



# 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 3, Nomor 2, Desember 2022

e-ISSN. 2723-5378

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

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

**VOLUME 3, NOMOR 2, DESEMBER 2022**

**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/Jl.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 dan GARUDA. JACEIT memiliki DOI: <https://doi.org/10.52158/>**. Kami akan terus berupaya dalam meningkatkan lembaga pengindeks agar dapat meningkatkan impact factor OJS **JACEIT**.

Pada Volume 3 No. 2, Desember 2022 ini terdiri atas 6 artikel dengan 18 penulis yang berasal dari 4 Perguruan tinggi di Indonesia, yaitu Politeknik Negeri Jakarta, Politeknik Negeri Sriwijaya, Politeknik Negeri Madura dan Politeknik Negeri Fakfak.

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 dan praktisi yang sudah menjadikan Jurnal **JACEIT** sebagai media untuk publikasi hasil penelitiannya. Membutuhkan usaha lebih keras untuk mendapatkan *submission paper* dari kalangan akademisi dari berbagai Perguruan Tinggi Negeri ataupun Swasta. Diharapkan ada suatu kesediaan kerjasama diantara para editor jurnal di Indonesia dalam *sharing* artikel ilmiah, sehingga bisa memperkaya keilmuan bidang khususnya bidang Teknik Sipil di dalam terbitan Jurnal kami kedepannya.

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.

Ketua Dewan Redaksi,

Zulis Erwanto, S.T., M.T.





## DAFTAR ISI TERBITAN

No.	Judul – Penulis	Halaman
1	<b>Perbandingan BIM Dengan Konvensional Pada Hasil BQ Proyek X</b> <i>Wilona Benita Megawati, Hari Purwanto</i>	1-9
2	<b>Perbandingan Kapasitas Struktur Cermaton yang Diubah Menjadi Pile Slab Terhadap Beban Rencana</b> <i>Muhammad Andika Pratama Putra, Andi Indianto</i>	10-17
3	<b>Analisis Daya Dukung Pondasi Spun Pile Dievaluasi Dengan Kalendering Dan PDA</b> <i>Rahma Nur Fadilla, Andikanoza Pradiptiya</i>	18-25
4	<b>Studi Karakteristik Marshall Pada Aspal Dengan Perbandingan Lateks Pada Lapisan Wearing Course</b> <i>Lina Flaviana Tilik</i>	26-32
5	<b>Pembuatan Material Sandwich Panel Sebagai Pengganti Konstruksi Geladak Kapal Kayu di Wilayah Madura</b> <i>Windra Iswidodo</i>	33-39
6	<b>Penggunaan Abu Batu Sebagai Pengganti Sebagian Material Pasir</b> <i>Budiman, James WTP</i>	40-43





## Perbandingan BIM Dengan Konvensional Pada Hasil BQ Proyek X

Wilona Benita Megawati<sup>1</sup>, Hari Purwanto<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup>wilona.benitamegawati.ts17@mhs.w.pnj.ac.id, <sup>2</sup>hari.purwanto@sipil.pnj.ac.id\*

### Abstract

The construction industry is one of the industries that are being developed in Indonesia, this is evident from the many ongoing projects, both building projects and roads and bridges. Competition in construction requires construction services to complete projects in the shortest time and at the most efficient cost possible. Before making a cost budget for the project, the volume calculation of each work to be carried out will be made and packaged in a Bill of Quantity. However, in reality there are many estimates that can enlarge the results of the Bill of Quantity calculation process so that it is not efficient. Therefore, along with the development of technology in the world of construction, the Building Information Modeling (BIM) was created which can contain all the information in a development project in 3-dimensional form. Based on this, the author will compare the results of the Bill of Quantity on the conventional method with the Building Information Modeling (BIM) method on Figure for Construction using Autodesk Revit software. Based on research conducted, Bill of Quantity using the BIM method produces a higher volume of 1.24% for concrete and 1.14% for reinforcement than Conventional method. This is due to a lack of accuracy in conventional volume calculations, so the resulting volume is inaccurate

Keywords: Autodesk revit, Bill of quantity, Building information modeling, Construction, Conventional

### Abstrak

Industri konstruksi merupakan salah satu industri yang sedang banyak dibangun di Indonesia, hal ini terbukti dari banyaknya proyek yang berjalan, baik proyek gedung maupun jalan dan jembatan. Persaingan dalam konstruksi mengharuskan para jasa konstruksi untuk menyelesaikan proyek dalam waktu singkat dan dengan biaya yang se-efisien mungkin. Sebelum membuat anggaran biaya pada proyek, hitungan volume dari masing-masing pekerjaan yang akan dilakukan, akan dibuat dan dikemas dalam *Bill of Quantity*. Namun, pada kenyataannya banyak perkiraan yang dapat memperbesar hasil dari proses perhitungan *Bill of Quantity* tersebut sehingga tidak efisien. Oleh karena itu, seiring dengan berkembangnya teknologi di dunia konstruksi, tercipta *Building Information Modeling* (BIM) yang dapat memuat semua informasi didalam proyek pembangunan dalam bentuk 3 dimensi. Berdasarkan hal tersebut, penulis akan membandingkan hasil dari *Bill of Quantity* pada metode konvensional dengan metode *Building Information Modeling* (BIM) pada Gambar for Construction menggunakan perangkat lunak Autodesk Revit. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, *Bill of Quantity* menggunakan metode BIM menghasilkan volume lebih tinggi 1.24% untuk beton and 1.14% untuk tulangan dari metode Konvensional. Hal tersebut disebabkan karena kurangnya ketelitian dalam perhitungan volume konvensional, sehingga volume yang dihasilkan tidak akurat.

Kata kunci: Autodesk revit, *Bill of quantity*, *Building information modeling*, Konstruksi, Konvensional

Diterima Redaksi : 2021-09-09 | Selesai Revisi : 2022-11-24 | Diterbitkan Online : 2022-12-01

### 1. Pendahuluan

Industri konstruksi merupakan salah satu industri yang sedang banyak dibangun di Indonesia, hal ini terbukti dari banyaknya proyek yang berjalan, baik proyek gedung maupun jalan dan jembatan. Pesatnya pembangunan konstruksi, menuntut bangsa Indonesia untuk dapat mengevaluasi metode yang digunakan sebagai kontrol pekerjaan konstruksi yang dalam pelaksanaannya sangat membutuhkan keefisienan. Persaingan dalam konstruksi mengharuskan para jasa konstruksi untuk menyelesaikan proyek dalam waktu

singkat dan dengan biaya yang se-efisien mungkin. Permodelan desain yang seringkali berubah mengikuti kondisi lapangan, dapat meningkatkan biaya konstruksi dan cenderung membutuhkan waktu yang lama, serta sumber daya yang digunakan juga menjadi tidak efisien. Permodelan desain juga berpengaruh pada volume pekerjaan persiapan, struktur, arsitektur maupun mekanikal [1].

Untuk meminimalisir masalah dalam proyek konstruksi, industri konstruksi membutuhkan teknologi terbaru pada tahap perencanaan maupun pelaksanaan konstruksi.



Insinyur dan pekerja konstruksi abad ke-21 harus mampu mengikuti langkah cepat perubahan teknologi untuk merencanakan pembangunan sebuah infrastruktur.

Perencanaan pembangunan sebuah sarana infrastruktur dapat menggunakan beberapa metode, seperti metode berbasis konvensional dengan menggunakan software bantu Autodesk Autocad, Sketch Up, Microsoft Office, serta CSI dan dengan metode berbasis *Building Information Modeling* (BIM) [2].

BIM atau *Building Information Modelling* merupakan konsep berbasis teknologi, metode atau runtutan pengerjaan suatu proyek yang diterapkan berdasarkan informasi terkait dari keseluruhan aspek pengerjaan bangunan yang dikelola dan kemudian diproyeksikan kedalam model 3 dimensi. BIM dapat menghasilkan bangunan dengan proses pelaksanaan yang cepat dan semua informasi detailnya dimuat dalam satu Big Data, dimana hal itu dapat meminimalisir kesalahan pada tahap konstruksi di industri AEC (*Architecture Engineer Construction*) Indonesia. Dengan menggunakan perencanaan berbasis BIM, dibutuhkan software yang saling berintegrasi. Sehingga dalam perencanaannya akan menjadi lebih efisien dan lebih mudah dalam mengontrol pembangunan sebuah sarana infrastruktur. Dalam hal ini software BIM yang digunakan adalah Autodesk Revit [3].

Pada *Journal of Engineering Design and Technology* dengan judul *The Comparison Between The BoQ Of Conventional and BIM Method on BPJS Building in Central Jakarta* oleh Mutia Hanuun Ufaira Akbar, I Ketut Sucita, dan Erlina Yanuarini di tahun 2020 menunjukkan bahwa perbedaan antara penghitungan *Bill of Quantity* konvensional dan penghitungan Revit adalah sekitar 10%, oleh karena itu hal ini membuktikan bahwa metode BIM dapat membantu menghitung kuantitas dengan lebih cepat dan akurat [4]. *Jurnal Abstract of Undergraduate Research, Faculty of Civil and Planning Engineering*, Bung Hatta University dengan judul *Kajian Potensi Bangunan Building Information Modeling (BIM) dalam Merencanakan Gedung di Indonesia yang ditulis oleh Rezlo Ikhsan Rizaldi, Indra Farni, dan Rini Mulyani* pada tahun 2016 menghasilkan kesimpulan bahwa Hasil perhitungan volume beton bertulang antara revit sedikit lebih efisien dibandingkan dengan perhitungan cara konvensional. Perbandingan antara volume revit menghasilkan  $\pm 10\%$  lebih efisien dibandingkan dengan volume konvensional [5].

Di Indonesia, penerapan BIM pada proyek gedung belum banyak dilakukan. Akan tetapi, pada proyek X sudah dilakukan penerapan BIM. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini akan dilakukan analisis perbandingan menggunakan metode BIM (*Building Information Modeling*) dengan metode Konvensional.

### 1.1 Pengenalan *Building Information Modeling* (BIM)

*Building Information Modeling* atau BIM adalah sebuah pendekatan atau sistem perencanaan untuk desain bangunan, konstruksi, dan manajemen yang berisikan informasi proyek tersebut secara lengkap dalam bentuk 3D Modeling. Ruang lingkup BIM ini mendukung dari desain proyek, jadwal, dan informasi-informasi lainnya secara terkoordinasi dengan baik [6].

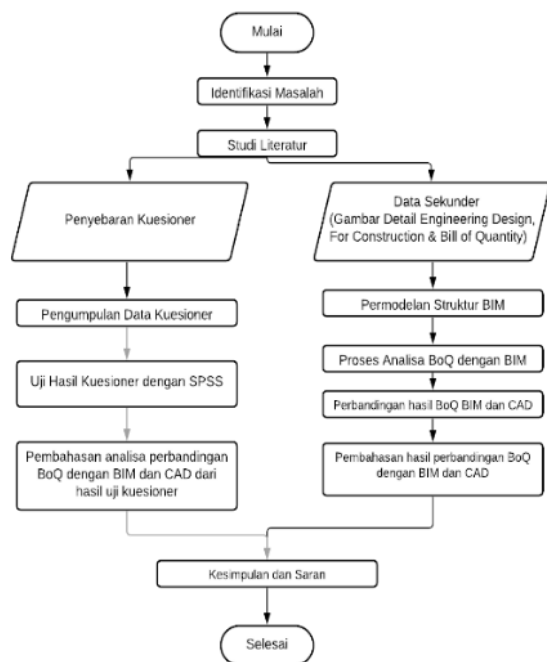
BIM memiliki keuntungan untuk perancangan, integrasi efisiensi desain serta pengontrol kualitas desain. Selain itu BIM juga meningkatkan komunikasi antara tim desain dengan konstruksi dengan menciptakan database yang lengkap. BIM meningkatkan gambar 2D yang membantu desainer untuk melihat bangunan dari segala sudut, mengungkapkan masalah pada tahap awal untuk memungkinkan koreksi. BIM juga meningkatkan ketepatan dan kualitas konstruksi. Konsep BIM membayangkan konstruksi virtual sebelum konstruksi fisik yang sebenarnya, untuk mengurangi ketidakpastian, meningkatkan keselamatan, menyelesaikan masalah, dan menganalisis dampak potensial [7].

### 1.2 Pengenalan Konvensional

Metode 2D / Konvensional adalah metode yang dimana saat pengerjaannya dibantu dengan menggunakan perangkat lunak Autocad untuk menggambar, Ms. Excel untuk perhitungan, SAP untuk Analisa struktur, dan Ms. Project untuk penjadwalan [8]. Industri masih banyak yang menggunakan metode konvensional karena metode ini telah berhasil dari jangka waktu yang sudah lama. Untuk mengadopsi BIM pada proyek, memerlukan waktu untuk melatih karyawan, biaya untuk meningkatkan perangkat keras, biaya perangkat lunak, dan perubahan mendasar dalam proses. Terdapat kekurangan dari metode konvensional yaitu proses yang memakan waktu untuk berorientasi pada detail karena banyaknya variabel dalam perhitungan [9].

## 2. Metode Penelitian

Penelitian berlokasi di Proyek X. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Permodelan 3D menggunakan Aplikasi Autodesk Revit dan Analisis Uji Kuesioner. Pengumpulan data melalui data primer yang berupa kuesioner, lalu untuk data sekunder berupa *Gambar for Construction, Shop Drawing*, dan *Bill of Quantity*. Untuk lebih detailnya, proses penelitian dijelaskan pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Diagram Alir Alur Penelitian

Untuk Kuesioner, populasi sejumlah 12 orang yang sesuai dengan kualifikasi dan klasifikasi yang ditetapkan oleh peneliti. Kualifikasi Penentuan Sampel yaitu Site Engineering dan Site Contract Administration and Risk

**Klasifikasi Penentuan Sampel**

- 1) Drafter dan engineer yang memakai dan memahami BIM
- 2) Mampu membuat metode kerja pelaksanaan pekerjaan menggunakan metode konvensional dan BIM
- 3) Mampu membuat gambar For Construction menggunakan metode konvensional dan BIM
- 4) Mampu menyusun Bill Of Quantity menggunakan metode konvensional dan BIM

Dari klasifikasi dan kualifikasi yang telah ditetapkan maka selanjutnya dilakukan perhitungan untuk penentuan sampel. Perhitungan pengambilan jumlah sampel dilakukan menggunakan metode Slovin dengan rumus sebagai berikut :

$$n = \frac{N}{1 + Na^2} \tag{1}$$

Dimana n adalah besar sampel, N adalah besar populasi, dan a= adalah derajat ketepatan ( *degree of realibility* ) yang diinginkan (diambil 0.1). Dari populasi yang didapat, diperoleh jumlah sampel sebesar

$$n = \frac{12}{1 + 12 \times 0,1^2} = 10,71 \approx 11 \text{ sampel}$$

**3. Hasil dan Pembahasan**

**3.1 Hasil Perhitungan Perbandingan Penggunaan BIM dan Konvensional terhadap *Bill of Quantity*.**

**3.1.1 Struktur Kolom**

Perbandingan perhitungan volume beton dan tulangan ialah sebagai berikut:

**Tabel 1 Perbandingan Volume Beton pada Kolom**

Lantai	Tipe Kolom	Volume BoQ (m <sup>3</sup> )	Volume Revit (m <sup>3</sup> )	Selisih (%)
9 - 11	K1	2.652	2.652	
	K2	3.060	3.060	
	K2A	3.400	3.400	
	KL	2.040	2.040	
	<b>Total</b>	<b>78.676</b>	<b>78.676</b>	<b>0</b>
19 - 22	K1	2.431	2.431	
	K2	2.431	2.431	
	K2A	2.720	2.720	
	KL	2.040	2.040	
	<b>Total</b>	<b>70.873</b>	<b>70.873</b>	<b>0</b>
23 - 31	K1	2.431	2.431	
	K2	0.550	0.550	
	K2A	0.600	0.600	
	KL	2.040	2.040	
	<b>Total</b>	<b>59.348</b>	<b>59.348</b>	<b>0</b>
<b>Total Selisih Seluruh Lantai (m<sup>3</sup>)</b>				<b>0</b>
<b>Total Selisih Seluruh Lantai (%)</b>				<b>0</b>

**Tabel 2. Perbandingan Volume Tulangan pada Kolom**

Lantai	Tipe Kolom	Volume BoQ (kg)	Volume Revit (kg)	Selisih (%)
9 - 11	K1	12078.20	12783.99	
	K2	3472.92	3764.75	
	K2A	800.50	825.14	
	KL	295.26	290.48	
	<b>Total</b>	<b>16647</b>	<b>17664</b>	<b>6.11</b>
19 - 22	K1	10828.98	11,168.65	
	K2	2952.01	3,136.47	
	K2A	674.39	783.94	
	KL	295.26	290.48	
	<b>Total</b>	<b>14751</b>	<b>15380</b>	<b>4.26</b>
23 - 31	K1	9182.19	9,456.32	
	K2	2412.36	2,513.24	
	K2A	560.03	569.014	
	KL	295.26	290.48	
	<b>Total</b>	<b>12450</b>	<b>16563</b>	<b>3.05</b>
<b>Total Selisih Seluruh Lantai (kg)</b>				<b>2025.59</b>
<b>Rata - Rata Total Selisih Seluruh Lantai (%)</b>				<b>4.47</b>

Volume beton kolom hasil revit dengan hasil BoQ tidak terdapat perbedaan selisih, dikarenakan sama-sama menghitung bentang bersih dari kolom tersebut. Untuk volume tulangan kolom, hasil revit lebih besar dibandingkan perhitungan konvensional dikarenakan radius tulangan kolom sengkang dan ties yang dihasilkan oleh revit secara otomatis, berbeda dengan ketentuan radius yang terdapat pada perhitungan metode Konvensional sehingga menghasilkan selisih perbedaan

### 3.1.2 Struktur Balok

Tabel 3. Perbandingan Volume Beton pada Balok

Tipe Kolom	Panjang Balok (m)	Volume BoQ (m <sup>3</sup> )	Volume Revit (m <sup>3</sup> )
Balok Memanjang			
B1	7.55	19.08	19.08
	7	17.52	17.52
	5.4	16.95	16.95
	3.7	2.31	2.31
	3.5	2.25	2.19
	2.8	1.77	1.77
B1A	7.55	9.54	9.54
	7	8.76	8.76
	5.4	10.17	10.17
	4.8	3.15	3.03
	3.7	2.31	2.31
	3.5	2.25	2.19
B1B	2.9	1.83	1.83
B1C	3.4	8.52	8.52
BA1	7.63	8.34	8.22
	7.55	4.08	4.08
	7.22	7.86	7.8
	5.4	11.64	11.64
	3.7	0.90	0.90
	2.9	3.66	3.66
BA2	2.4	0.60	0.57
	2.304	0.54	0.54
	2.393	0.42	0.42
	2.311	0.42	0.42
Balok Melintang			
B1D	6.18	3.9	3.78
	5.7	7.20	7.20
	3.65	2.28	2.31
B2	2.1	2.64	2.64
	6.45	20.88	20.88
	6.35	17.16	20.52
B3	3.15	5.64	5.64
BA2	3.3	1.56	1.56
BA4	7.25	3.27	3.09
BA5	7	3.12	3.15
	3.4	3.06	3.06
<b>Jumlah</b>		<b>215.58</b>	<b>218.25</b>
<b>Total Selisih Seluruh Lantai (m<sup>3</sup>)</b>			<b>+2.67</b>
<b>Rata – Rata Total Selisih Seluruh Lantai (%)</b>			<b>+1.24</b>

Tabel 4. Perbandingan Volume Tulangan pada Balok

Tipe Kolom	Panjang Balok (m)	Volume BoQ (kg)	Volume Revit (kg)
Balok Memanjang			
B1	7.55	2087.44	2016.52
	7	1971.6	1907.4
	5.4	2029.9	1943.2
	3.7	305.42	295.69
	3.5	300.32	286.52
	2.8	264.11	244.8
B1A	7.55	1043.72	1008.26
	7	985.8	953.7
	5.4	1217.94	1165.92
	4.8	383.83	348.64
	3.7	305.42	295.69
	3.5	300.32	286.52
B1B	2.9	309.79	293.16
B1C	3.4	1331.48	1131.88
BA1	7.63	536.76	518.56
	7.55	265.47	256.69
	7.22	512.94	489.92
	5.4	818.72	784.76
	3.7	89.53	84.56
	2.9	150.46	141.32
BA2	2.4	67.14	58.59
	2.304	65.41	59.65
	2.393	58.37	51.09
	2.311	57.46	49.98
Balok Melintang			
B1D	6.18	416.56	295.94
	5.7	783.4	642.5
	3.65	273.17	253.66
B2	2.1	416.84	244.02
	6.45	1839.92	1767.68
	6.35	1592.6	1645
B3	3.15	586.56	503.16
BA2	3.3	165.44	169.12
BA4	7.25	203.92	192.08
BA5	7	200.58	186.78
	3.4	343.82	273.08
<b>Jumlah</b>		<b>22282.16</b>	<b>20846.04</b>
<b>Total Selisih Seluruh Lantai (kg)</b>			<b>-1436.12</b>
<b>Total Selisih Seluruh Lantai (%)</b>			<b>-6.45</b>

