah Hujan

2. Perhitungan Kebutuhan Air (*Demand*)

Penggunaan air bersih untuk setiap orang adalah 150 liter/hari [9].

$$B = D \times P \times 31 \quad [2]$$

Keterangan:

- B = Total kebutuhan air dalam satu bulan (m<sup>3</sup>)
- D = Kebutuhan air satu orang dalam satu hari (m<sup>3</sup>)
- P = Jumlah pengguna (jiwa)

3. Menghitung Curah Hujan

Data curah hujan yang disajikan dalam satu mm maka mempunyai pengertian bahwa ada air setinggi satu mm yang tertampung pada tempat yang datar dengan dimensi luasan satu meter persegi [10].

$$Px = \left[ \frac{\frac{PA}{dxA^2} + \frac{PB}{dxB^2} + \dots + \frac{Pn}{dxn^2}}{\frac{1}{dxA^2} + \frac{1}{dxB^2} + \dots + \frac{1}{dxn^2}} \right] \quad [3]$$

Keterangan:

- Px =Hujan di stasiun x yang di perkirakan (mm)
- PA =Hujan di stasiun perbandingan A (mm)
- PB =Hujan di stasiun perbandingan ke-n
- dxA = Jarak antar stasiun A dan X
- dxn = Jarak antar stasiun ke-n dan stasiun ke-n

4. Menghitung Hujan Andalan

$$P\% = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad [4]$$

Keterangan :

- P% = Probabilitas
- m = Nomor urut
- n = Jumlah data

3. Hasil dan Pembahasan

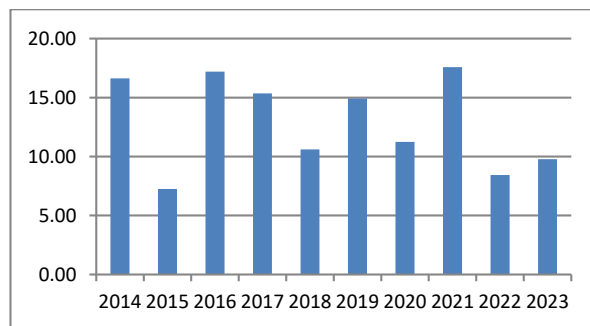
Berdasarkan data survei lapangan menunjuk dimana panjang dan lebar dari setiap rumah atau sampel yang difokus berbeda dengan luasan atap yang tercil dari 45,119 m<sup>2</sup> sampai dengan luasan atap yang paling besar yaitu 237,318 m<sup>2</sup>, dan menghitung jumlah kebutuhan air

**Tabel 1.** Luasan Atap Dan Kebutuhan Air

Jumlah hari	Luas Atap m <sup>2</sup>	Kebutuhan Air Bersih m <sup>3</sup>
31	45,119	23
31	219,739	23
31	74,455	19 <sup>3</sup>
31	77,348	23
31	86,382	9
31	98,272	27
31	261,05	9
31	237,318	19
31	188,927	42
31	85,405	9
31	108,648	14
31	137,166	14
31	126,179	19
31	121,821	9
31	188,927	23
31	142,781	14
31	108,648	19
31	107,623	19
31	237,318	28
31	121,821	19
31	109,576	9
31	159,383	33
31	74,455	19
Total	3118,361	616

Dari **Tabel 1**, untuk menentukan kebutuhan air adalah dengan mengalikan jumlah jiwa dikali dengan jumlah kebutuhan air dan di kali dengan bulan, maka aka kita dapat kebutuhan tiap rumah

3.1 Hasil Analisis Curah Hujan



**Gambar 1.** Analisis Curah Hujan Maksimum dan Minimum

Berdasarkan **Gambar 1**, dapat disimpulkan taraf curah hujan maksimum selama 10 tahun belakangan (2014-2023). Pada tahun 2021 sebesar 17,18 mm, hal ini terjadi karena danya curah hujan tertinggi di bulan februari sehingga diambil pada tahun tersebut curah hujan maksimumnya, sedangkan untuk curah hujan minimumnya terdapat pada bulan Januari ditahun 2015 dengan curah hujan 7,25 mm.

### 3.2 Menghitung Hujan Andalan

**Tabel 2.** Menhitung Hujan Andalan

Rekapilasi Hujan Andalan					
Tahun	Bulan	Jumlah (mm/bln)	Tahun	Bulan	Jumlah (mm/bln)
2015	Januari	1.960	2015	Juli	0.000
2015	Februari	3.300	2014	Agustus	0.000
2021	Maret	4.010	2014	September	0.000
2019	April	0.440	2014	Oktober	0.000
2015	Mei	0.000	2015	November	1.620
2015	Juni	0.000	2019	Desember	4.660