Tabel 5. Perbandingan Volume Tulangan pada Balok

Tipe Kolom	Panjang Balok (m)	Volume BoQ (kg)	Volume Revit (kg)
Balok Memanjang			
B1	7.55	2012.44	1941.32
	7	1900.16	1834.48
	5.4	1952.2	1864.2
	3.7	292.42	282.44
	3.5	287.54	273.52
	2.8	252.45	232.95
B1A	7.55	1043.72	1008.26
	7	985.8	953.7
	5.4	1217.94	1165.92
	4.8	368.88	333.99
	3.7	292.42	282.44
	3.5	287.54	273.52
B1B	2.9	293.27	276.36
B1C	3.4	1331.48	1131.88
BA1	7.63	536.76	518.56
	7.55	265.47	256.69
	7.22	512.94	489.92
	5.4	818.72	784.76
	3.7	89.53	84.56
	2.9	150.46	141.32
BA2	2.4	67.14	58.59
	2.304	65.41	59.65
	2.393	58.37	51.09
	2.311	57.46	49.98
Balok Melintang			
B1D	6.18	416.56	295.94
	5.7	783.4	642.5
	3.65	273.17	253.66
B2	2.1	416.84	244.02
	6.45	1839.92	1767.68
	6.35	1592.6	1645
B3	3.15	586.56	503.16
BA2	3.3	165.44	169.12
BA4	7.25	203.92	192.08
BA5	7	200.58	186.78
	3.4	343.82	273.08
<b>Jumlah</b>		<b>21963.33</b>	<b>20523.12</b>
<b>Total Selisih Seluruh Lantai (kg)</b>			<b>-1440.21</b>
<b>Total Selisih Seluruh Lantai (%)</b>			<b>-6.56</b>



**Tabel 6. Perbandingan Volume Tulangan pada Balok**

Tipe Kolom	Panjang Balok (m)	Volume BoQ (kg)	Volume Revit (kg)		
<b>Balok Memanjang</b>					
B1	7.55	1937.48	1865		
	7	1828.76	1761.56		
	5.4	1874.5	1785.2		
	3.7	279.42	269.19		
	3.5	274.76	260.51		
B1A	2.8	240.79	221.1		
	7.55	931.56	895.4		
	7	880.78	846.18		
	5.4	1217.94	1165.92		
	4.8	342.96	309.74		
B1B	3.7	272.31	262.1		
	3.5	268.1	253.81		
	2.9	293.27	276.36		
	3.4	1180.84	1021.76		
	7.63	536.76	518.56		
B1C	7.55	265.47	256.69		
	7.22	512.94	489.92		
	5.4	818.72	784.76		
	3.7	89.53	84.56		
	2.9	150.46	141.32		
BA1	2.4	67.14	58.59		
	2.304	65.41	59.65		
	2.393	58.37	51.09		
	2.311	57.46	49.98		
	<b>Balok Melintang</b>				
B1D	6.18	416.56	295.94		
	5.7	783.4	642.5		
	3.65	273.17	253.66		
	2.1	416.84	244.02		
	6.45	1721.44	1697.52		
B2	6.35	1487.88	1618.88		
	3.15	586.56	503.16		
	3.3	165.44	169.12		
	7.25	203.92	192.08		
	7	200.58	186.78		
BA2	3.4	343.82	273.08		
	<b>Jumlah</b>			<b>21045.34</b>	<b>19765.69</b>
	<b>Total Selisih Seluruh Lantai (kg)</b>			<b>-1279.65</b>	
	<b>Total Selisih Seluruh Lantai (%)</b>			<b>-6.08</b>	

**Tabel 7. Perbandingan Volume Beton pada Balok**

Tipe Plat	Tebal Plat (m)	Panjang (m)		Volume BoQ (m <sup>3</sup> )	Volume Revit (m <sup>3</sup> )	Selisih (%)
		X	Y			
S1	0.130	6.38	1.25	1.04	1.04	0
S1	0.130	7.47	4.80	4.66	4.66	0
S2	0.120	3.51	2.38	1.00	1.00	0
S1	0.130	7.78	6.05	6.119	6.119	0
S1	0.130	4.85	4.07	2.57	2.57	0
S1	0.130	4.85	4.00	2.52	2.52	0
S2	0.120	8.08	3.50	3.39	3.39	0
S1	0.130	7.99	5.15	5.35	5.35	0
S1	0.130	5.93	4.58	3.53	3.53	0
S1	0.130	5.93	4.58	3.53	3.53	0
S2	0.120	6.00	1.95	1.40	1.40	0
S2	0.120	6.00	1.95	1.40	1.40	0
S2	0.120	1.55	1.45	0.27	0.27	0
S2	0.120	1.35	1.65	0.27	0.27	0
S2	0.120	1.58	2.91	0.55	0.55	0
S2	0.120	2.85	2.20	0.75	0.75	0
S2	0.120	3.15	5.45	2.06	2.06	0
S2	0.120	1.90	2.25	0.51	0.51	0
S2	0.120	3.15	2.53	0.96	0.96	0
S1	0.130	8.07	4.85	5.09	5.09	0
S2	0.120	8.07	3.49	3.38	3.38	0
S1	0.130	7.99	5.16	5.36	5.36	0
S1	0.130	4.85	3.07	1.94	1.94	0
S1	0.130	4.85	2.93	1.85	1.85	0
S2	0.120	6.00	3.50	2.52	2.52	0
S1	0.130	6.00	5.15	4.02	4.02	0
S1	0.130	6.00	4.58	3.57	3.57	0
S2	0.120	6.00	3.50	2.52	2.52	0
S1	0.130	5.93	4.88	3.76	3.76	0
S1	0.130	8.00	4.85	5.05	5.05	0
S2	0.120	8.00	3.50	3.36	3.36	0
S1	0.130	3.20	1.68	0.70	0.70	0
S1	0.130	5.15	3.62	2.42	2.42	0
S1	0.130	8.15	5.45	5.78	5.78	0
S2	0.120	3.50	2.16	0.90	0.90	0
S1	0.130	8.08	4.50	4.73	4.73	0
S1	0.130	8.00	1.55	1.61	1.61	0
<b>Rata – Rata Total Selisih</b>				<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Hasil perhitungan volume beton pada revit dan Konvensional terdapat sedikit selisih perbedaan, dikarenakan perhitungan volume beton pada revit menggunakan bentang bersih sisi dalam kolom. Sedangkan untuk perhitungan volume beton pada Konvensional menggunakan bentang as ke as dengan mengurangi jarak dari as ke balok. Pada perhitungan tulangan balok, terdapat selisih 6% antara volume revit dengan volume Konvensional. Faktor yang menyebabkan hal tersebut ialah panjang bentang yang digunakan dalam menghitung sengkang dan ties, yang dimana akan mempengaruhi jumlah sengkang dan ties yang terdapat pada balok. Jarak bentang yang digunakan pada perhitungan revit menggunakan bentang bersih, sedangkan perhitungan Konvensional menggunakan bentang as ke as tanpa dikurangi jarak dari as ke balok. Sehingga jumlah sengkang dan ties pada perhitungan konvensional lebih banyak daripada revit, yang menyebabkan volume pada perhitungan Konvensional lebih besar dari perhitungan volume revit.

### 3.1.3 Struktur Pelat

Perbandingan perhitungan volume beton dan tulangan ialah sebagai berikut :

Tabel 8. Perbandingan Volume Tulangan pada Balok

Tipe Plat	Tebal Plat (m)	Panjang (m)		Volume BoQ (m <sup>3</sup> )	Volume Revit (m <sup>3</sup> )
		X	Y		
S1	0.130	6.38	1.25	257.16	263.37
S1	0.130	7.47	4.80	947.25	952.26
S2	0.120	3.51	2.38	277.23	280.47
S1	0.130	7.78	6.05	1207.95	1295.49
S1	0.130	4.85	4.07	530.73	565.77
S1	0.130	4.85	4.00	526.47	565.77
S2	0.120	8.08	3.50	858.81	857.58
S1	0.130	7.99	5.15	1066.32	1075.83
S1	0.130	5.93	4.58	714.84	735.03
S1	0.130	5.93	4.58	714.84	735.03
S2	0.120	6.00	1.95	398.67	398.82
S2	0.120	6.00	1.95	398.67	398.82
S2	0.120	1.55	1.45	85.83	92.37
S2	0.120	1.35	1.65	91.47	91.53
S2	0.120	1.58	2.91	167.28	191.16
S2	0.120	2.85	2.20	209.46	223.32
S2	0.120	3.15	5.45	548.1	568.56
S2	0.120	1.90	2.25	147.87	161.79
S2	0.120	3.15	2.53	268.89	271.95
S1	0.130	8.07	4.85	1011.69	1024.02
S2	0.120	8.07	3.49	857.16	863.16
S1	0.130	7.99	5.16	1067.31	1071.6
S1	0.130	4.85	3.07	422.4	429.42
S1	0.130	4.85	2.93	395.25	414.6
S2	0.120	6.00	3.50	646.14	647.43
S1	0.130	6.00	5.15	817.8	823.26
S1	0.130	6.00	4.58	728.52	730.5
S2	0.120	6.00	3.50	646.41	647.7
S1	0.130	5.93	4.88	759.6	782.13
S1	0.130	8.00	4.85	1007.43	1013.4
S2	0.120	8.00	3.50	846.99	849
S1	0.130	3.20	1.68	167.07	179.91
S1	0.130	5.15	3.62	513.15	515.1
S1	0.130	8.15	5.45	1153.26	1164.3
S2	0.120	3.50	2.16	251.7	255.42
S1	0.130	8.08	4.50	947.37	985.65
S1	0.130	8.00	1.55	377.94	414.27
<b>Jumlah</b>				<b>22035.03</b>	<b>22535.79</b>
<b>Total Selisih Seluruh Lantai (kg)</b>				<b>+500.76</b>	
<b>Rata – Rata Total Selisih Seluruh Lantai (%)</b>				<b>+2.27</b>	

Pada volume beton pelat di revit, yaitu menghitung langsung luas area pelat dikalikan dengan tebal masing – masing pelat, sehingga hasilnya tidak memiliki perbedaan yang signifikan dengan perhitungan volume beton konvensional.

Volume tulangan pelat pada revit lebih besar 2.27% dari volume Konvensional karena pada perhitungan Konvensional tidak menghitung tekukan – tekukan pada tulangan utama dan tulangan ekstra.

Tabel 9. Rekapitulasi Total Selisih

Lantai	Rekapitulasi Total Selisih (%)							
	Kolom		Balok		Pelat		Jumlah	
	Beton	Tulangan	Beton	Tulangan	Beton	Tulangan	Beton	Tulangan
9 – 12	0	+6.11	+1.24	-6.45	0	+2.27	+1.24	+1.93
19 – 22	0	+4.26	+1.24	-6.56	0	+2.27	+1.24	-0.03
23 – 31	0	+3.05	+1.24	-6.08	0	+2.27	+1.24	-0.76
<b>Rata – Rata Total</b>							<b>+1.24</b>	<b>+1.14</b>

### 3.2 Uji Instrumen Hasil Kuesioner

#### 3.2.1 Uji Validitas

Validitas berasal dari kata validity yang berarti instrumen yang dapat digunakan untuk mengukur apa yang seharusnya diukur [10]. Uji Validitas digunakan

untuk mengetahui apakah item pernyataan pada kedua variable adalah valid. Instrumen yang valid menunjukkan bahwa instrument tersebut digunakan untuk mengukur hal yang tepat. Uji Validitas dilakukan menggunakan SPSS dengan membandingkan nilai r hitung yang diperoleh dari SPSS dengan nilai r tabel. Setelah dilakukan analisis maka didapatkan hasil seperti berikut :

Tabel 10. Hasil Uji Validitas

Variabel	Pernyataan	Pearson Correlation	Signifikan	Keterangan	
BIM	1	0.971	0.000	Valid	
	2	0.712	0.023	Valid	
	3	0.971	0.000	Valid	
	4	0.859	0.002	Valid	
	9	0.971	0.000	Valid	
	10	0.704	0.024	Valid	
	11	0.859	0.002	Valid	
	12	0.971	0.000	Valid	
	17	0.859	0.002	Valid	
	18	0.636	0.047	Valid	
	19	0.927	0.000	Valid	
	20	0.971	0.000	Valid	
	Konvensional	5	0.878	0.001	Valid
		6	0.711	0.021	Valid
		7	0.751	0.012	Valid
		8	0.728	0.017	Valid
13		0.878	0.001	Valid	
14		0.798	0.006	Valid	
15		0.680	0.030	Valid	
16	0.661	0.037	Valid		

Nilai r yang dicari menggunakan tabel r uji dengan level signifikan 5%. Untuk jumlah N sebesar 10, diperoleh r tabel sebesar 0.632. Nilai r ini kemudian dibandingkan dengan pearson correlation. Apabila nilai pearson correlation lebih besar dari nilai r tabel, maka variable dinyatakan valid, namun bila nilai pearson correlation lebih kecil dari nilai r tabel maka dinyatakan tidak valid. Dari hasil output SPSS, menunjukkan bahwa semua variable pernyataan telah valid.

#### 3.2.2 Uji Reabilitas

Uji Reabilitas digunakan untuk mengetahui seberapa jauh hasil pengukuran atau digunakan beberapa kali untuk melakukan pengukuran terhadap suatu objek yang sama [10]. Uji Reabilitas menggunakan SPSS dengan metode Cronbach’s Alpha dengan melihat hasil Cronbach’s Alpha yang tertera pada output. Pada uji SPSS, diperoleh hasil output sebagai berikut untuk setiap variable.

Case Processing Summary

Cases	N		%	
	Valid			
	10		100.0	
Excluded <sup>a</sup>	0		.0	
<b>Total</b>	<b>10</b>		<b>100.0</b>	

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Case Processing Summary

Cases	N		%	
	Valid			
	10		100.0	
Excluded <sup>a</sup>	0		.0	
<b>Total</b>	<b>10</b>		<b>100.0</b>	

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics		Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items	Cronbach's Alpha	N of Items
.959	12	.874	8

Gambar 2. Hasil Uji Reabilitas

Hasil uji reabilitas setiap variabel menyatakan bahwa nilai Cronbach's Alpha > 0.7, dengan nilai Cronbach's Alpha variabel BIM sebesar 0.959 dan variabel Konvensional sebesar 0.874, sehingga dapat disimpulkan bahwa tingkat reabilitas instrument tinggi dan bisa digunakan dalam penelitian selanjutnya.

### 3.2.3 Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk menguji apakah nilai residual yang telah distandarisasi pada model regresi terdistribusi normal atau tidak [11]. Uji Normalitas ini menggunakan metode Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov. Berikut disajikan hasil uji normalitas atas variabel yang menjadi instrumen penelitian ini.

Tabel 11. Hasil Uji Normalitas

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
	TOTAL BIM	TOTAL KOV
N	10	10
	53,000	32,2000
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	6.51494	4,49197
Mean Std. Deviation	,230	,205
More Extreme Differences	,221	,205
	-,230	-,135
Kolmogorov-Smirnov Z	,729	,649
Asymp. Sig. (2-tailed)	,663	,793

a. Test distribution is Normal

b. Calculated from data

Kriteria keputusan dalam uji normalitas adalah jika nilai signifikansi lebih besar dari 0,05, data tersebut berdistribusi normal, sedangkan jika kurang dari 0,05 maka data tersebut tidak berdistribusi normal [12]. Diperoleh hasil One Sample Kolmogorov-Smirnov Test adalah 0.617 dan 0.793 maka diperoleh hasil bahwa Asymp. Sig kedua variabel > 0.05 (alpha) sehingga dapat disimpulkan semua data penelitian terdistribusi normal.

### 3.2.4 Uji Hipotesis

Uji Hipotesis digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara variabel BIM dan Konvensional. Pada Uji Hipotesis terdapat H0 (hipotesis Awal) yaitu 'Tidak ada perbedaan yang signifikan antara metode BIM dan Konvensional pada Hasil BQ gambar For Construction' dan Ha (hipotesis penelitian) yaitu 'Terdapat perbedaan yang signifikan antara metode BIM dan Konvensional pada Hasil BQ gambar For Construction'.

Tabel 12. Hasil Uji Hipotesis (a)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
TOTALBIM	10	53,0000	6,51494	2,06020
TOTALKOV	10	32,2000	4,49197	1,42049

Tabel 13. Hasil Uji Hipotesis (b)

Test Value = 0						
t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
				Lower	Upper	
TOTALBIM	10	53,0000	6,51494	2,06020	48,3395	57,6605
TOTALKOV	10	32,2000	4,49197	1,42049	28,9866	35,4134

Karena nilai signifikansi (0,000) < dari 0,05 maka h0 ditolak dan ha diterima. Artinya, terdapat perbedaan signifikan antara metode BIM dan Konvensional pada Hasil BQ gambar For Construction.

### 3.2.5 Uji Analisis Frekuensi

Uji analisis frekuensi data digunakan untuk mengetahui atau mengakumulasikan jawaban responden di tiap variabel. Dalam pengujian ini, harus menghitung Nilai Maksimum, Nilai Minimum, Interval (rentang jarak), dan interpretasi persen atau TCR (Tingkat Pencapaian Responden). Berikut rumus – rumus yang digunakan

1. Nilai Maksimum = Skor Tertinggi x Jumlah Responden = 5 x 10 = 50
2. Nilai Minimum = Skor Terendah x Jumlah Responden = 1 x 10 = 10
3. Interval = 100/(JumlahSkor (Likert)) = 100/5 = 20
4. TCR = (Rata-rata skor x 100)/(Skor Maksimum)
5. Rata-rata Skor = (Total Skor)/(Jumlah Responden)

Dari perhitungan rumus TCR yang telah dilakukan, mayoritas pernyataan berada pada kategori Setuju dan Sangat Setuju.

Pada hasil akhirnya dapat disimpulkan faktor – faktor perbandingan penggunaan metode BIM dengan Konvensional, yang dibagi menjadi 4 bagian sesuai dengan indikator, sebagai berikut :

Yang pertama yaitu Sumber Daya Manusia. Pada hasil uji kuesioner, dapat disimpulkan bahwa responden menyetujui penggunaan metode BIM memerlukan sumber daya manusia yang lebih sedikit sehingga meminimalisir kekeliruan atau kurangnya ketelitian yang dilakukan sumber daya manusia dalam menggunakan metode Konvensional. Selanjutnya yaitu Pengetahuan, dari hasil analisis uji kuesioner didapat kesimpulan bahwa responden semua setuju dengan adanya pengetahuan akan software BIM dapat mempercepat dan mempermudah proses perhitungan Bill of Quantity.

Indikator yang ketiga adalah Teknologi. Dari hasil analisis yang telah dilakukan didapat kesimpulan bahwa responden setuju bahwa hasil perhitungan Bill of Quantity dengan menggunakan software BIM lebih akurat karena teknologi yang semakin maju sehingga output dari permodelan yang dibuat bisa otomatis keluar. Tetapi, terdapat juga kekurangan software BIM yaitu penggunaan software BIM tidak dapat menghasilkan perhitungan Bill of Quantity yang lebih detail dan terperinci. Penggunaan software BIM juga memerlukan spesifikasi laptop / komputer yang lebih tinggi sehingga tidak mengalami kelambatan / bug. Indikator keempat adalah Biaya dan Waktu. Pada indikator ini, didapat kesimpulan responden setuju bahwa metode BIM menghasilkan Bill of Quantity secara efektif dan efisien, dimana proses perhitungan Bill of Quantity dengan menggunakan software BIM membutuhkan waktu yang lebih sedikit dibandingkan dengan perhitungan menggunakan metode Konvensional. Kekurangannya adalah, penggunaan metode BIM membutuhkan biaya yang lebih besar karena mahal nya lisensi aplikasi yang berbasis BIM.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Faktor-faktor yang memengaruhi perbandingan metode BIM dan Konvensional terhadap hasil Bill of Quantity ialah sumber daya manusia, pengetahuan, teknologi, biaya, dan waktu. Berdasarkan kuesioner yang telah dilakukan, dapat diperoleh kesimpulan bahwa metode BIM lebih efektif dan efisien. Terdapat kelebihan dan keuntungan aplikasi BIM yang dapat memengaruhi perbandingan metode BIM dan Konvensional pada Hasil Bill of Quantity yaitu

Kelebihan :

Memerlukan sumber daya manusia yang lebih sedikit, Mempercepat proses perhitungan Bill of Quantity, Software BIM dapat mendeteksi kesalahan lebih awal dan mampu mencegahnya, Tingkat keamanan data software BIM sudah cukup aman, dan BIM dapat membuat permodelan secara 3D

Kekurangan :

Software BIM tidak dapat menghasilkan perhitungan Bill of Quantity yang lebih detail dan terperinci, Kurangnya sumber daya manusia yang memiliki pengetahuan dan pengalaman mengenai software BIM untuk menghasilkan output volume pada Bill of Quantity, Penggunaan metode BIM membutuhkan biaya yang lebih besar karena mahal nya lisensi aplikasi yang berbasis BIM, dan Membutuhkan spesifikasi laptop yang tinggi untuk menggunakan software BIM

2. Persentase perbedaan yang didapatkan yaitu beton 1.24% ( $2.67 \text{ m}^3 \times \text{Rp. } 995.46$  (harga satuan) = Rp. 2.657,-) lebih tinggi dan tulangan berkisar 1.14% ( $543.21 \text{ kg} \times \text{Rp. } 11416$  (harga satuan) = Rp. 6.201.285,-) lebih tinggi jika dibandingkan dengan perhitungan secara Konvensional. Hal tersebut disebabkan karena kurangnya ketelitian dalam perhitungan volume Konvensional, sehingga volume yang dihasilkan tidak akurat. Hal ini selaras dengan suatu jurnal dengan judul “Quantity Take-Off Using Building Information Modeling (BIM), and Its Limiting Factors” dimana pada jurnal ini menyebutkan bahwa pada metode 2D kesalahan sering terjadi

#### Daftar Rujukan

- [1] C. T. P. S. R. & L. Eastman, *BIM Handbook, a Guide to Building Information Modelling* 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, 2011.
- [2] U. M. S. d. N. M. T. Y. Ahmad, *Perancangan Detail Engineering Design Gedung Bertingkat Berbasis Building Information Modeling.*, Media Komunikasi Teknik Sipil, 2020.
- [3] Civil Engineering BINUS University, "Penerapan Building Information Modeling (BIM)," [Online]. Available: <https://civil-eng.binus.ac.id/2019/10/19/penerapan-building-information-modeling-bim/>. [Accessed 21 Maret 2021].
- [4] M. S. I. Y. E. Akbar, "The Comparison Between The BoQ Of Conventional and BIM Method on BPJS Building in Central Jakarta," *Journal of Engineering Design and Technology*, vol. 1, no. 21, pp. 31-39, 2021.
- [5] R. F. I. & M. R. Rizaldi, "Kajian Potensi Bangunan Building Information Modeling (BIM)

- Dalam Merencanakan Gedung Di Indonesia," *Abstract of Undergraduate Research, Faculty of Civil and Planning Engineering, Bung Hatta University*, vol. 2, no. 2, p. 2, 2017.
- [6] S. B. W. Rayendra., "Studi Aplikasi Teknologi Building Information Modeling untuk Pra - Konstruksi," *Simposium Nasional RAPI XIII - 2014 FT UMS.*, vol. XIII, 2014.
- [7] D. Smith, "An Introduction to Building Information Modelling (BIM)," *Journal of Building Information Modelling*, pp. 4-12, 2007.
- [8] C. A. A. R. P. H. A. & N. H. Berlian, "Perbandingan Efisiensi Waktu, Biaya, dan Sumber Daya Manusia Antara Metode Building Information Modelling ( BIM ) Dan Konvensional ( Studi Kasus : Perencanaan Gedung 20 Lantai )," *Jurnal Karya Teknik Sipil*, vol. 5, pp. 220-229, 2016.
- [9] D. Elbeltagi, "Chapter 2 Quantity Take-Off," *Costing Estimating*, vol. 1, no. 1, pp. 21-46, 2014.
- [10] P. D. Sugiyono, "Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D," *ALFABETA*, p. 19, 2017.
- [11] Bidang Kajian Kebijakan Dan Inovasi Administrasi Negara, "Processing Data Penelitian Menggunakan SPSS," *Pusat Kajian Dan Pendidikan Dan Pelatihan Aparatur IV Lembaga Administrasi Negara Republik Indonesia*, vol. 9, no. 53, pp. 1-22, 2017.
- [12] J. Arifin, "SPSS 24 untuk Penelitian dan Skripsi," *PT. ELEX MEDIA KOMPUTINDO*, 2017.



## Perbandingan Kapasitas Struktur Cermaton yang Diubah Menjadi *Pile Slab* Terhadap Beban Rencana

Muhammad Andika Pratama Putra<sup>1</sup>, Andi Indianto<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup>m.andika1506@gmail.com, <sup>2</sup>andi.indianto@sipil.pnj.ac.id\*

### Abstract

One of the bridges on the Serpong-Balaraja Toll Road section 1a project with the longest span is the Cisadane Bridge, which will employ a PCI Girder superstructure with a length of 50.8 meters. The approach road structure for the Cisadane Bridge was originally intended to employ Cermaton with a soil pile that was 6–8 m high. However, during construction, the design of the approach road changed from Cermaton to pile slab. In order to determine which structure is the most suitable for use, it is required to assess its performance. The SAP2000 program was used to check the bearing capacity of the foundation, the settlement that took place, and the structural capacity against seismic loads as part of the evaluation that was done as a result of changes in the structural design. The study results for structural design change demonstrated that the Cermaton was not superior to the pile slab since the Cermaton's decrease, which was 11.3 mm as opposed to 1.06 mm for the pile slab, was substantially greater. For an analysis of earthquake loads using SAP2000 software, it was found that Cermaton is not strong enough to withstand earthquake loads, while the pile slab is strong enough to withstand earthquake loads because the capacity of the pile slab is still adequate.

Keywords: bearing capacity, bridge, capacity, cermaton, earthquake load, evaluation, pile slab, structure.

### Abstrak

Jembatan Cisadane merupakan salah satu jembatan dengan bentang terpanjang pada proyek Jalan Tol Serpong – Balaraja seksi 1a yang direncanakan menggunakan Struktur atas PCI Girder dengan panjang 50,8 meter. Pada Sta 2+500 – 2+564 direncanakan Struktur jalan pendekat jembatan menggunakan Cermaton dengan timbunan tanah setinggi 6 – 8 m, namun ditengah pelaksanaan berlangsung terdapat perubahan desain pada struktur jalan pendekat Jembatan Cisadane dari cermaton menjadi pile slab. Oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi terhadap kinerja struktur tersebut untuk mengetahui struktur mana yang lebih tepat digunakan. Evaluasi yang dilakukan karena perubahan desain struktur dilakukan dengan cara pengecekan terhadap kapisitas daya dukung pondasi, penurunan yang terjadi serta kapasitas struktur terhadap beban gempa yang dianalisis dengan menggunakan bantuan software SAP2000. Hasil penelitian untuk perubahan desain struktur menunjukkan bahwa cermaton tidak lebih baik dibandingkan dengan pile slab dikarenakan penurunan yang terjadi pada cermaton jauh lebih besar dibandingkan dengan pile slab yaitu sebesar 11,3 mm, sedangkan pile slab 1,06 mm. untuk analisis terhadap beban gempa dengan menggunakan software SAP2000 didapatkan hasil bahwa cermaton tidak kuat menahan beban gempa sedangkan pile slab kuat menahan beban gempa karena kapasitas pile slab masih memadai.

Kata kunci: beban gempa, cermaton, daya dukung, evaluasi, jembatan, kapasitas, *pile slab*, struktur.

Diterima Redaksi : 2022-08-25 | Selesai Revisi : 2022-11-24 | Diterbitkan Online : 2022-12-01

### 1. Pendahuluan

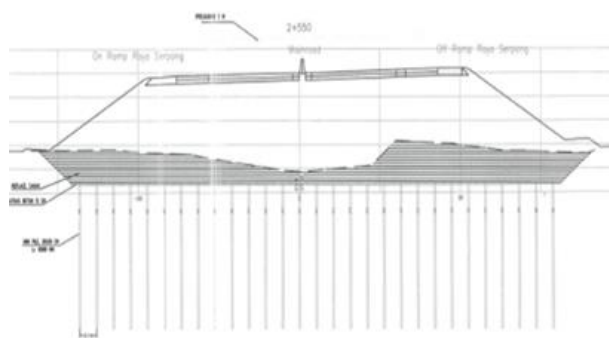
Pembangunan di Indonesia semakin berkembang seiring bertambahnya populasi manusia dan kemajuan teknologi. Konstruksi bangunan juga semakin berkembang seiring berjalannya waktu. Pada suatu pembangunan pasti ada suatu perencanaan sebelum bangunan didirikan [1]. Secara umum pembangunan jalan tol akan terdiri dari beberapa pekerjaan seperti konstruksi perkerasan, jembatan, underpass, overpass, interchange, dan lain sebagainya. Saat merencanakan suatu struktur jembatan harus dilakukan sesuai dengan

ketentuan yang sudah diperhitungkan agar struktur yang mampu menahan beban yang bekerja.

Jembatan Cisadane merupakan salah satu jembatan dengan bentang terpanjang pada proyek Jalan Tol Serpong – Balaraja seksi 1a yang direncanakan menggunakan struktur atas PCI Girder dengan panjang 50,8 meter. pada sta 2+500 – 2+564 direncanakan struktur jalan pendekat jembatan menggunakan cermaton dengan timbunan tanah setinggi 6 – 8 m, namun ditengah pelaksanaan berlangsung terdapat



perubahan desain pada struktur jalan pendekat Jembatan Cisadane dari cermaton menjadi *pile slab*.



Gambar 1. Rencana Teknis Akhir Cermaton Pada Proyek Jalan Tol Serpong-Balaraja Seksi 1a.



Gambar 2. Struktur *Pile Slab* Pada Proyek Jalan Tol Serpong-Balaraja Seksi 1a.

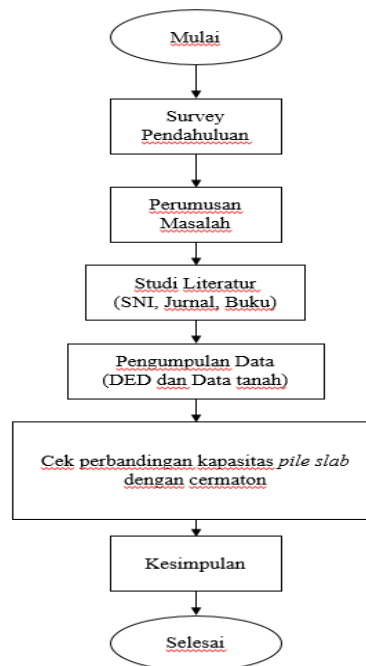
Menurut Yasmara bahwa cermaton lebih baik digunakan dari pada *pile slab*, sedangkan pada proyek jalan tol Serpong-Balaraja ini justru adanya perubahan struktur cermaton menjadi *pile slab* [2]. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis agar dapat mengetahui struktur mana yang lebih tepat digunakan. *Pile slab* merupakan struktur pondasi yang ditumpu oleh sistem kelompok tiang pancang dan diikat oleh *pile cap* yang digunakan untuk menahan dan meneruskan beban dari struktur atas ke dalam tanah yang mempunyai daya dukung untuk menahannya [3]. Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan bangunan atas (*upper structure/super structure*) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya [4]. Pondasi tiang pancang merupakan pondasi tiang yang dibuat terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam tanah hingga mencapai kedalaman tertentu dimana dapat dicapai daya dukung yang lebih baik [5]. Cerucuk Matras Beton (Cermaton) adalah metode perkuatan dengan memancang *mini pile* kemudian pada top *mini pile* dipasangkan pelat beton [6]. Cerucuk atau *mini-pile* adalah suatu tiang yang terbuat dari kayu atau beton dengan panjang relatif pendek [7]. Kekakuan tiang tergantung dari jenis bahan

DOI : <https://doi.org/10.52158/jaceit.v3i2.390>

tiang. Cerucuk juga dapat didefinisikan sebagai susunan tiang dengan diameter atau ukuran sisi antara 8-15 cm yang dimasukkan ke dalam tanah dan berfungsi sebagai penyalur beban [8].

## 2. Metode Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini dijelaskan secara ringkas melalui bagan alir berikut.

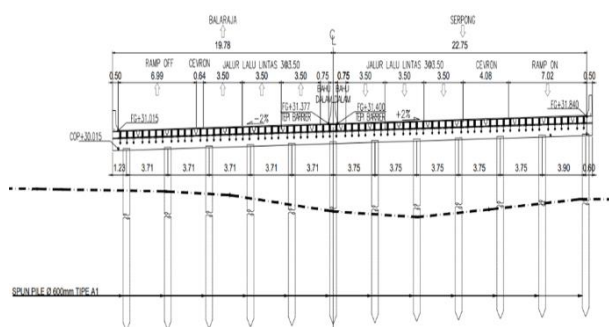


Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

- Melakukan survey pendahuluan pada lokasi penelitian yaitu Struktur jalan pendekat pada jembatan cisadane ruas jalan tol serpong-balaraja seksi 1a Sta 2+500 - 2+564.
- Mengumpulkan data yang berkaitan dengan topik penelitian berupa data Primer yang didapatkan saat survey kondisi eksisting berupa dimensi Struktur dan data sekunder yang diperoleh dari PT Multi Phi Beta berupa *Detail Engineering design* (DED), spesifikasi, dan data tanah.
- Membuat pemodelan struktur cermaton dan pile slab dengan tinjauan 3 segmen sepanjang 15 meter berdasarkan Shop Drawing dengan bantuan software.
- Melakukan analisis kapasitas kekuatan struktur cermaton dan pile slab dengan memasukan data dimensi, material, dan beban-beban yang bekerja pada software.
- Membandingkan kapasitas pondasi cermaton dengan kapasitas pondasi pile slab berdasarkan hasil analisis pada software.
- Setelah melakukan perbandingan kapasitas kekuatan struktur maka dilanjutkan dengan membuat kesimpulan yang dikaitkan dengan volume pondasi dan daya dukung pondasi,

apakah struktur pile slab yang terpasang di lapangan sudah tepat dipakai dibandingkan

dengan penggunaan cermaton sebagai struktur jalan pendekat Jembatan Cisadane.



Gambar 4. Potongan Melintang *Pile Slab*

#### Data Teknis Cermaton

Dimensi <i>mini pile</i>	: 0,2 m × 0,2 m
Jarak antar tiang	: 2,1 m
Kedalaman pondasi	: 12 m
Tebal matras beton	: 0,13 m
Panjang matras	: 2 m
Lebar matras	: 1 m
Mutu <i>mini pile</i>	: Fc' 40 Mpa
Mutu beton matras	: Fc' 25 Mpa

#### Data Teknis *Pile Slab*

Diameter pondasi	: 0,6 m (tipe A1)
Panjang pondasi	: 34 m
Kedalaman pondasi	: 28 m dan
<i>Free standing</i>	: 6 m
Tebal pelat lantai	: 0,35 m
Panjang tiap segmen	: 7,5 m
Jarak antar <i>spun pile</i>	: 3,7 m
Lebar <i>capping beam</i>	: 1,3 m
Tinggi <i>capping</i>	: 0,7 m

Pada penelitian ini hanya ditinjau sepanjang 15 meter.

Data-data tersebut akan menjadi bahan acuan dalam melakukan analisis perbandingan kapasitas struktur bawah antara *pile slab* dan cermaton. Adapun tahapan yang dilakukan yaitu:

- Analisis pembebanan jembatan yang terdiri dari beban permanen, beban hidup dan beban gempa yang mengacu pada SNI 1725 tahun 2016 dan SNI 2833 tahun 2016.
- Menghitung daya dukung pondasi dengan metode Mayerhof [9].

#### Metode Mayerhof

$$Q_u = Q_p + Q_s \quad (1)$$

$$Q_p = A_p \times q_p = A_p \times C_u' \times 9 \quad (2)$$

$$Q_s = A_s \times q_s = \sum P \times \Delta L \times a \times C_u \quad (3)$$

dengan:

$Q_u$  = daya dukung ultimit (ton)

$Q_p$  = daya dukung ujung (ton)

$Q_s$  = daya dukung gesek (ton)

$A_p$  = luas penampang tiang(m<sup>2</sup>)

$a$  = faktor adhesi

$C_u$  = kohesi tak teralir (ton/m<sup>2</sup>)

- Menghitung Konstanta Pegas

konstanta pegas tanah adalah rasio atau perbandingan antara tekanan tanah pada titik tertentu dari permukaan kontak dengan defleksi yang dihasilkan. Konstanta pegas pada tanah terdiri dari dua arah, yaitu arah vertikal dan arah horizontal [10]. Didalam permodelan tiang pondasi diperlukan konstanta pegas sebagai tahanan lateral tiang dan tahanan ujung tiang apabila ujung tiang tidak mencapai tanah keras [11].

- Membuat permodelan cermaton dan *pile slab* pada SAP2000
- Melakukan analisis kapasitas struktur bawah cermaton dan *pile slab* dengan memasukan data dimensi, material, pembebanan dan konstanta pegas yang sudah dihitung sebelumnya pada software SAP2000.
- Melakukan cek kapasitas tiang dan dengan melihat total reaksi yang di terima oleh struktur pada SAP2000.
- Melakukan kontrol terhadap perhitungan daya dukung pondasi.
- Melakukan cek terhadap penurunan yang terjadi dengan menggunakan berat sendiri struktur pada SAP2000.
- Melakukan cek kapasitas tiang terhadap beban gempa
- Penarikan kesimpulan dari hasil perbandingan kapasitas struktur bawah cermaton dan *pile slab*.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan SNI 1725 tahun 2016, analisis perhitungan pembebanan untuk jembatan meliputi beban mati, mati tambahan, hidup dan beban gempa [12].

Berikut perhitungan pembebanan untuk *pile slab* dan cermaton.

#### Beban mati

Perhitungan beban mati untuk *pile slab* dan cermaton dapat dihitung secara otomatis oleh software SAP2000 dengan memasukan data dimensi dan material struktur tersebut. Untuk perhitungan beban mati cermaton ditambah dengan beban tanah timbunan dengan  $\Gamma$  tanah sebesar 16 kN/m<sup>3</sup> dan tinggi timbunan 8 m. sehingga didapatkan hasil beban timbunan tanah sebesar 256 kN.



**Beban mati tambahan**

- Aspal

Dengan tebal aspal 0,05 m dan berat jenis aspal 22 kn/m<sup>3</sup> maka didapatkan hasil perhitungan beban aspal sebagai berikut.

Tabel 1. Beban Mati Tambahan Aspal *Pile Slab*

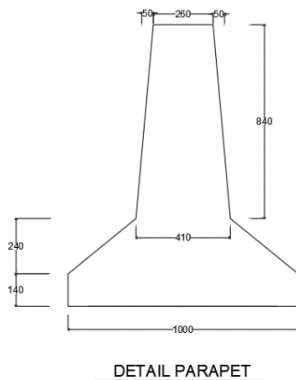
Bentang	Lebar Tinjauan Lantai (m)	SDL Aspal (kN/m)
Serpong A2	4,39	4,829
Serpong P7	4,73	5,203
Serpong P6	5,09	5,599
Balaraja	3,81	4,191
Tengah	3,75	4,125

Tabel 2. Beban Mati Tambahan Aspal Cermaton

Beban Aspal	Lebar Tinjauan Lantai (m)	SDL Aspal (kN/m)
	2,1	2,31

- Parapet

Dengan luasan penampang parapet 0,5438 m<sup>2</sup> dan berat jenis beton 25 kn/m<sup>3</sup> maka didapatkan hasil perhitungan beban parapet sebesar 13,595 Kn/m.



Gambar 5 Detail Penampang parapet

**Beban hidup**

- Beban garis terpusat

Sesuai dengan ketentuan SNI 1725:2016 besaran beban garis terpusat adalah 49 kN/m dikalikan dengan faktor beban dinamis. Maka didapatkan hasil 68,6 kN/m.