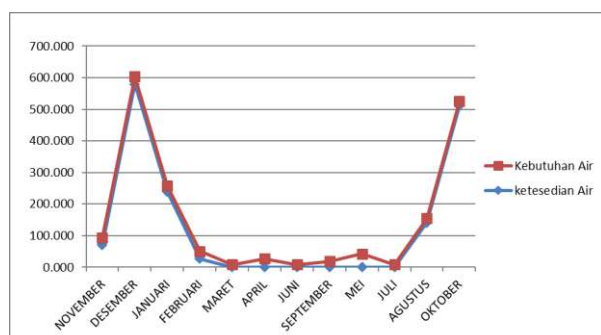
Dari **Tabel 2**, rekapilasi hujan andalan akan dijadikan sebagai dasar untuk perhitungan kebutuhan air dan ketersediaan air

### 3.3 Menghitung Kebutuhan Air

**Tabel 3.** Menghitung Kebutuhan Air

Bulan	Curah Hujan Andalan Bulanan		Ketersediaan Air m <sup>3</sup>	Kebeutuhan Air m <sup>3</sup>
	mm	m		
November	1.960	0.002	70.747	23.000
Desember	3.300	0.003	580.111	23.000
Januari	4.010	0.004	238.852	19.000
Februari	0.440	0.000	27.226	23.000
Maret	0.000	0.000	0.000	9.000
April	0.000	0.000	0.000	27.000
Juni	0.000	0.000	0.000	9.000
September	0.000	0.000	0.000	19.000
Mei	0.000	0.000	0.000	42.000
Juli	0.000	0.000	0.000	9.000
Agustus	1.620	0.002	140.808	14.000
Oktober	4.660	0.005	511.355	14.000
Total	15.990	0.016	1569.098	231.000

Dari **Tabel 3**, dapat kita sajikan dalam bentuk grafik untuk mengetahui perbandingan antara ketersediaan air dengan kebutuhan air.



**Gambar 2.** Kebutuhan dan Ketersediaan Air

Dari **Gambar 2**, diketahui bahwa bulan November, Desember, Januari, Februari, April, Mei, dan Oktober ketersediaan air lebih rendah dari pada kebutuhan air sehingga terjadi kekurangan dalam pemenuhan air, sedangkan pada bulan Juni, Juli dan Agustus kebutuhan air dan ketersediaan air relatif stabil.

### 4. Kesimpulan

Berdasarkan pada pembahasan yang sudah dijabarkan pada sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan bahwa potensi air hujan yang dapat digunakan sebagai air bersih di Desa Labuan Sumbawa untuk skala rumah tangga menurut perhitungan curah hujan dari tahun 2014 sampai dengan 2023 memiliki curah hujan rata-rata pertahun yaitu 12,90 mm/tahun. Hujan andalan dengan peluang terjadinya hujan 99% yaitu sebesar 2,496 mm/bulan, ketersediaan air rerata perbulan 2910,38 m<sup>3</sup>/detik dengan kebutuhan air rerata perbulan 231 m<sup>3</sup>/detik dan kebutuhan air untuk skala rumah tangga di desa Labuan Sumbawa sebesar 125,000 m<sup>3</sup>/detik

### Daftar Rujukan

- [1] Nugroho, A. P. Potensi Pemanfaatan Air Hujan Untuk Memenuhi Kebutuhan Air dan Mengurangi Genangan di Kecamatan Depok, Sleman, D.I. Yogyakarta. *Daur Lingkungan*, 19-22, 2022.
- [2] Nurhidayat, M. (2023, juni selasa). 21 Desa d Sumbawa NTB Terancam Krisis Air Bersih Karena kemarau, 2023.
- [3] Silvia, C. S. Aplikasi Rainwter Harvesting Melalui Atap Bangunan Sebagai Alternatif penyediaan Air Bersih Desa Pasie Mesjid, Kabupaten Aceh Barat. *Adimas Berdaya*, 15-27, 2022.
- [4] Junivieri, G. Konsep Pemanenan Air Hujan Pada Utilitas Air Bersih Kawasan Digital HUB Di BSD City, Tangerang. *Prosiding Seminar Intelketual muda*, 71-79, 2021.
- [5] Quaresvita, C. Perencanaan Sistem Pemanenan Air Hujan Sebagai Alternatif Penyediaan Air Bersih. 3-135, 2016.
- [6] Ali, I. Pemanfaatan Sistem Pemanenan Air Hujan (Rainwater Harvesting System) Di Perumahan Bone Biru Indah Permai Kota Watampone Dalam Rangka Penerapan Sistem Drainase Berkelanjutan. *Teknik Pengairan*, 26-38, 2017.
- [7] Ha, P. E. Perencanaan Sistem Pemanenan Air Hujan Skala Rumah Tangga Di Korea Selatan. *JRSSD*, 25-31, 2018.
- [8] Maryono, A. *Memanen Air Hujan*. Depok: Juni 2016.
- [9] Wigati, R. Implementasi Pemanenan Air Hujan (Rainwater Harvesting) Pada Masa Pandemi Covid -19 Di Kota Serang. *Aplikasi Ipteks Untuk Masyarakat*, 78-85, 2022.
- [10] Hasibuan, H. S. Pemanenan Air Hujan Untuk Meningkatkan Aksesilitas Air di Permukaan Pesisir, Kasus Jakarta, Indonesia. *Wilayah dan Lingkungan*, 182-198, 2022.

# JACEIT