- Beban terbagi rata

Tabel 3. Beban Terbagi Rata *Pile Slab*

Bentang	Lebar Tinjauan Lantai (m)	QLL (kN/m)
Serpong A2	4,39	39,51
Serpong P7	4,73	42,57
Serpong P6	5,09	45,81
Balaraja	3,81	34,29
Tengah	3,75	33,75

Untuk perhitungan beban terbagi rata pada cermaton didapatkan hasil sebagai berikut.

$$QLL = q \times \text{jarak antar mini pile} \quad (4)$$

$$= 9 \text{ kPa} \times 2,1 \text{ m}$$

$$= 18,9 \text{ kN/m}$$

- Gaya rem

Perhitungan gaya akibat rem didapatkan dari 25% berat gandar truk atau 5 % dari berat truk rencana ditambah BTR. Didapatkan hasil 195 kN/m.

- Beban gempa

Dalam perhitungan beban gempa, digunakan SNI 2833:2016. Yang didalamnya terdapat parameter dalam perhitungan beban gempa yaitu berat struktur, koefisien respon elastik, dan faktor modifikasi [13]. Berat struktur dapat dihitung secara otomatis menggunakan *software* SAP2000 ditambah beban hidup. Faktor beban hidup dalam perhitungan beban gempa ditentukan berdasarkan kondisi spesifik jembatan yaitu 0,5 (jembatan jalan tol). Berdasarkan lokasi penelitian yang terletak di Serpong, Tangerang Selatan maka nilai koefisien respon elastik disesuaikan lokasi pada peta gempa serta waktu getar struktur. Didapatkan beban gempa sebesar 483 ton (*pile slab*) dan 2,08 ton (per 1 matras cermaton). Karena beban gempa tersebut bekerja pada pusat massa konfigurasi beban gempa yang digunakan adalah 100% untuk arah melintang dan 30% arah memanjang.

Tabel 4. Perhitungan Beban Gempa *Pile Slab*

Perhitungan Beban Gempa <i>Pile Slab</i>	
F <sub>PGA</sub>	1,05
F <sub>a</sub>	1,2
F <sub>v</sub>	3,4
C <sub>sm</sub>	0,42
E <sub>q</sub> (x)	1450,801 kN
E <sub>q</sub> (y)	4836,006 kN

Tabel 5. Perhitungan Beban Gempa Cermaton

Perhitungan Beban Gempa <i>Pile Slab</i>	
F <sub>PGA</sub>	1,05
F <sub>a</sub>	1,3
F <sub>v</sub>	2,6
C <sub>sm</sub>	0,41
E <sub>q</sub> (x)	7,6 kN
E <sub>q</sub> (y)	25,87 kN

**Perhitungan konstanta pegas**

Perhitungan nilai konstanta pegas digunakan dalam permodelan struktur bawah *pile slab* dan cermaton seperti *spun pile* dan *mini pile*. Kondisi tanah di sekitar pondasi *spun pile* maupun *mini pile* yang terbenam di dalam tanah dibuat model dengan konstanta pegas tanah atau *spring* dengan besaran sesuai dengan nilai N-spt yang sudah di koreksi mengacu pada SNI 4153 tahun

2008 dan buku *Foundation Analysis and Design* 1997. Analisis kapasitas tiang  
 Berikut persamaan Koreksi N-SPT [14].

$$N_{60} = \frac{(N_{spt} \times C_e \times C_b \times C_s \times C_r)}{0,6} \quad (5)$$

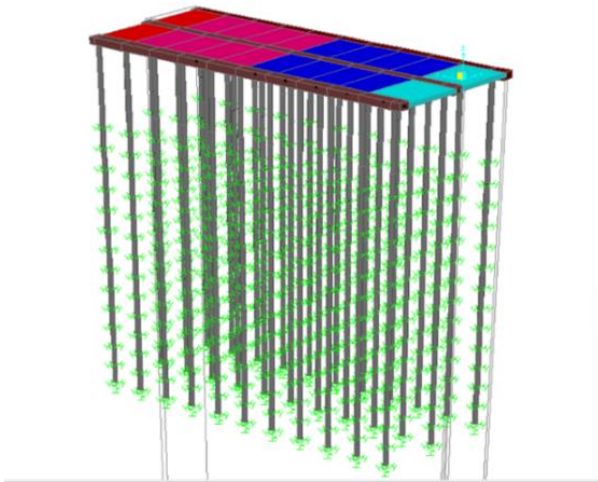
Menurut Joseph E. Bowles besarnya konstanta pegas tanah arah vertikal dan horizontal adalah

$$K_{sv} = 40 \times SF \times qa \quad (6)$$

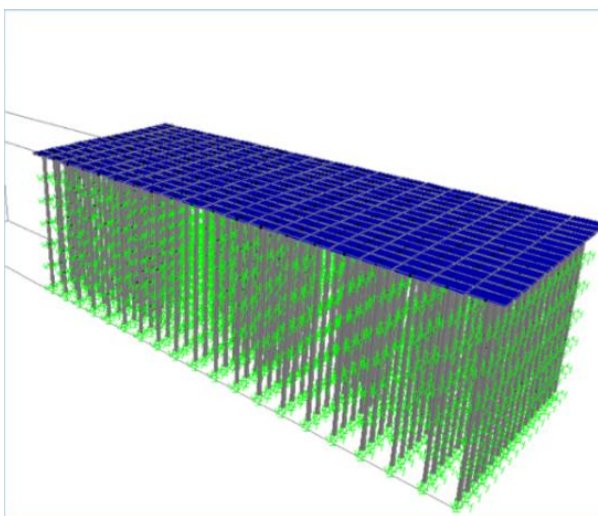
$$K_{sh} = 2 \times k_{sv} \quad (7)$$

hubungan antara daya dukung tanah yang diizinkan ( $qa$ ) dengan nilai N-SPT adalah  $qa = N/8$  (kg/cm<sup>2</sup>) [15].

dilanjutkan dengan proses analisis struktur *pile slab* dan cermaton menggunakan *software* SAP2000. Dengan membuat permodelan seperti gambar berikut.



Gambar 6. Permodelan *Pile Slab* 15 m



Gambar 7. Permodelan Cermaton

Dalam menganalisis kapasitas tiang *spun pile* dan *mini pile* dilihat dari volume dan total reaksi yang diterima oleh struktur.

- Volume *pile slab* dan cermaton

Dalam menghitung volume pondasi pile slab dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$V = A_s \times L \times \text{Jumlah tiang} \quad (8)$$

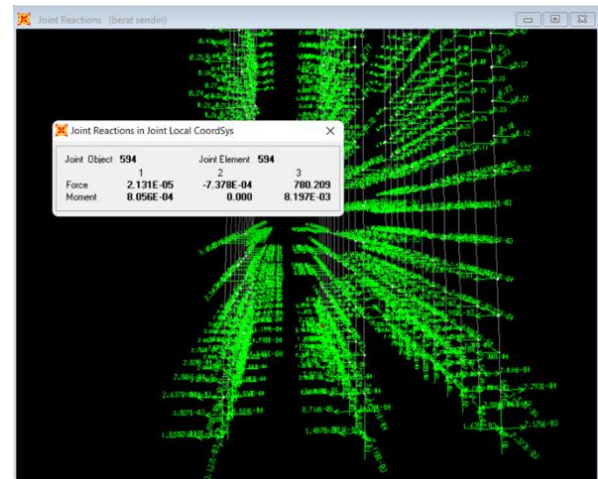
Keterangan:

$A_s$  = Luas penampang

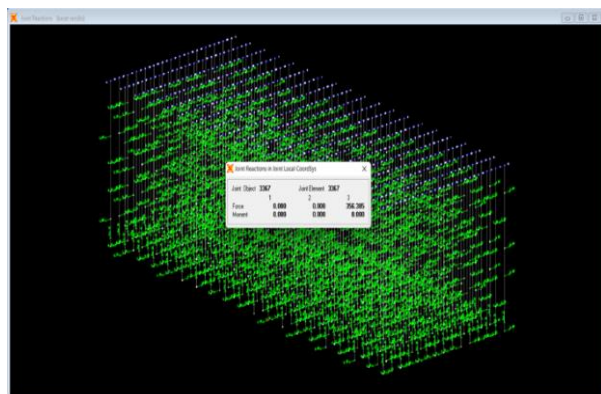
$L$  = Panjang

Maka dari itu didapatkan volume *pile slab* sebesar 317,077 m<sup>3</sup> dan volume cermaton sebesar 208,8 m<sup>3</sup>.

- Reaksi pada *pile slab* dan cermaton



Gambar 8. Reaksi Pada *Pile Slab*

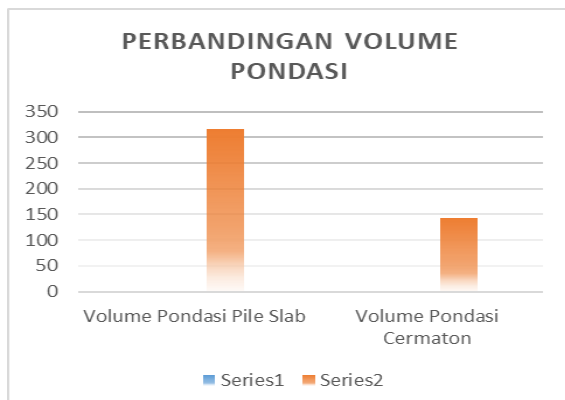


Gambar 9. Reaksi Pada Cermaton

Didapatkan hasil total reaksi pada masing-masing struktur sebagai berikut.

Tabel 6. Perbandingan hasil reaksi

Total reaksi	<i>Pile slab</i>	cermaton
	20157,57 kN	137118,7 kN



Gambar 10. Perbandingan Volume *Pile Slab* Dan Cermaton

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *software* SAP2000, didapatkan bahwa cermaton memiliki daya dukung pondasi yang lebih besar dengan volume pondasi yang lebih kecil dibandingkan dengan *pile slab*.

- Kontrol daya dukung pondasi

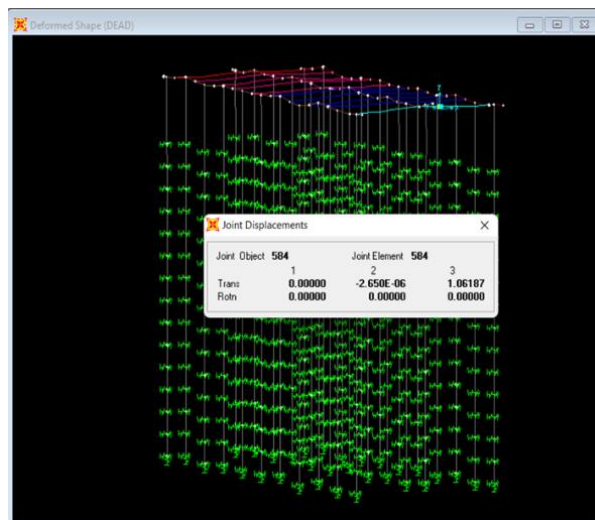
Setelah menganalisis menggunakan *software* SAP2000 kemudian di kontrol kembali dengan menghitung daya dukung pondasi secara manual. Perhitungan daya dukung pondasi di analisis menggunakan metode mayerhof. Didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 7. Perbandingan Daya Dukung Pondasi

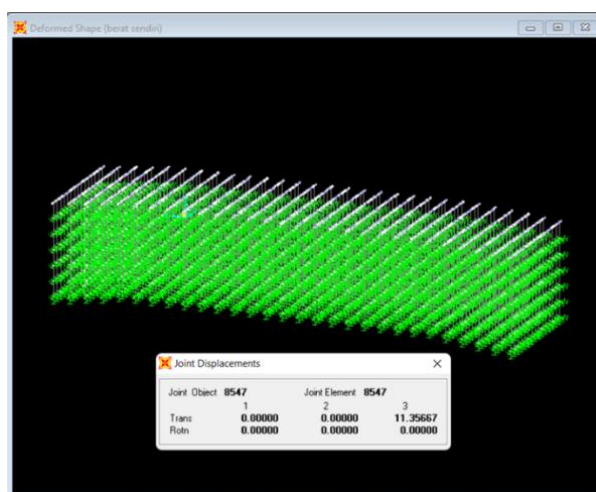
Perbandingan Daya Dukung Tiang			
Cermaton		<i>Pile Slab</i>	
Qa (ton)	n	Qa ( ton)	n
73,44	435	408,3352	33
31946,4		13475,06	

- Cek penurunan pada SAP2000

Dalam mengecek penurunan pada *pile slab* yang akan dibandingkan dengan cermaton yang digunakan hanya akibat beban mati struktur. Seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 11** dan **Gambar 12**.



Gambar 11. Hasil Penurunan Pada *Pile Slab*

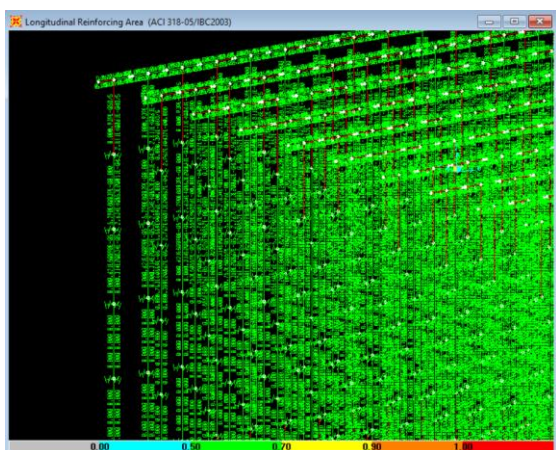


Gambar 12. Hasil Penurunan Pada Cermaton

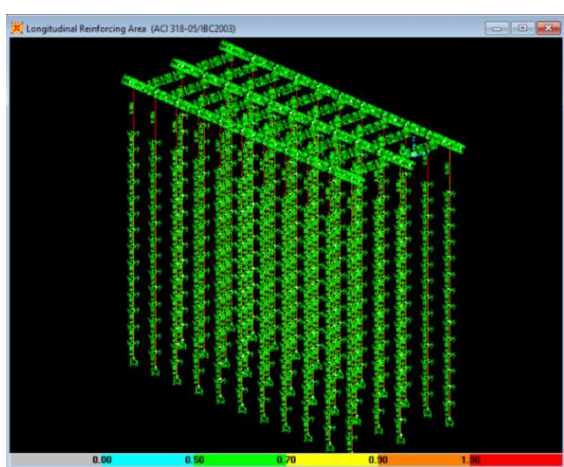
Setelah di bandingkan menggunakan *software* SAP2000 didapatkan hasil bahwa pada struktur *pile slab* terjadi penurunan sebesar 1,06 mm sedangkan penurunan yang terjadi pada cermaton sebesar 11,3 mm.

- Cek kapasitas tiang terhadap beban gempa

Berikut adalah hasil Cek kapasitas Struktur Cermaton dan *pile slab* akibat beban gempa yang sudah di analisis sebelumnya.



Gambar 13. Hasil Cek Kapasitas Struktur Cermaton Akibat Beban Gempa



Gambar 14. Hasil Cek Kapasitas Struktur *Pile Slab* Akibat Beban Gempa

Setelah di analisis terhadap beban gempa, kapasitas struktur *pile slab* lebih baik menerima beban akibat gempa dibandingkan dengan cermaton dikarenakan *capacity ratio* pada *pile slab* masih dibawah 1,0 sedangkan cermaton diatas 1,0 atau *overstress*.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan untuk mengevaluasi perbandingan struktur *pile slab* dan cermaton maka di peroleh kesimpulan sebagai berikut.

- Berdasarkan hasil analisis volume dan reaksi yang di terima oleh struktur, cermaton lebih baik dibandingkan dengan *pile slab* dikarenakan dengan volume yang lebih kecil dan didapatkan total reaksi yang lebih besar.
- Berdasarkan hasil analisis penurunan yang terjadi pada struktur, *pile slab* lebih baik dibandingkan dengan cermaton karena hasil analisis menunjukkan bahwa penurunan yang terjadi pada *pile slab* jauh lebih kecil dibandingkan dengan cermaton.
- Berdasarkan hasil analisis terhadap beban gempa, kapasitas struktur *pile slab* lebih baik menerima

beban akibat gempa dibandingkan dengan cermaton.

Pada penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya yang mengatakan bahwa cermaton lebih baik dibandingkan dengan *pile slab*, tetapi pada penelitian ini didapatkan bahwa *pile slab* dikatakan lebih baik dibandingkan dengan cermaton karena dilihat dari penurunannya yang akan berdampak pada keretakan struktur tersebut.

#### Daftar Rujukan

- N. A. Istikomqh and M. A. Rudiyanto, "Studi Perencanaan Struktur Jembatan Pile Group Slab Dengan Menggunakan Beton Komposit Dan Pelat Buhul Ruas Tol Mojokerto Kertosono," vol. 6, no. 2, 2017.
- I. N. Yasmara, "( Studi Kasus : Underpass Simpang Tugu Ngurah Rai )," 2018.
- M. Munir and Y. A. Yakin, "Evaluasi Deformasi dan Stabilitas Struktur Tiang Pelat ( Pile Slab ) di Atas Tanah Gambut ( Studi Kasus : Ruas Jalan Tol Pematang Panggang - Kayu Agung , Provinsi Sumatera Selatan )," vol. 4, no. 3, pp. 105–116, 2018.
- M. Setiawati, S. Pengajar, J. Sipil, F. Teknik, and U. M. Palembang, "Analisa Daya Dukung Tiang Pancang Hotel Santika Premiere Palembang ( Studi Kasus : Kel . Talang Jambe , Kec . Sukarame )," vol. 4, no. 2, pp. 84–88, 2015.
- E. Hidayat, A. Alwi, and E. Priadi, "Uji Beban Lateral Pada Tiang Spunpile Pada Pembangunan PLTU II Tanjung Gundul," *J. Mhs. Tek. Sipil Univ. Tanjungpura*, vol. 2, no. 2, 2013, [Online]. Available: <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/view/3713>.
- R. Romdhani, "Engineering Departemen Sipil Umum 2 Pt . Wijaya Karya ( Persero ) Tbk Departemen Sipil Umum 2 Pt . Wijaya Karya ( Persero ) Tbk," 2014.
- D. P. Pranata, I. F. Marshush, R. Karlinasari, and H. P. Adi, "Biaya Konstruksi Studi Kasus Jalan Tol Pematang," pp. 206–215, 2019.
- S. Juliarsih, S. Widodo, and Sumiyattinah, "Evaluasi Tebal Perkerasan Oprit Jembatan Bawas Dengan Menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan NO. 02/M/BM/2013," *Ft Untan*, no. 02, pp. 1–7, 2013.
- B. M. Das, "Principles of Foundation Engineering: Instructors Solution Manual." p. 160, 2007.
- Y. A. Yakin, D. S. Pratiwi, and B. F. Bilaldy, "Analisis Konstanta Pegas pada Fondasi Tiang (Studi Kasus: Gedung Type B DPRD Surabaya)," *RekaRacana J. Tek. Sipil*, vol. 6, no. 1, p. 42, 2020, doi: 10.26760/rekaracana.v6i1.42.
- A. S. Rosyada and A. Indianto, "Evaluasi Kapasitas Tiang Pancang Miring pada Pilar Jembatan Tipe Pile Cap," *J. Appl. Civ. Eng.*

- Infrastruct. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 32–38, 2021, [14] SNI4153, “SNI 4153:2008 Cara uji penetrasi lapangan dengan,” 2008.  
doi: 10.52158/jaceit.v2i2.245.
- [12] SNI 1725, “Standar pembebanan untuk jembatan,” 2016. [15] J. E. Bowles, *Foundation Analysis and Design International Fifth Edition*. 1997.
- [13] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 2833:2008 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan,” no. ICS 91.120.25, pp. 1–88, 2008.



## Analisis Daya Dukung Pondasi Spun Pile Dievaluasi Dengan Kalendering Dan PDA

Rahma Nur Fadilla<sup>1</sup>, Andikanoza Pradiptiya<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup>rahmanurfadilla5@gmail.com, <sup>2</sup>andikanoza.pradiptiya@sipil.pnj.ac.id\*

### Abstract

In a bridge construction project, there are two types of structures, namely the superstructure and the substructure. The foundation is part of the substructure that functions as the main support and the most important part that greatly affects the stability of the building above it. In foundation design, it is required to calculate the bearing capacity. The bearing capacity of the foundation can be predicted based on soil investigation data which compared by actual field dynamic test data. Dynamic test is carried out to determine the actual bearing capacity after pile installation. This research aims to predict of spun pile bearing capacity and settlement based on N-SPT data, then evaluated by dynamic test (PDA and calendering) at "X" Toll Road Construction Project. Moreover, an evaluation of the axial bearing capacity of single and group piles will be carried out against the workloads. The results shows that prediction of the bearing capacity closest to the PDA data using Luciano Decourt Method (1987) around 309.45 tons with a difference of 4.20% each other. Calendering analysis by Gates Method found that 301.46 tons with a difference of 50.8% against the prediction. The prediction of immediate settlement is obtained of 26.79 mm smaller than PDA result and a difference of 13.30%. The results of the evaluation of the axial bearing capacity of single and group piles against workloads show that both the predicted and actual (PDA and calendering) bearing capacity is greater than the workload.

Keywords: bearing capacity, calendering, pda test, settlement, spun pile.

### Abstrak

Dalam suatu proyek konstruksi jembatan, terdapat dua jenis struktur, yaitu struktur atas dan struktur bawah. Pondasi merupakan bagian dari struktur bawah yang berfungsi sebagai pendukung utama dan bagian terpenting yang sangat berpengaruh terhadap kestabilan bangunan di atasnya. Dalam perencanaan pondasi diperlukan perhitungan daya dukungnya. Daya dukung pondasi dapat diprediksi berdasarkan data penyelidikan tanah yang kemudian dibandingkan dengan data pengujian dinamis di lapangan. Pengujian dinamis dilakukan untuk mengetahui daya dukung aktual tiang yang terpasang. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi daya dukung dan penurunan spun pile berdasarkan data N-SPT, kemudian dievaluasi dengan pengujian dinamis (PDA dan kalendering) pada proyek Pembangunan Jalan Tol "X". Selain itu akan dilakukan evaluasi ketahanan daya dukung aksial tiang tunggal maupun grup terhadap beban yang bekerja pada pondasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prediksi daya dukung yang paling mendekati PDA terdapat pada Metode Luciano Decourt (1987) yaitu 309,45 ton dengan selisih sebesar 4,20%. Daya dukung hasil kalendering dengan Metode Gates yaitu 301,46 ton dengan selisih sebesar 50,8% dari prediksi. Hasil prediksi penurunan segera diperoleh sebesar 26,79 mm lebih kecil dari PDA dengan selisih sebesar 13,30%. Hasil evaluasi ketahanan daya dukung aksial tiang tunggal maupun grup terhadap beban kerja didapat bahwa baik daya dukung prediksi maupun aktual (PDA dan kalendering) daya dukungnya lebih besar dibandingkan dengan beban kerja.

Kata kunci: daya dukung, kalendering, pda test, penurunan, spun pile.

Diterima Redaksi : 2022-08-25 | Selesai Revisi : 2022-11-24 | Diterbitkan Online : 2022-12-01

### 1. Pendahuluan

Pondasi merupakan suatu konstruksi dasar yang berfungsi untuk menyalurkan beban yang berada di atasnya ke lapisan tanah dibawahnya. Pondasi perlu direncanakan berdasarkan jenis, kekuatan, dan daya dukung tanah karena sangat berpengaruh terhadap kestabilan bangunan di atasnya, sehingga dalam perencanaannya perlu kehati-hatian [1].

Dalam merencanakan suatu pondasi diperlukan perhitungan daya dukungnya. Kapasitas daya dukung dapat dihitung secara statis dengan konsep mekanika tanah berdasarkan hasil penyelidikan tanah di lapangan seperti data uji SPT (*Standard Penetration Test*) [2]. Setelah pondasi terpasang perlu dilakukan suatu pengujian guna mengkonfirmasi besarnya daya dukung yang terpasang secara aktual di lapangan [3]. Kapasitas daya dukung bisa didapatkan dengan pengujian dinamis



seperti uji PDA (*Pile Driving Analyzer*) dan uji Kalendering di lapangan [1].

Pada proyek Pembangunan Jalan Tol “X” digunakan pondasi spun pile (salah satu jenis pondasi tiang pancang bulat). Pemilihan jenis pondasi ini dikarenakan kondisi tanah di lokasi pembangunan jalan tol lunak dan lapisan tanah keras terletak cukup dalam (>10 meter).

Pada penelitian ini, akan dilakukan perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi spun pile pada titik Pilar 4 Jembatan “X” yang berada di Jalan Tol “X” yang dihasilkan dari data penyelidikan tanah berupa hasil uji SPT, kemudian dievaluasi dengan pengujian dinamis yaitu hasil uji kalendering dan test PDA (*Pile Driving Analyzer*). Selain itu akan dilakukan evaluasi ketahanan daya dukung aksial tiang tunggal maupun grup terhadap beban yang bekerja pada pondasi.

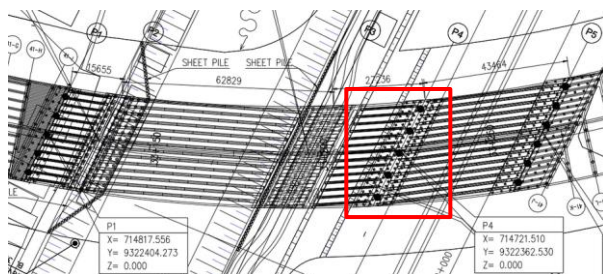
Prediksi daya dukung pondasi berdasarkan data N-SPT dan kalendering dilakukan dengan perhitungan manual beberapa metode. Daya dukung dengan data N-SPT dihitung menggunakan metode Meyerhof (1976), Briaud & Tucker (1985), Luciano Decourt (1987), dan Schmertmann (1967). Sedangkan daya dukung dengan data kalendering dihitung menggunakan metode Hilley, Modified Engineering News Record (ENR), Danish, Gates, dan Navy-Mc.Key. Beban yang bekerja pada pondasi diprediksi dengan analisa pembebanan struktur atas menggunakan perangkat lunak SAP2000.

Penelitian ini dilakukan untuk melihat bagaimana perbandingan daya dukung dan penurunan spun pile dari kedua metode (N-SPT dan pengujian dinamis). Selain untuk mengkonfirmasi besarnya daya dukung spun pile yang telah terpasang dan ketahanannya terhadap beban kerja aksial, dapat juga digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan suatu pondasi.

## 2. Metode Penelitian

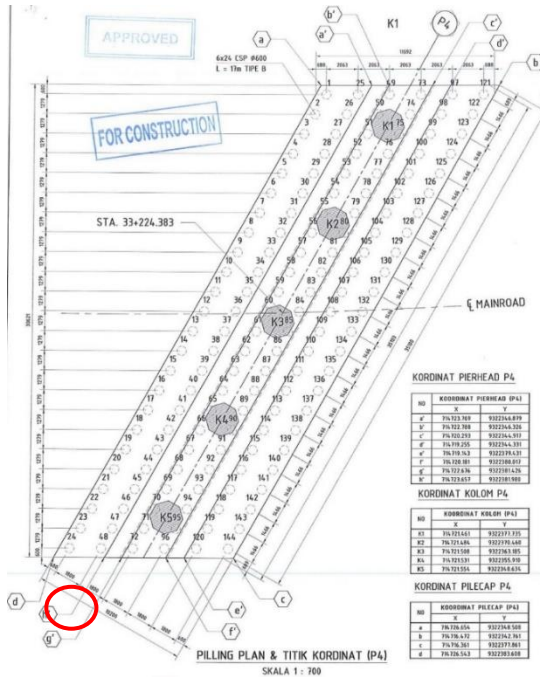
Penelitian ini dilakukan pada Pilar 4 Jembatan “X” pada proyek Jalan Tol “X” Seksi 4. Spun pile yang ditinjau adalah nomor 24, dengan spesifikasi:

Ø Spun Pile : Ø600 mm  
 L Spun Pile : 17 m  
 Mutu Beton : 50 Mpa



Gambar 1. Lokasi Pilar 4 Jembatan "X"

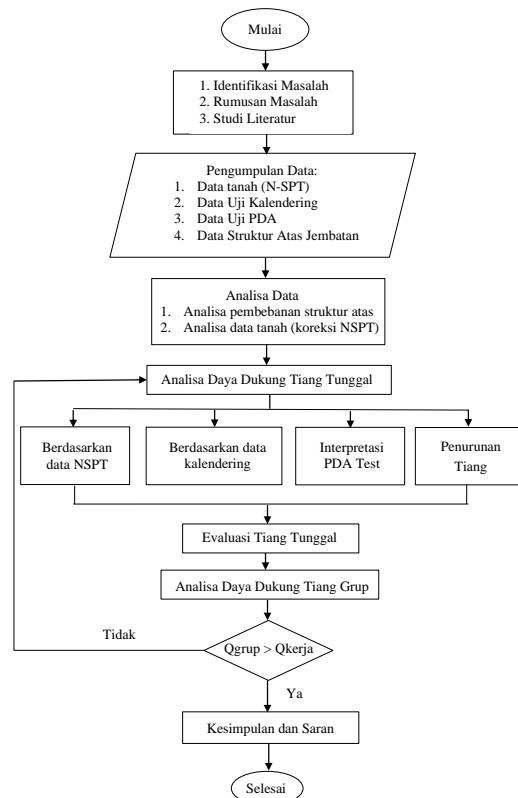
Jembatan “X” memiliki 5 pilar dengan bentang girder bervariasi. Pilar 4 terletak pada STA 33+224, di sisi dekat dengan kali.



Gambar 2. Plan Spun Pile Pilar 4

Dasar pile cap terletak pada elevasi -2,119 sehingga ujung tiang yang ditinjau terdapat pada kedalaman 18-20 m.

Langkah-langkah metode penelitian secara detail dijelaskan menggunakan diagram alir pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

Metode penelitian dimulai dari tahapan studi literatur, identifikasi dan perumusan masalah, serta pengumpulan data yang meliputi data penyelidikan tanah berupa N-SPT, hasil Kalendering dan PDA, serta data perencanaan dan gambar struktur atas jembatan.

Tahap kedua dilakukan proses analisis pembebanan struktur atas dengan aplikasi SAP2000 dan analisis data tanah berupa koreksi nilai N hasil pengujian lapangan dan korelasi nilai N lapangan melalui tabel dan grafik untuk mendapatkan data parameter tanah laboratorium.

Tahap ketiga dilakukan perhitungan manual daya dukung berdasarkan data N-SPT dan kalendering dengan beberapa metode, Interpretasi PDA Test, serta penurunan tiang tunggal dengan alat bantu Microsoft Excel.

Untuk menghitung daya dukung persamaan yang digunakan adalah:

$$Q_u = F_p \cdot A_p + F_s \cdot A_s \quad (1)$$

Dengan  $F_p$  adalah tahanan pada ujung tiang ( $\text{ton/m}^2$ ),  $A_p$  adalah luas penampang dasar tiang ( $\text{m}^2$ ),  $F_s$  adalah tahanan selimut tiang ( $\text{ton/m}^2$ ), dan  $A_s$  adalah luas selimut tiang ( $\text{m}^2$ )

Metode Meyerhof (1976)

Daya dukung ultimit tiang dapat dihitung secara empiris dari nilai N hasil uji N-SPT. Meyerhof (1976) menyarankan persamaan untuk menghitung tahanan ujung tiang tanah granuler [4]:

$$F_p = 40 \cdot N_p \cdot L/D \leq 400 \cdot N_p \quad (2)$$

Untuk tahanan selimut tiang tanah granuler digunakan persamaan:

$$F_s = 2 \cdot N \quad (3)$$

Untuk tahanan ujung tiang tanah granuler cara statik [5]:

$$F_p = q' \cdot N_q^* \leq 50 \cdot N_q^* \cdot \tan \phi \quad (4)$$

Untuk tahanan selimut tiang tanah granuler cara statik digunakan persamaan:

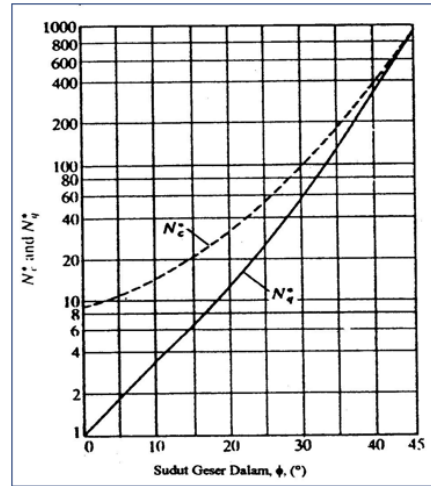
$$F_s = K \cdot q' \cdot \tan \phi \quad (5)$$

Untuk tahanan selimut tiang tanah kohesif digunakan persamaan:

$$F_s = \alpha \cdot C_u \quad (6)$$

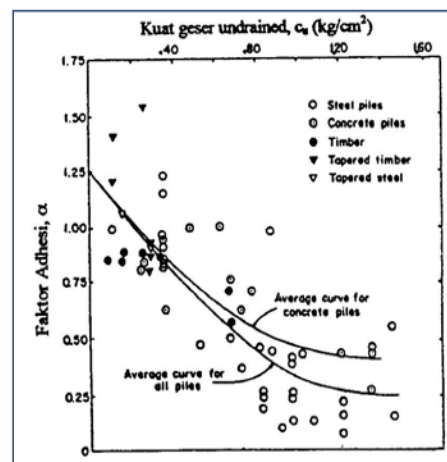
Dengan  $N_p$  adalah N terkoreksi rata-rata pada elevasi dasar tiang (10D keatas dan 4D kebawah dari ujung tiang),  $q'$  adalah tegangan vertikal efektif ( $\text{kn/m}^2$ ),  $N_q^*$  adalah faktor daya dukung ujung,  $\phi$  adalah sudut geser tanah, K adalah konstanta =  $1 - \sin \phi$ ,  $\alpha$  adalah koefisien adhesi, dan  $C_u$  adalah kohesi undrained ( $\text{kn/m}^2$ ).

Berikut ini gambar faktor daya dukung  $N_q^*$  terhadap  $\phi$ :



Gambar 4. Faktor daya dukung  $N_q^*$  terhadap  $\phi$  menurut Meyerhof (1976)[5]

Berikut ini gambar variasi nilai  $\alpha$  terhadap  $C_u$ :



Gambar 5. Variasi nilai  $\alpha$  terhadap  $C_u$  menurut Tomlinson (1986)[5]

Metode Briaud & Tucker (1985)

Briaud & Tucker (1985) menerapkan metode yang umumnya berlaku untuk jenis tanah apapun. Persamaan untuk menghitung tahanan ujung [6]:

$$F_p = 19,7 \times \sigma \times N60^{0,36} \quad (7)$$

Untuk tahanan selimut digunakan persamaan:

$$F_p = 0,224 \times \sigma \times N60^{0,29} \quad (8)$$

Dengan  $\sigma$  adalah tegangan referensi  $100 \text{ kn/m}^2$  atau  $10 \text{ t/m}^2$  dan N60 adalah  $N_{spt}$  yang dikoreksi terhadap pengaruh prosedur lapangan.

Metode Luciano Decourt (1987)

Luciano Decourt (1987) menyarankan persamaan untuk menghitung tahanan ujung tiang [7]:

$$F_p = \alpha \times (N_p \times K) \quad (9)$$

Untuk tahanan selimut digunakan persamaan:

$$F_s = \beta \times \left( \frac{N_s}{3} + 1 \right) \quad (10)$$

Dengan  $\alpha$  adalah koefisien dasar tiang (untuk tiang pancang koefisien 1), K adalah koefisien karakteristik tanah,  $\beta$  adalah koefisien selimut tiang (untuk tiang pancang koefisien 1),  $N_p$  adalah N terkoreksi rata-rata pada elevasi dasar tiang (4D keatas dan 4D kebawah dari



ujung tiang), dan  $N_s$  adalah nilai rata-rata SPT sepanjang tiang yang tertanam

Tabel 1 Koefisien tanah (K) menurut Decourt,1996[6]

Jenis Tanah	Nilai K (ton/m <sup>2</sup> )
Lempung	12
Lanau Berlempung	20
Lanau Berpasir	25
Pasir dan Kerikil	40

### Metode Schmertmann (1967)

Tabel 2 menunjukkan nilai korelasi tahanan ujung tiang dan gesekan selimut yang diusulkan Schmertmann [8]:

Tabel 2 Korelasi Tahanan Ujung dan Gesekan Selimut menurut Schmertmann,1967

Jenis Tanah	Deskripsi	Gesekan selimut (kg/cm <sup>2</sup> )	Tahanan ujung (kg/cm <sup>2</sup> )
Pasir bersih (*)	GW, GP, GM, SW, SP, SM	0.019N	3.2N
Lempung lanau bercampur pasir, pasir kelanauan, lanau	GC, SC, ML, CL	0.04N (**)	1.6N
Lempung plastis	CH, OH	0.05N (**)	0.7N
Batu gemping rapuh, pasir berkarang		0.01N	3.6N

(\*) Untuk  $N > 60$ , diambil  $N = 60$

(\*\*) Dianjurkan untuk memberikan reduksi untuk lempung teguh dan lempung pasir

### Daya Dukung Pondasi (Kalendering)

#### Metode Hilley

$$Q_u = \frac{2 \times E \times W_r \times H}{S+K} \times \frac{W_r+(N^2 \times W_p)}{W_r+W_p} \quad (11)$$

#### Metode Modified Engineering News Record (ENR)

$$Q_u = \frac{E \times W_r \times H}{S+C} \times \frac{W_r+(N^2 \times W_p)}{W_r+W_p} \quad (12)$$

#### Metode Danish

$$Q_u = \frac{E \times E_a}{S + \left[ \frac{E \times E_a \times L}{2 \times A \times E_p} \right]^{0.5}} \quad (13)$$

#### Metode Gates

$$Q_u = \alpha \times \sqrt{E \cdot E_a} \quad (b - \log s) \quad (14)$$

#### Metode Navy-Mc.Key

$$Q_u = \frac{E \times E_a}{s(1 + 0,3 C1)} \quad (15)$$

$$C1 = \frac{W_p}{W_r} \quad (16)$$

Dengan  $E$  adalah Efisiensi alat pancang (diesel hammer 0,85 – 1),  $E_a$  adalah Energi alat pancang (kg cm),  $W_p$  adalah Berat Tiang Pancang,  $W_r$  adalah Berat hammer,  $H$  adalah Tinggi Jatuh Ram,  $A$  adalah Luas Penampang tiang (cm<sup>2</sup>),  $a$  dan  $b$  adalah Koefisien (Standar International (metric)  $a = 104,25$ ;  $b = 2,4$ ),  $E_p$  adalah Modulus elastisitas bahan (kg/cm<sup>2</sup>),  $S$  adalah Nilai Penetrasi akhir per pukulan,  $K$  adalah Nilai Pantulan pada saat pukulan terakhir,  $n$  adalah Koefisien restitusi antara ram dan pile cap (tiang beton 0,3-0,5), dan  $C$

adalah Konstanta temporary elastic compression (diesel hammer 25,4 mm).

Pada saat pondasi diberikan beban, tiang akan mengalami pendekatan dan tanah disekitar tiang akan menurun. Penyebab penurunan tanah disekitar tiang adalah karena perubahan susunan tanah ataupun berkurangnya rongga pori/air di dalam tanah [9]. Rumus Vesic (1977) akan digunakan dalam perhitungan penurunan segera.

Tahap keempat dalam penelitian ini adalah mengevaluasi daya dukung tiang tunggal dan penurunan hasil perhitungan dengan PDA.

Metode uji dengan High Strain Dynamic Pile atau lebih dikenal sebagai PDA mencakup metode penerapan gaya tumbukan aksial oleh tumbukan beban berat (palu alat pancang) yang mengakibatkan regangan relatif tinggi di bagian atas pondasi dalam arah vertikal ataupun miring beserta prosedur pengukuran reaksi gaya dan kecepatan dari tiang pondasi akibat perlawanan atau reaksi tanah [10]. Dalam metode analisis PDA test dibagi menjadi 2, yaitu Case Method dan CAPWAP [11].

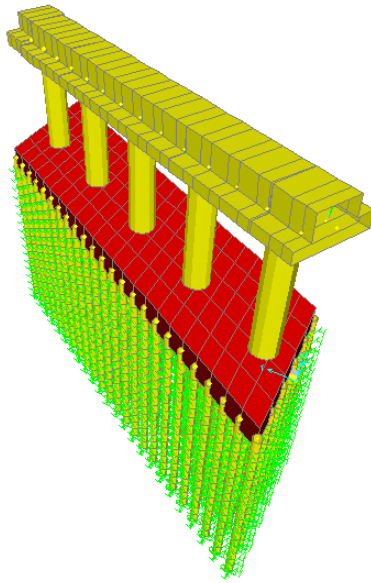
Tahap kelima dalam penelitian ini adalah menganalisis daya dukung tiang grup karena dalam penggunaan sesungguhnya di lapangan, pondasi tiang biasanya dirancang dan dibangun dalam bentuk grup/kelompok [12]. Tiang pancang dapat dikatakan memiliki daya dukung grup apabila jarak antar tiang berkisar 2,5D-9D [13]. Pada tahap ini akan dihitung efisiensi tiang grup terlebih dahulu. Efisiensi adalah pengurangan daya dukung kelompok tiang akibat pengaruh grup. Perhitungan efisiensi diambil rata-rata dari beberapa metode seperti Converse – Labbarre dari Uniform Building Code AASHTO, Formula sederhana, Los Angeles Group Action equation, dan Seiler-Keeney equation.

Langkah akhir berupa evaluasi apakah daya dukung tiang grup mampu menahan beban kerja, penarikan kesimpulan, serta saran dari penelitian yang dilakukan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Analisis Pembebanan Struktur Atas dan Data Tanah

Permodelan struktur atas jembatan pada perangkat lunak SAP2000 menggunakan material dan ukuran yang sesuai dengan spesifikasi rencana.



Gambar 6. Permodelan Struktur Atas Pilar 4

Beban kerja aksial yang digunakan dalam analisa adalah beban terbesar dari 3 kombinasi beban, yaitu 8798,675 ton. Akibat beban yang bekerja tidak sentris, maka setiap tiang memiliki pembebanan yang berbeda. Beban kerja aksial tiang tunggal (Nomor 24) yang akan digunakan dalam analisa sebesar 13,44 ton.

Tabel 3. Data Parameter Tanah Laboratorium

Kedalaman (m)	Lapisan Tanah	N	Efisiensi	N60	$\gamma_{sat}$ N (KN/m <sup>3</sup> )	Cu (t/m <sup>2</sup> )	$\phi'$	Dr
1-2	Clay	6	0.83	5.00	18.50	3.60		
2-4	Clay	1	0.83	0.83	16.00	0.60		
4-6	Clay	2	0.83	1.67	16.00	1.20		
6-8	Clay	1	0.83	0.83	16.00	0.60		
8-10	Clay	1	0.83	0.83	16.00	0.60		
10-12	Clay	7	0.83	5.83	19.25	4.20		
12-14	Clay	13	0.83	10.83	21.14	7.80		
14-16	Sand	61	0.83	50.83	22.67	40	0.80	
16-18	Sand	61	0.83	50.83	22.67	40	0.80	
18-20	Sand	61	0.83	50.83	22.67	40	0.80	
20-22	Sand	63	0.83	52.50	23.00	40	0.80	
22-24	Sand	60	0.83	50.00	22.50	40	0.80	
24-26	Sand	61	0.83	50.83	22.67	40	0.80	
26-28	Sand	61	0.83	50.83	22.67	40	0.80	
28-30	Sand	60	0.83	50.00	22.50	40	0.80	

Berdasarkan hasil N-SPT di lapangan didapat bahwa struktur lapisan tanah didominasi oleh jenis lempung pada kedalaman 0-14 m dan pasir pada kedalaman 14-30 m.

Analisis Daya Dukung Berdasarkan Hasil Uji N-SPT

Daya dukung pondasi menurut Das (2016) adalah penjumlahan daya dukung ujung tiang (Qp) dan tahanan gesek selimut tiang (Qs) [3]. Daya dukung tiang tunggal berdasarkan nilai N-SPT dengan beberapa metode dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Daya Dukung Dengan Data N-SPT

Metode Perhitungan	Qp (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)	Qa (ton)
Statis (Korelasi data lap)	450.77	99.10	549.87	199.81
Meyerhof (1976)	451.21	150.94	602.15	225.88
Briaud & Tucker (1985)	229.12	143.91	373.04	148.33
Luciano Decourt (1987)	574.91	235.62	810.53	309.45
Schmertmann (1967)	517.42	88.91	606.33	216.93

Faktor keamanan yang digunakan adalah 3 untuk tahanan ujung dan 2 untuk tahanan selimut.

Daya dukung menggunakan data N-SPT terbesar terdapat pada Metode Luciano Decourt (1987) sebesar 309,45 ton dan daya dukung terkecil pada Metode Briaud & Tucker (1985) sebesar 148,33 ton.

Analisis Daya Dukung Berdasarkan Hasil Uji Kalendering

Kalendering digunakan pada pemancangan tiang untuk memperkirakan besarnya daya dukung tanah secara empiris melalui perhitungan yang dihasilkan dari proses pemukulan alat pancang [14]. Daya dukung tiang tunggal berdasarkan data kalendering dengan beberapa metode dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Daya Dukung Dengan Data Kalendering

Metode Perhitungan	Qu (ton)
Hilley	466.56
ENR	637.48
Danish	663.32
Gates	301.46
Navy - Mc.Key	624.13

Daya dukung menggunakan data kalendering terkecil terdapat pada Metode Gates sebesar 301,46 ton dan daya dukung terbesar pada Metode Danish sebesar 663,32 ton.

Daya Dukung Berdasarkan Hasil Uji PDA Test

Dalam uji PDA digunakan pemukul jenis diesel hammer dengan berat hammer 6,5 ton. PT “X” dalam laporan hasil pengujiannya memberikan daya dukung dan penurunan pondasi tiang tunggal seperti tersaji pada Tabel 6.

Tabel 6. Daya Dukung dan Penurunan Hasil PDA Test

PDA	CAPWAP			
	Qu (ton)	Qs (ton)	Qp (ton)	Penurunan elastis (mm)
314	323	69	254	30.9

Dari hasil PDA, diperoleh daya dukung sebesar 314 ton dengan Case Method, 323 ton dengan CAPWAP, dan penurunan segera sebesar 30,9 mm.

### Analisis Penurunan Segera Tiang Tunggal

Penurunan segera merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa perubahan kadar air [15]. Berikut hasil perhitungan penurunan segera tiang tunggal dengan nilai daya dukung menggunakan berbagai metode dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Penurunan Segera

Metode Perhitungan	Penurunan (perhitungan) (mm)
Statis (Korelasi data lap)	22.93
Meyerhof	23.50
Briaud & Tucker (1985)	20.04
Luciano Decourt (1987)	26.79
Schmertmann (1967)	24.26

Penurunan segera terkecil terdapat pada Metode Briaud & Tucker (1985) sebesar 20,04 mm dan penurunan terbesar pada Metode Luciano Decourt (1967) sebesar 26,79 mm.

### Evaluasi Daya Dukung Tiang Tunggal Terhadap Beban Kerja

Akibat konsolidasi lapisan lempung, maka bagian tiang pada kedalaman 0-14 m akan mendukung gaya gesek negatif, gaya ini merupakan gaya tambahan yang harus didukung tiang. Qneg hasil perhitungan didapat sebesar 43,43 ton, sehingga beban total yang harus didukung tiang tunggal adalah beban kerja 1 tiang ditambah Qneg yaitu 56,86 ton.

Tabel 8. Evaluasi Daya Dukung Tiang Tunggal Terhadap Beban Kerja

Metode Perhitungan	Daya dukung izin (ton)	Q Kerja 1 tiang (ton)	Evaluasi
Statis (Korelasi data lap)	199,81		Aman, $Q_u > Q$ Kerja
Meyerhof	225,88		Aman, $Q_u > Q$ Kerja
Briaud & Tucker (1985)	148,33	56,86	Aman, $Q_u > Q$ Kerja
Luciano Decourt (1987)	309,45		Aman, $Q_u > Q$ Kerja
Schmertmann (1967)	216,93		Aman, $Q_u > Q$ Kerja

Berdasarkan perhitungan daya dukung prediksi dengan beberapa metode, didapat hasil bahwa daya dukung lebih besar dari beban yang bekerja ( $Q_u > Q$  kerja), maka tiang dalam kondisi aman dan mampu menahan beban kerja aksial.

### Evaluasi Perbandingan Daya Dukung Hasil N-SPT dengan Pengujian Dinamis

Tabel 9. Evaluasi Perbandingan Daya Dukung Data N-SPT dan PDA Test

Metode Perhitungan	Qa (ton)	PDA	
		CAPWAP	Evaluasi
Statis (Korelasi data lap)	199,81		Aman, PDA > Rencana 38,14%
Meyerhof	225,88		Aman, PDA > Rencana 30,07%
Briaud & Tucker (1985)	148,33	323,00	Aman, PDA > Rencana 54,08%
Luciano Decourt (1987)	309,45		Aman, PDA > Rencana 4,20%
(1967)	216,93		Aman, PDA > Rencana 32,84%

Daya dukung prediksi yang paling kritis dengan data N-SPT terdapat pada Metode Briaud & Tucker (1987) sebesar 148,33 ton dengan selisih 54,08% dari PDA. Daya dukung prediksi terbesar dan paling mendekati PDA adalah Metode Luciano Decourt (1987) sebesar 309,45 ton dengan selisih 4,2% dari PDA. Dari Tabel 9 diatas dapat terlihat daya dukung hasil prediksi dengan hasil kritis maupun terbesar semuanya lebih kecil dari PDA Test.

Tabel 10. Evaluasi Perbandingan Daya Dukung Data N-SPT dan Kalendering

Metode Perhitungan	Qu (ton)	Qa (ton)	Evaluasi	Selisih dg Rencana	Selisih dg PDA
Hilley	466,56		Aman, Kalendering > Rencana	68,21%	44,4%
ENR	637,48		Aman, Kalendering > Rencana	76,73%	97,4%
Danish	663,32	148,33	Aman, Kalendering > Rencana	77,64%	105,4%
Gates	301,46		Aman, Kalendering > Rencana	50,80%	6,7%
Navy - Mc,Key	624,13		Aman, Kalendering > Rencana	76,23%	93,2%

Daya dukung prediksi Metode Briaud & Tucker (1985) akan dijadikan acuan dalam evaluasi daya dukung prediksi dengan kalendering karena hasilnya paling kritis. Berdasarkan Tabel 10 diketahui daya dukung menggunakan data Kalendering dengan nilai terbesar terdapat pada Metode Danish yaitu 663,32 ton dengan selisih sebesar 77,64% dari hasil N-SPT. Sedangkan daya dukung terkecil dan paling mendekati PDA Test serta hasil N-SPT terdapat pada Metode Gates yaitu 301,46 ton dimana selisihnya sebesar 6,7% dengan PDA dan 50,80% dengan hasil N-SPT. Dari Tabel 10 diatas dapat terlihat daya dukung hasil kalendering baik yang kritis maupun yang terbesar semuanya lebih besar dari daya dukung prediksi (N-SPT).

### Evaluasi Perbandingan Penurunan Tiang Tunggal

Tabel 11. Evaluasi Perbandingan Penurunan Data N-SPT dan PDA Test

Metode Perhitungan	Penurunan (perhitungan) (mm)	Penurunan (PDA Test) (mm)	Selisih
Statis (Korelasi data lap)	22,93		25,79%
Meyerhof	23,50		23,95%
Briaud & Tucker (1985)	20,04	30,90	35,15%
Luciano Decourt (1987)	26,79		13,30%
Schmertmann (1967)	24,26		21,49%

Menurut Reese & Wright (1997) penurunan izin adalah 10%D yaitu 60 mm, sedangkan dalam RSNI 8460:2017 penurunan izin < 15 cm + b/600 [16] yaitu 151 mm. Pada Tabel 11 dapat terlihat bahwa penurunan masih dalam batas aman karena masih lebih kecil dari batas ijin penurunan.

#### Analisis Daya Dukung Tiang Grup

Setelah perhitungan daya dukung tiang tunggal, daya dukung tiang kelompok akan dihitung karena pada pemanfaatan sesungguhnya tiang akan berkerja secara grup dengan pilecap dalam menahan beban luar yang terjadi.

Tabel 12. Rekapitulasi Efisiensi Tiang Grup

Metode Perhitungan	Eg
Formula Sederhana	0.311
Converse - Labarre dari Uniform Building Code AASHTO	0.557
Los Angeles Group Action Equation	0.619
Seiler-Keeney Equation,1994	0.680
<b>Eg rata-rata</b>	<b>0.542</b>

Efisiensi tiang grup di ambil dari nilai rata-rata 4 metode yaitu 0,542.

Dari perhitungan daya dukung tiang tunggal sebelumnya, dapat dilihat hasil daya dukung yang paling kritis dengan data N-SPT terdapat pada Metode Briaud & Tucker (1987) dan dengan data kalendering terdapat pada Metode Gates. Dengan demikian, Metode Briaud & Tucker (1987) dan Gates akan dijadikan acuan dalam perhitungan daya dukung tiang grup.

Tabel 13. Rekapitulasi Daya Dukung Tiang Grup

Metode Perhitungan	Daya Dukung Tiang Tunggal(ton)	Daya Dukung Tiang Grup(ton)
N-SPT (Briaud & Tucker)	148.33	8824.49
Kalendering (Gates)	301.46	20775.49
PDA (CAPWAP)	323.00	22456.62

Daya dukung tiang grup hasil N-SPT didapat sebesar 8824,49 ton, dengan data kalendering sebesar 20775,4 ton, dan dengan data PDA sebesar 22456,62 ton.

#### Evaluasi Daya Dukung Tiang Grup Terhadap Beban Kerja

Tabel 14. Evaluasi Daya Dukung Tiang Grup Terhadap Beban Kerja

Metode Perhitungan	Daya Dukung Tiang Grup(ton)	Q Kerja (ton)	Evaluasi
N-SPT (Briaud & Tucker)	8824.49		Aman, Qu Grup > Q Kerja
Kalendering (Gates)	20775.49	8798.68	Aman, Qu Grup > Q Kerja
PDA (CAPWAP)	22456.62		Aman, Qu Grup > Q Kerja

Berdasarkan perhitungan daya dukung tiang grup dengan beberapa metode, didapat hasil bahwa daya dukung tiang grup lebih besar dari beban yang bekerja

(Qu Grup > Q kerja), maka tiang dalam kondisi aman dan mampu menahan beban kerja aksial.

#### 4. Kesimpulan

Hasil daya dukung tiang tunggal menggunakan data N-SPT baik yang kritis maupun yang terbesar lebih kecil dari hasil pengujian dinamis (kalendering dan PDA), maka dapat dikatakan aman karena hasil aktual lebih besar daripada prediksi. Penurunan segera hasil perhitungan maupun PDA hasilnya lebih kecil dari penurunan ijin. Hasil evaluasi ketahanan daya dukung tiang tunggal maupun grup terhadap beban kerja didapat bahwa baik daya dukung prediksi maupun aktual (PDA dan kalendering) daya dukungnya lebih besar dibandingkan beban kerja.

#### Daftar Rujukan

- [1] M. A. Sagita, F. Fahrianti, dan Y. Apriyanti, "Analisis Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Hasil Uji SPT Dan Uji Beban Dinamis Pada Proyek Penggantian Jembatan Baturusa," *Prosiding Seminar Penelitian Dan Pengabdian Pada Masyarakat*, pp. 1–4, Okt 2020.
- [2] H. C. Hardiyatmo, *Analisis dan Perancangan Fondasi II*, 3 ed. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2015.
- [3] H. T. Santoso dan J. Hartono, "Analisis Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasar Hasil Uji SPT Dan Pengujian Dinamis," *Jurnal Riset Rekayasa Sipil Universitas Sebelas Maret*, vol. 4, pp. 30–38, Sep 2020.
- [4] C. R. Siregar, "Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Secara Analitis Pada Proyek GBI Bethel Medan," Medan, 2012.
- [5] E. Seftian, R. J. E. R. Sumampouw, dan S. Balamba, "Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Dengan Menggunakan Metode Statik Dan Calendering Studi Kasus : Proyek Pembangunan Manado Town Square 3," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 3, no. 9, pp. 631–643, 2015.
- [6] M. S. Putri, Y. Apriyanti, dan F. Fahriani, "Aanalisis Perbandingan Daya Dukung Dan Penurunan Tiang Pancang Tunggal Dengan Metode Statik Dan Uji Beban," *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Pada Masyarakat*, pp. 210–215, Okt 2018.
- [7] A. Harahap, "Analisa Daya Dukung Tiang Secara Statis Dan Dinamis Pada Pembangunan Jembatan Alalak Banjarmasin," 2020.
- [8] S. Prima, I. B. Santoso, dan J. A. Setyarini, "Studi N-SPT Mengenai Daya Dukung Tiang Pancang Pada Konstruksi Pile Slab Proyek Jalan Tol Jakarta-Kunciran-Cengkareng," 2019.
- [9] D. Kurniawan, "Hubungan Nilai Konsolidasi dan Nilai Kuat Tekan Bebas pada Tanah Lempung yang Disubstitusi Material Pasir," 2015.

- [10] R. Aldino, "Tinjauan Perbedaan Kuat Dukung Tiang Tunggal Antara Data Kalendering, Data SPT, Dan Data PDA Test Pada Tiang Pancang No. 7 Dan No. 25 Pile Cap No. 1 Overpass STA 58+250 Proyek Jalan Tol Pekanbaru-Dumai," *Universitas Islam Riau*. Pekanbaru, 2019.
- [11] Binamarga, "Ketentuan Praktis Uji Pondasi Tiang Jembatan." Binamarga, Jakarta, 2016.
- [12] A. Hakam, *Rekayasa Pondasi*. Padang: CV. Bintang Grafika, 2008.
- [13] A. Afriyanto, "Analisa Perbandingan Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Berbagai Macam Metode Pada Proyek Apartemen The Frontage Surabaya," Surabaya, 2017.
- [14] H. Lukman, "Rasio Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Hasil Kalendering," Bogor.
- [15] L. Cassiophea, "Relationship Of Pore Number With Consolidation Settlement Of Clay," *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan BALANGA*, vol. 2, no. 2, pp. 1–11, 2014.
- [16] A. Azizi, M. A. Salim, dan S. Anjarwati, "Analisis Penurunan Pondasi Tiang Bor Dengan Metode Empiris Dan Uji Beban Pada Proyek Gedung 'K' Universitas Muhammadiyah Purwokerto," *Jurnal Nasional UMP*, vol. 3, no. 1, pp. 25–32, 2022



## Studi Karakteristik Marshall Pada Aspal Dengan Perbandingan Lateks Pada Lapisan Wearing Course

Mahmuda<sup>1</sup>, Lina Flaviana Tilik<sup>2</sup>, Soegeng Harijadi<sup>3</sup>, Muhammad Aufa Ahdi<sup>4</sup>, Radean Dharma Qalbi<sup>5</sup>, Rizki Septian<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup>Teknik Sipil, Teknik, Politeknik Negeri Sriwijaya

<sup>2</sup>lina\_tilik@yahoo.co.id\*

### Abstract

Asphalt concrete is one type of flexible pavement construction pavement. Asphalt concrete mixture consists of coarse aggregate, fine aggregate with asphalt as a binder. The availability of bitumen usually comes from the petroleum refining process, but it is getting thinner day by day, and the availability of crude oil contained in the bowels of the earth is also decreasing. The above problems finally opened the idea of developing polymer-modified asphalt by adding additives or replacing part of the asphalt with polymer materials to achieve the goal of reducing asphalt without compromising quality. Expected to improve performance. One of the materials that can be used is natural elastomer, namely natural rubber in the form of latex or latex rubber. The use of latex as a substitute for asphalt concrete is expected to be a new alternative to improve the performance of road pavements and can be a solution for road pavement structures to withstand heavy vehicle loads and withstand changes in natural conditions, so that construction is expected to last a long time. The results of this test obtained the optimum asphalt content of 6.5%. With an optimum asphalt content of 6.5%, the value of VIM: 3.513%, VMA: 15.090% VFA: 74.223, Stability: 1658.032, Flow: 3.531 Marshall Quotient: 469,564. All characteristic values of the AC-WC mixture at 6.5% asphalt content met the 2010 technical specifications.

Keywords: flexible Pavement, asphalt concrete, latex substitution, marshall characteristics, wearing coarse

### Abstrak

Beton aspal merupakan salah satu jenis perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Campuran beton aspal terdiri dari agregat kasar, agregat halus dengan aspal sebagai pengikatnya. Ketersediaan bitumen biasanya berasal dari proses penyulingan minyak bumi, namun jumlahnya semakin hari semakin menipis, dan ketersediaan minyak mentah yang terkandung di dalam perut bumi juga semakin berkurang. Permasalahan di atas akhirnya membuka ide pengembangan aspal modifikasi (polymer-modified asphalt) dengan menambahkan bahan adiktif atau mengganti sebagian aspal dengan bahan polimer untuk mencapai tujuan penghematan aspal tanpa mengurangi kualitas. Diharapkan dapat meningkatkan kinerja. Salah satu bahan yang dapat digunakan adalah elastomer alam yaitu karet alam berupa lateks atau karet lateks. Penggunaan lateks sebagai pengganti aspal beton diharapkan dapat menjadi alternatif baru untuk meningkatkan kinerja perkerasan jalan, serta dapat menjadi solusi struktur perkerasan jalan untuk menahan beban kendaraan yang berat dan menahan perubahan kondisi alam, sehingga diharapkan konstruksi jalan dapat bertahan lama. Hasil dari pengujian ini diperoleh kadar aspal optimum sebesar 6,5%. Dengan kadar aspal optimum 6,5% diperoleh nilai VIM : 3,513%, VMA : 15,090% VFA : 74,223, Stabilitas : 1658,032, Flow : 3,531 Marshall Quotient : 469,564. Semua nilai karakteristik campuran nilai AC-WC pada kadar aspal 6,5% memenuhi persyaratan spesifikasi teknik 2010.

Kata kunci: Perkerasan lentur, beton aspal, substitusi lateks, karakteristik marshall, wearing coarse

Diterima Redaksi: 2022-09-16 | Selesai Revisi: 2022-11-24 | Diterbitkan Online : 2022-12-01

### 1. Pendahuluan

Jalan raya merupakan prasarana transportasi yang sangat penting dalam menunjang berbagai kegiatan sosial dan perekonomian. Tujuan pembangunan jalan raya diantaranya untuk mewujudkan lalu lintas yang aman, cepat dan nyaman. Untuk menciptakan jalan raya yang aman dan untuk mengurangi terjadinya kecelakaan lalu lintas, hal yang perlu diperhatikan adalah struktur

konstruksi lapisan permukaan jalan. Untuk mengurangi dampak tersebut maka dikembangkan teknologi aspal beton.

Aspal beton (hotmix) adalah campuran agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi dengan bahan pengikat aspal dalam kondisi bersuhu tinggi (panas) dengan komposisi yang diatur oleh spesifikasi teknis.



Aspal sebagai bahan pengikat agregat pada lapisan perkerasan lentur yang merupakan material penting untuk suatu konstruksi jalan. Ketersediaan aspal minyak semakin menurun seiring dengan semakin menurunnya ketersediaan minyak dunia. Hal ini menjadikan motivasi berbagai pihak untuk mengembangkan aspal modifikasi, terutama modifikasi karet alam dalam bentuk lateks atau getah karet.

Karet alam (Lateks) merupakan polimer alami yang berpotensi digunakan sebagai campuran aspal pengganti polimer sintesis impor. Karet alam memiliki daya elastisitas atau daya lenting yang sempurna, plastisitas yang baik, kepegasan yang tinggi, yang menambah kuat tarik pada saat diregangkan. Penambahan karet alam pada aspal konvensional dapat meningkatkan nilai fleksibilitas dan durabilitasnya [1]. Penambahan lateks memberikan indikasi untuk memperbaiki ketahanan geser pada suhu tinggi sehingga dapat mencegah terjadinya retak-retak, mencegah naiknya aspal ke permukaan (*bleeding*), menghindari pelepasan butir di permukaan dan mereduksi deformasi permanen pada lapis permukaan perkerasan jalan [2]. Seperti penelitian terdahulu diantaranya [3], [4], [5], [4], [5], [6], [7].

Berdasarkan uraian permasalahan yang telah diidentifikasi diatas, maka dirumuskan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Apakah dengan menggunakan penambahan Lateks dapat mempengaruhi karakteristik marshall?
- b. Berapakah persentase penambahan Lateks yang efektif untuk mendapatkan komposisi campuran aspal yang memenuhi spesifikasi?

Berdasarkan uraian permasalahan yang telah diidentifikasi diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Untuk menganalisa apakah lateks sebagai substitusi parsial aspal memenuhi spesifikasi sifat dan karakteristik marshall aspal beton pada lapisan *wearing course*. sehingga diharapkan dapat memberikan dampak positif untuk meningkatkan penggunaan karet di dalam negeri dan pengembangan teknologi perkerasan jalan Indonesia.
- b. Untuk mengetahui kadar optimum aspal karet yang akan digunakan pada konstruksi perkerasan jalan .

Berdasarkan uraian permasalahan yang telah diidentifikasi diatas, maka manfaat dari penelitian ini adalah:

- a. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan berapa besar pengaruh penggunaan bahan tambah lateks pada campuran aspal beton.
- b. Hasil penelitian ini menjadi alternatif penggunaan Lateks sebagai bahan tambah pada campuran aspal beton.

## 2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini, diambil jenis penelitian yaitu berupa *variable research* dimana penelitian ini dilakukan dengan perubahan atau perlakuan khusus terhadap variabel yang diteliti. *Experiment research* merupakan kegiatan percobaan (*experiment*) yang bertujuan untuk mengetahui suatu gejala atau pengaruh yang timbul, sebagai akibat dari adanya perlakuan tertentu. Penelitian ini menggunakan dua variabel, yaitu:

- a. Variabel bebas.

Variabel bebas yang akan digunakan berupa variasi kadar aspal 4%; 4,5%; 5%, 5,5%; 6%; 6,5%;(kadar aspal optimum) terhadap berat total agregat dan persentase substitusi karet dalam aspal dengan varian 0%, 4%, 4,5%, dan 5%. Filler juga menjadi komponen campuran aspal dengan bahan berupa abu batu.

- b. Variabel terikat

Variabel terikat disini adalah besarnya pengaruh substitusi campuran dari lateks terhadap stabilitas marshall yang dihasilkan. Benda uji telah direncanakan dengan mix design berdasarkan SNI 06-2489-1991 [8]. Uji untuk setiap persentase kombinasi lateks (4%, 4,5%, dan 5%).

### 2.1. Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini penulis menggunakan dua macam data, yaitu data primer yang didapat dari hasil penelitian di laboratorium dan data sekunder yang didapat dari Jurnal ataupun penelitian - penelitian terdahulu.

- a. Data primer.

Data yang digunakan adalah hasil dari pengujian material. Pemeriksaan bahan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pemeriksaan terhadap agregat kasar dan agregat halus. Tujuan pemeriksaan ini adalah apakah bahan - bahan yang akan digunakan dalam penelitian telah memenuhi syarat dan standar yang ditentukan, yaitu yang bersumber dari SNI 03-1968-1990 [9].

- b. Data sekunder

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah jurnal - jurnal dan penelitian terdahulu.

### 2.2. Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang dilakukan meliputi mengumpulkan seluruh material penelitian baik itu bahan atau pun peralatan yang akan digunakan selama penelitian, merumuskan variabel - variabel penelitian, mencari jumlah benda uji yang akan diteliti.

### 2.3. Pembuatan Benda Uji

Penelitian ini menggunakan jumlah benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 6,9 cm sebanyak 40 buah benda uji bahan aspal yang akan di

substitusi dengan getah karet murni (lateks). Adapun kebutuhan benda uji tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Varian dan Jumlah Benda Uji Dibutuhkan

No	Kadar Aspal (%)	Jumlah Benda Uji Aspal Modifikasi dengan Substitusi Parsial dengan Bahan Karet Murni			
		0 %	4.5 %	5 %	5.5 %
1.	4 %	2	2	2	2
2.	4.5 %	2	2	2	2
3.	5 %	2	2	2	2
4.	5.5 %	2	2	2	2
5.	6 %	2	2	2	2
6.	6.5 %	2	2	2	2
Jumlah Aspal		48 Buah Benda Uji			

### 2.4. Marshall Test

Pengujian Marshall dilakukan dengan mengikuti tahapan pengujian yang tercantum pada SNI 06-2489-1991 [8], seperti berikut ini. Lamanya waktu yang dibutuhkan dari diangkatnya benda uji dari penangas air sampai tercapainya beban maksimum saat pengujian tidak boleh melebihi 30 detik. Pada penelitian ini, digunakan rumus sebagai berikut untuk menghitung hasil analisa data:

Persen aspal terhadap campuran (%) :

$$\frac{(\% \text{aspal terhadap batuan})}{(\% \text{aspal terhadap batuan} + 100\%)} \times 100\% \quad (1)$$

Berat isi (t/m<sup>3</sup>);

$$\frac{(\text{berat benda uji})}{(\text{isi benda uji})} \quad (2)$$

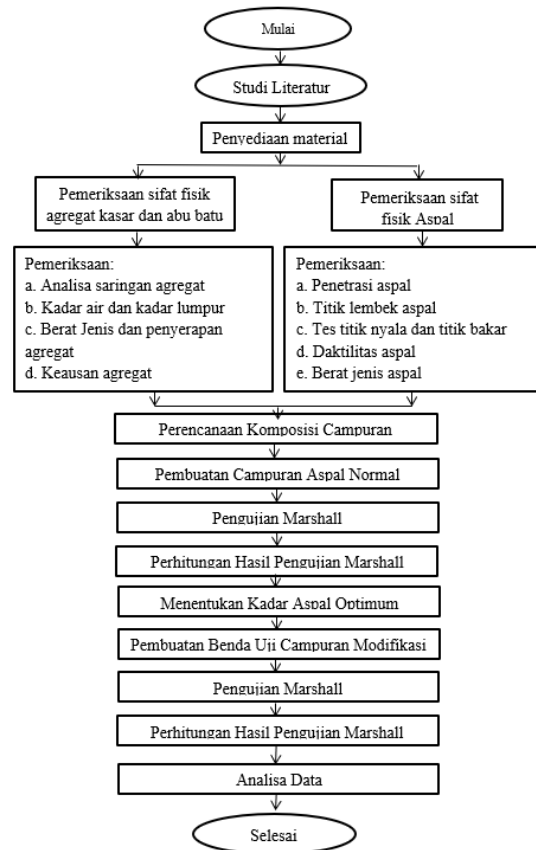
Stabilitas (kg);

$$\text{pembacaan arloji tekan } \times \text{ angka korelasi beban} \quad (3)$$

### 2.5. Metode Analisa Data

Analisa data dalam penelitian ini meninjau dari parameter marshall untuk mencari nilai substitusi kadar aspal yang sesuai dengan variasi 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6% pada campuran aspal yang ditinjau dari nilai stabilitas dan flow. Selanjutnya analisa yang dilakukan berupa pembuatan benda uji dengan melakukan substitusi karet mentah dengan variasi sebesar 0%, 4%, 4,5%, dan 5% dari total berat agregat yang digunakan. Tahap selanjutnya adalah analisa akhir dengan menggunakan grafik ditinjau dari parameter marshall untuk melihat apakah dengan substitusi karet mentah mampu menambah nilai struktur campuran aspal tersebut. Harapan dari hasil analisa data ini adalah dengan melakukan substitusi karet mentah terhadap campuran aspal mampu menunjukkan nilai karakteristik yang lebih baik dari campuran aspal normal sehingga bisa disimpulkan bahwa penelitian dengan melakukan substitusi karet mentah terhadap campuran aspal dapat dilaksanakan.

### 2.6. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

Data hasil penelitian terhadap material meliputi pengujian sifat fisik terhadap agregat, agregat yang digunakan antara lain agregat kasar berupa batu pecah, agregat halus berupa abu batu serta pengujian sifat karakteristik aspal.

#### 3.1. Pengujian Sifat Fisik Agregat

Pengujian sifat fisik agregat berdasarkan standar SNI dan berdasarkan prosedur yang ada pada SNI [9] [10] [11] [12] [13], adapun hasil pengujian yang dilakukan pada material dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat

Jenis Pengujian (Berat Jenis dan Penyerapan)	Hasil			Satuan
	Abu Batu	Agregat 1/1	Agregat 1/2	
	Lolos saringan 9,5	Lolos saringan 12,5	Lolos saringan 19	
Berat Jenis Bulk	2,525	2,486	2,643	-
Berat Jenis SSD	2,560	2,520	2,661	-
Berat Jenis Semu	2,202	2,298	2,421	-
Penyerapan	1,379	1,404	0,709	%



### 3.2. Pengujian Sifat Fisik Aspal

Material aspal yang diuji adalah sifat fisik aspal, berikut penyajian data hasil penelitian aspal yang dirangkum dalam Tabel 3 [14] [15] [16] [17].

Tabel 3. Hasil Pengujian Aspal

Pengujian	Hasil	Spesifikasi	SNI
Berat Jenis	1,11 gr	Min. 1,0	06-2441-1991
Penetrasi	68,38 mm	60-79	06-2456-1991
Titik Lembek	50°C	50-58	06-2434-1991
Titik Nyala	294°C	Min. 200	06-2433-1991
Titik Bakar	315°C	>288	06-2433-1991
Daktilitas	150	Min. 100	06-2432-1991

### 3.3. Kadar Aspal Optimum (Campuran Normal)

Adapun karakteristik Marshall pada rancangan campuran aspal normal (tanpa campuran lateks) dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Aspal

Karakteristik Marshall	Kadar Aspal dalam Campuran				
	4%	4,5%	5%	5,5%	6%
Stabilitas	1544,34	1616,225	1639,168	2480,00	2480,687
Flow	3,261	3,365	3,524	3,774	3,870
VIM (%)	4,513	4,666	4,737	4,392	4,270
VMA (%)	22,212	23,122	23,995	23,547	23,860
Marshall Quotient	473,632	480,307	465,344	657,215	641,840

Berdasarkan hasil dari tabel 5 dengan pengujian Marshall campuran non lateks mendapatkan hasil stabilitas semuanya memenuhi spesifikasi dengan nilai minimal 1000 kg dan hasil Marshall Quotient juga memenuhi spesifikasi dengan nilai minimal 250 kg/mm. Sedangkan untuk hasil flow mendekati spesifikasi, hal ini dikarenakan kelelahan dipengaruhi oleh kadar aspal maupun temperatur. Untuk hasil VIM yang memenuhi spesifikasi yaitu pada kadar aspal 4,5%, dan 5%, pada campuran lateks 4% dan 4,5%. Pada hasil VMA mendekati spesifikasi.

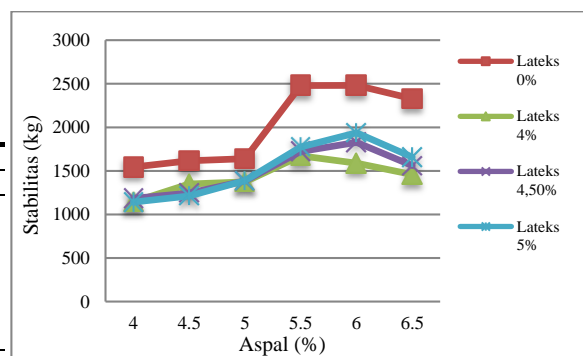
### 3.4 Hasil Pengujian Stabilitas Karakteristik Marshall Campuran Aspal Modifikasi

Hasil pengujian benda uji berupa campuran aspal porus dengan variasi campuran menggunakan aspal modifikasi sebagai bahan pengikat yang diuji dengan alat berupa Marshall dan telah dilakukan perhitungan analitis dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai Stabilitas Aspal Modifikasi dengan Lateks

Aspal (%)	Stabilitas (Kg)			
	Komposisi Lateks (%)			
	0	4	4,5	5
4	1544,5	1144,103	1184,178	1142,064
4,5	1616,225	1349,063	1245,564	1212,933
5	1639,168	1373,536	1385,262	1388,831
5,5	2480,000	1673,328	1723,293	1774,788
6	2480,687	1589,202	1827,302	1937,94
6,5	2327,976	1458,171	1560,141	1658,032

Pada Tabel 6 didapat hasil stabilitas aspal modifikasi dengan lateks untuk 5% dan 6,5% aspal sebesar 1658,032 kg sedangkan untuk lateks 0% dan aspal 4% sebesar 1544,5 kg. Dari nilai rata-rata stabilitas tiap sampel maka didapat grafik perbandingan nilai stabilitas dengan kadar aspal terhadap campuran seperti pada Gambar 2. Berdasarkan hasil di gambar 2 nilai stabilitas Aspal Lateks 0% memenuhi spesifikasi dan mempunyai nilai stabilitas untuk campuran aspal AC-WC pada penelitian ini memenuhi persyaratan Spesifikasi Teknis Jalan Bebas Hambatan dan Jalan Tol Divisi 9 Tahun 2017 [18] dengan nilai minimal 1000 kg, yang dapat dilihat pada tabel 5 dan gambar 2. Adanya penambahan lateks pada campuran aspal AC modifikasi menyebabkan terjadinya penurunan nilai stabilitas pada kadar lateks 4%, 4,5% dan 5%.



Gambar 2. Hubungan stabilitas dengan Kadar Aspal

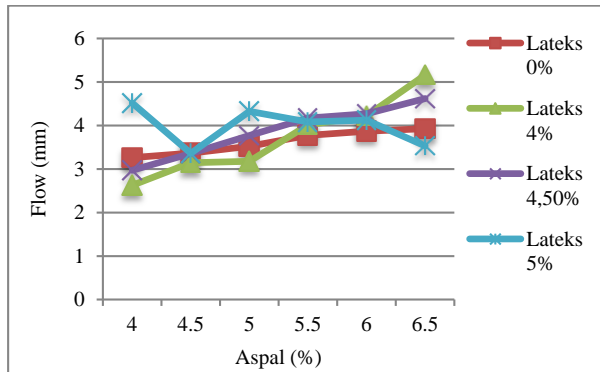
### 3.5 Hasil Pengujian Flow Karakteristik Marshall Campuran Aspal Modifikasi

Tabel 6. Nilai Stabilitas Aspal Modifikasi dengan Lateks

Aspal (%)	Flow (mm)			
	Komposisi Lateks (%)			
	0	4	4,5	5
4	3,261	2,625	2,970	4,515
4,5	3,365	3,146	3,359	3,362
5	3,524	3,179	3,769	4,326
5,5	3,774	4,013	4,169	4,081
6	3,870	4,222	4,270	4,124
6,5	3,929	5,161	4,619	3,531

Flow atau nilai kelelahan adalah beban penurunan yang besar atau deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada saat mulai awal pembebanan sampai menuju kondisi kestabilan yang maksimum sehingga sampel tersebut hancur, dinyatakan dalam satuan milimeter (mm). Nilai flow mengindikasikan campuran yang elastis dan lebih mampu mengikuti deformasi akibat beban. Jika nilai flow semakin tinggi maka semakin elastis campurannya. Namun, apabila nilai flow rendah maka campuran sangat berpotensi mudah mengalami keretakan. Nilai kelelahan dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi agregat, temperatur dan jumlah pemadatan. Dari nilai rata-rata kelelahan tiap sampel maka didapat grafik perbandingan nilai kelelahan dengan kadar aspal terhadap campuran seperti pada Gambar 3. Berdasarkan gambar 3 nilai flow aspal 4,5% sampai aspal 6,5% yang menggunakan bahan

campuran lateks 4,5% mengalami kenaikan nilai flow menurut Spesifikasi Teknis Jalan Bebas Hambatan dan Jalan Tol 2017 [18].



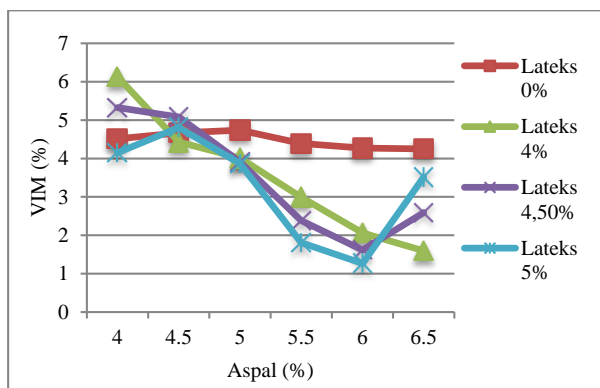
Gambar 3. Hubungan flow dengan Kadar Aspal

### 3.6 Hasil Pengujian *Void in The Mix* (VIM) Karakteristik Marshall Campuran Aspal Modifikasi

Tabel 7. Nilai VIM Aspal Modifikasi dengan Lateks

Aspal (%)	VIM (%)			
	Komposisi Lateks (%)			
	0	4	4,5	5
4	4,513	6,132	5,326	4,152
4,5	4,666	4,428	5,079	4,810
5	4,737	4,011	3,914	3,869
5,5	4,392	2,990	2,382	1,806
6	4,270	2,063	1,617	1,266
6,5	4,252	1,596	2,593	3,513

VIM (Void in Mix) adalah ruang udara di antara partikel agregat yang terselimuti aspal dalam suatu campuran yang telah dipadatkan dan dinyatakan dalam persen terhadap volume total campuran. Dari nilai rata-rata VIM atau rongga dalam campuran tiap sampel maka didapat grafik perbandingan nilai VIM dengan kadar aspal terhadap campuran seperti pada Gambar 4. Berdasarkan gambar 4 nilai VIM mengalami penurunan nilai VIM di kadar aspal 5% sampai dengan kadar aspal 6,5%, dan untuk kadar aspal 4% dan campuran lateks 4% sampai 4,5% mengalami kenaikan menurut Spesifikasi Teknis Jalan Bebas Hambatan dan Jalan Tol 2017 [18].



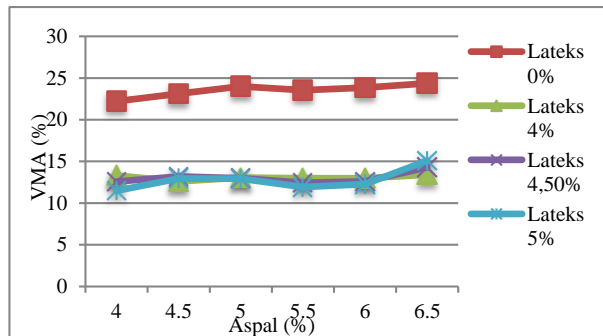
Gambar 4. Hubungan VIM dengan Kadar Aspal

### 3.7 Hasil Pengujian *Void in Mineral Agregate* (VMA) Karakteristik Marshall Campuran Aspal Modifikasi

Tabel 8. Nilai VMA Aspal Modifikasi dengan Lateks

Aspal (%)	VMA (%)			
	Komposisi Lateks (%)			
	0	4	4,5	5
4	22,212	13,316	12,571	11,487
4,5	23,122	12,597	13,192	12,946
5	23,995	13,062	12,974	12,933
5,5	23,547	12,980	12,435	11,918
6	23,860	12,987	12,591	12,279
6,5	24,369	13,403	14,280	15,090

VMA (Void in Mineral Agregate) atau rongga dalam agregat adalah volume rongga yang terdapat di antara partikel agregat campuran beraspal yang telah dilakukan pemadatan dan dinyatakan dalam satuan % terhadap volume total campuran seperti pada Gambar 5. Nilai VMA pada gambar 4.5 pada campuran lateks 4%, 4,5% dan 5% mengalami penurunan yang signifikan dan yang memasuki spesifikasi di aspal 6,5% campuran lateks 5% menurut Spesifikasi Teknis Jalan Bebas Hambatan dan Jalan Tol 2017 yaitu >15% [18].



Gambar 5. Hubungan VMA dengan Kadar Aspal

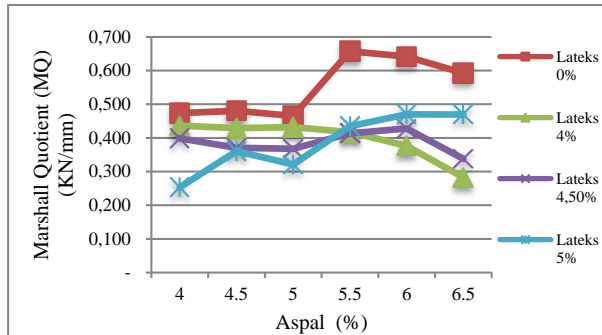
### 3.8 Hasil Pengujian *Marshall Quotient* (MQ) Karakteristik Marshall Campuran Aspal Modifikasi

Tabel 8. Nilai Marshall Quotient (MQ) Aspal Modifikasi dengan Lateks

Aspal (%)	Nilai Marshall Quotient (MQ) (KN/mm)			
	Komposisi Lateks (%)			
	0	4	4,5	5
4	473,632	436,083	398,780	252,949
4,5	480,307	428,886	370,814	360,777
5	465,344	432,133	367,612	321,043
5,5	657,215	416,977	413,309	434,890
6	641,840	376,443	427,990	469,918
6,5	592,608	282,536	337,766	469,564

*Marshall Quotient* adalah merupakan hasil pembagian antara stabilitas dan *Flow* yang akan menunjukkan tingkat kekakuan pada campuran. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* berarti campuran semakin kaku dan sebaliknya jika nilai *Marshall Quotient* semakin kecil maka campuran semakin lentur. Faktor yang cukup penting untuk mendapatkan campuran yang fleksibel adalah kekakuan. Bila campuran ternyata tidak cukup kaku maka campuran akan mudah mengalami deformasi

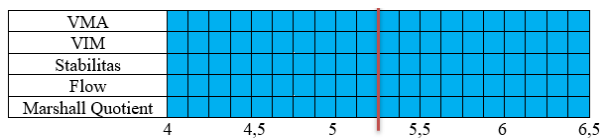
dan sebaliknya jika campuran terlalu kaku maka campuran menjadi getas dan mudah retak. Dari nilai rata-rata *Marshall Quotient* tiap sampel maka didapat grafik perbandingan nilai MQ dengan kadar aspal terhadap campuran seperti pada Gambar 6.



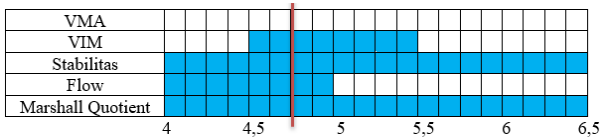
Gambar 6. Hubungan MQ dengan Kadar Aspal

### 3.9 Perbandingan Kadar Aspal Optimum (KAO) Campuran Normal dan Campuran Modifikasi

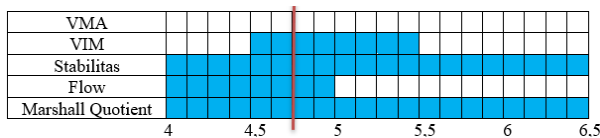
Kadar Aspal Optimum (KAO) diperoleh dari pengujian campuran aspal normal dan aspal modifikasi. Hasil pengujian dengan alat Marshall di analisa dan diperoleh beberapa parameter Marshall yang kemudian digunakan untuk menentukan KAO.



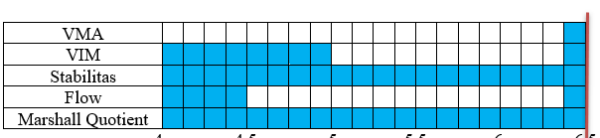
Gambar 7. Kadar Aspal Optimum Lateks 0%



Gambar 8. Kadar Aspal Optimum Lateks 4%



Gambar 9. Kadar Aspal Optimum Lateks 4.5%



Gambar 10. Kadar Aspal Optimum Lateks 5%

Pada Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai VMA, VIM, stabilitas, flow, dan Marshall quotie memenuhi Spesifikasi di kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5% menurut Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi III Tahun 2010 [19]. Aspal campuran lateks 0% kadar aspal optimum nya yaitu 5,25%.

Pada Gambar 8 menunjukkan bahwa nilai VMA tidak ada yang memenuhi spesifikasi, nilai VIM memenuhi spesifikasi di kadar aspal 4,5%, 5% dan 5,5%, nilai stabilitas memenuhi spesifikasi di kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5%, nilai Flow memenuhi spesifikasi di kadar aspal 4%, 4,5%, dan 5%, dan nilai Marshall quotient memenuhi spesifikasi di kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5% menurut Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi III Tahun 2010 [19]. Aspal campuran lateks 4% kadar aspal optimum nya yaitu 4,75%

Pada Gambar 9 menunjukkan bahwa nilai VMA tidak ada yang memenuhi spesifikasi, nilai VIM memenuhi spesifikasi di kadar aspal 4,5%, 5% dan 5,5%, nilai stabilitas memenuhi spesifikasi di kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5%, nilai Flow memenuhi spesifikasi di kadar aspal 4%, 4,5%, dan 5%, dan nilai Marshall quotient memenuhi spesifikasi di kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5% menurut Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi III Tahun 2010 [19]. Aspal campuran lateks 4,5% kadar aspal optimum nya yaitu 4,75%

Pada Gambar 10 menunjukkan bahwa nilai VMA yang memenuhi spesifikasi dinilai 6,5%, nilai VIM memenuhi spesifikasi di kadar aspal 4%, 4,5%, 5% dan 6,5%, nilai stabilitas memenuhi spesifikasi di kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5%, nilai Flow memenuhi spesifikasi di kadar aspal 4%, dan 4,5%, dan nilai Marshall quotient memenuhi spesifikasi di kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5% menurut Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi III Tahun 2010 [19]. Aspal campuran lateks 5% kadar aspal optimum nya yaitu 6,5%.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisa data pengujian benda uji yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka peneliti dapat menarik beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan lateks dalam campuran aspal sebagai bahan pengikat dan memperlihatkan pengaruh yang sangat nyata terhadap peningkatan karakteristik marshall yaitu nilai stabilitas campuran aspal yang meningkat.
2. Karet dapat menjadi suatu alternatif bahan substitusi parsial aspal yang murah, mudah didapat, dan membantu perekonomian petani lokal. Kadar aspal dan lateks optimum ditunjukkan pada campuran dengan kadar aspal 6,5% dan lateks 5% yang memiliki stabilitas 1658,032 Kg, VIM 3,513%, Flow 3,531 mm, MQ 469,564 Kg/mm yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi III Tahun 2010 dan Spesifikasi Teknis Jalan Bebas Hambatan dan Jalan Tol Divisi 9.

## Ucapan Terima kasih

Tim pengabdian mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah memberikan kesempatan kepada kami untuk melaksanakan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga kami ucapkan kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan.

## Daftar Rujukan

- [1] H. W, Rubber Technology Handbook, New York: New York: Oxford Univ. Pres, 1989.
- [2] M. Nurcahja dan N. Y, Pengaruh Lateks Terhadap Kinerja Campuran Aspal Beton, 1998.
- [3] S. C. Ferdilla, G. W dan A. M, “Pengaruh Penambahan Bahan ALami Lateks (Getah Karet) Terhadap Karakteristik Beton Aspal Lapis Pengikat Dengan Pengujian Marshall,” no. Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau, 2017.
- [4] H. Fithra, “Pengaruh Jumlah Tumbukan Pada Campuran AC-WC Tambahan Lateks Terhadap Sifat Marshall,” no. Jurusan Teknik Sipil Universitas Malikussaleh, 2017.
- [5] F. Nursandah dan M. Zaenuri, “Penelitian Penambahan Karet Alam (Lateks) Pada Campuran Laston AC-WC Terhadap Karakteristik MARshall,” *Jurnal CIVILLA*, no. 4, pp. 262-267, 2019.
- [6] A. Thanaya, R. Puranto dan S. Nugraha, “Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 Dengan Penambahan Lateks,” *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil*, no. 22, pp. 77-86, 2016.
- [7] M. Pataras, “Pemanfaatan Karet Mentah Pada Flexible Pavement Laston AC-WC dan Laston HRS-WC,” *Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil 1*, pp. 35-42, 2017.
- [8] SNI 06-2489-1991 Metode Campuran Aspal Dengan Alat Marshal, Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, 1991.
- [9] SNI 03-1968-1990 Metode Pengujian Tentang Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar, Bandung: Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, 1990.
- [10] SNI 03-1969-1990 Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar, Bandung: Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, 1990.
- [11] SNI 03-1970-1990 Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus, Bandung: Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, 1990.
- [12] SNI 03-1971-1990 Metode Pengujian Kadar Lumpur Agregat, Bandung: Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, 1990.
- [13] SNI 2417-1991 Metode Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles, Bandung: Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, 1991.
- [14] SNI 06-2442-1991 Metode Pengujian Berat Jenis Bitumen Padat, Bandung: Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, 1991.
- [15] SNI 06-2456-1991 Metode Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen, Bandung: Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, 1991.
- [16] SNI 06-2434-1991 Metode Pengujian Titik Lembek Aspal, Bandung: Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, 1991.
- [17] SNI 06-2433-1991 Metoda Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Dengan Alat Cleveland Open Cup, Bandung: Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, 1991.
- [18] Direktorat Jendral Bina Marga, Spesifikasi Teknis Jalan Bebas Hambatan dan Jalan Tol 2017 Divisi 9 Perkerasan Aspal, Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum, 2017.
- [19] Direktorat Jendral Bina Marga, Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 Perkerasan Aspal, Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum, 2010.
- [20] American Society for Testing Material (ASTM), Annual Book of ASTM Standards, West Conchohocken, 2003.
- [21] B. JA, Natural Rubber Production Lectures Notes, Bogor: Balai Penelitian Perkebunan Bogor, 1973.
- [22] H. Saodang, Perancangan Perkerasan Jalan Raya, Bandung: Nova, 2005.
- [23] S. Sukarman, Beton Aspal Campuran Panas, Jakarta: Granit, 2003.
- [24] S. Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, Bandung: Nova, 1999.
- [25] D. Duparto, Pengetahuan tentang Lateks Hevea, Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor, 2002.



## Pembuatan Material *Sandwich Panel* Sebagai Pengganti Konstruksi Geladak Kapal Kayu di Wilayah Madura

Windra Iswidodo<sup>1</sup>, Heni Siswanti<sup>2</sup>, Akhmad Maulidi<sup>3</sup>, Hasnal Syarifudin<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Negeri Madura

<sup>1</sup>Email: iswidodo@poltera.ac.id\*

### Abstract

*Sandwich panels* are a combination of two wooden plates separated by a *core*. The benefits of using this specimen are still not maximized, only limited to non-structural use in the manufacture of wooden ships. The purpose of this study was to determine the characteristics of *sandwich panel* specimens using the casting method and the *hand layup* method. The results of the density test of the casting method have a better value with a value of 1.11 grams/cm<sup>3</sup> while pure wood has a density value of 1.21 grams/cm<sup>3</sup>. The bending strength results from the *hand layup* method have a better value with a value of 1299.7 N/mm<sup>2</sup> while pure wood has a bending strength value of 619.7 N/mm<sup>2</sup>. This study concludes that *sandwich panel* specimens can replace pure wood.

Keywords: sandwich panel, density; bending, casting, hand layup

### Abstrak

*Sandwich panel* adalah kombinasi antara dua pelat kayu yang dipisahkan oleh bagian inti (*core*). Manfaat dari penggunaan spesimen ini masih belum maksimal hanya sebatas penggunaan non struktural pada pembuatan kapal kayu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik spesimen *sandwich panel* dengan metode *casting* dan metode *hand layup*. Hasil pengujian densitas metode *casting* memiliki nilai yang lebih baik dengan nilai 1,11 gram/cm<sup>3</sup> sedangkan kayu murni memiliki nilai densitas 1,21 gram/cm<sup>3</sup>. Hasil kekuatan *bending* dari metode *hand layup* memiliki nilai yang lebih baik dengan nilai 1299,7 N/mm<sup>2</sup> sedangkan kayu murni memiliki nilai kekuatan *bending* 619,7 N/mm<sup>2</sup>. Penelitian ini menyimpulkan bahwa spesimen *sandwich panel* dapat menggantikan kayu murni.

Kata kunci: *sandwich panel*, densitas; *bending*, *casting*, *hand layup*

Diterima Redaksi: 2022-09-12 | Selesai Revisi: 2022-11-24 | Diterbitkan Online : 2022-12-01

### 1. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan teknologi yang pesat dan semakin maju, para pelaku industri kapal kayu dituntut untuk melakukan inovasi dalam menghasilkan suatu hal yang baru dan mempunyai nilai tambah bagi industri perkapalan yang membutuhkan terobosan untuk merasakan perkembangan teknologi yang ada. Oleh karena itu, berhubungan dengan inovasi dalam hal pembuatan kapal kayu perlu adanya pembuatan material *sandwich panel* pada bagian konstruksi yang nantinya bermanfaat sebagai bahan pengganti kayu dan mengurangi bahan baku kayu. Pengaplikasian *sandwich panel* pada pembuatan kapal kayu masih sangat terbatas yaitu sebagai non struktural seperti pelapis pintu, pelapis kusen, panel atap dan dinding. Berdasarkan kekuatan mekanik, struktur yang mudah dibangun dan dapat mengurangi kebutuhan penegar pada konstruksi kapal

kayu sudah sepantasnya *sandwich panel* dapat diaplikasikan pada pembuatan kapal kayu. Pembahasan inilah yang akan dilakukan identifikasi pada material *sandwich panel* dengan melakukan berbagai pengujian guna menghasilkan kekuatan dengan standarisasi tinggi agar dapat diaplikasikan terutama dalam pembuatan kapal kayu [1].

Pemilihan material inti dan hasil pengujian yang telah dilakukan untuk *Sandwich Panel*, material inti yang digunakan dalam lapisan *Sandwich Panel* adalah Syntheticresin dengan komposisi 50 persen Resin, 50 persen Talc dan 0.3 persen Catalyst. Nilai densitas material 1728 kg/m<sup>3</sup>, Tensile strength 24.75 Mpa, Modulus elastisitas 546.95 Mpa, dan Modulus geser 273.48 Mpa. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa material *Sandwich Panel* dapat menggantikan sistem konstruksi pada geladak kapal



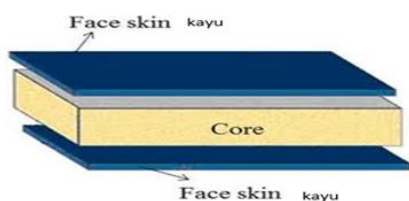
dengan pengurangan berat konstruksi 13,08 persen dari geladak dengan sistem konstruksi konvensional menggunakan pelat baja [2].

*Sandwich panel* yaitu jenis komposit yang terdiri dari tiga lapisan yaitu dua lapisan *face* yang ditambah dengan *adhesive*, dan lapisan *core*. *Face* pada struktur komposit *sandwich*, terbuat dari material komposit yang sudah jadi dan berfungsi sebagai penahan beban aksial serta *bending*. Sedangkan *core* berfungsi untuk mendistribusikan fisik dan mekanik pada *sandwich panel* beban aksial menjadi beban geser pada seluruh permukaan yang terjadi akibat pembebanan dari luar. Pada konstruksi kapal kayu penerapan *sandwich panel* adalah kombinasi antara dua pelat kayu yang dipisahkan oleh bagian inti (*core*) [3].

Penelitian sebelumnya telah dipelajari pengaruh proses sandwich pada beberapa jenis kayu bakal perahu kecil jenis Bayu dan Damasui yang menunjukkan bahwa lapisan polyester serat gelas dapat melindungi kayu sebagai core dari penyerapan air sehingga diperkirakan akan lebih awet dan tahan lama. Demikian juga dengan perbaikan kekuatan lenturnya yang meningkat hingga rata-rata mencapai 35 % pada penggunaan 1 lapis serat gelas, dan meningkat dengan penambahan lapisan serat gelas. Serat gelas tipe woven roving (WR) menunjukkan superior dibanding serat tipe chopped strain mat (CSM) sehingga lebih di rekomendasikan [4].

Bahan core kayu Sengon (lunak) menghasilkan peningkatan kekuatan lentur yang sangat signifikan hingga 92 % dibandingkan core kayu Damasui dengan peningkatan hanya 5.1%. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa kekuatan dipengaruhi oleh ikatan pada bagian sambungan interface permukaan core dan skin yang berhubungan dengan kemampuan resin berpenetrasi ke dalam permukaan kayu untuk menghasilkan sambungan yang baik dan padu. Sedangkan core kayu Merbau dan Damar Laut proses sandwich menghasilkan peningkatan kekuatan lentur sekitar 14 %. Maka, kayu Sengon yang telah dilapisi dengan komposit polyester serat gelas memenuhi syarat mekanik dan fisik sebagai bahan perahu. Demikian juga dengan ke 3 jenis kayu lainnya, kekuatan lenturnya juga mengalami peningkatan [5].

Contoh material *sandwich panel* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Contoh material *Sandwich panel*

Modifikasi kekuatan kayu untuk meningkatkan perilaku mekaniknya melalui penguatan secara eksternal atau internal. Diharapkan kayu yang diperkuat serat gelas ini dapat menjadikan kayu lebih superior sehingga bisa digunakan dalam penggunaan yang teknik yang rumit seperti konstruksi bangunan sipil, transportasi, industri, atau penggunaan dalam bidang konstruksi mesin dan dunia otomotif [6].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui material *sandwich panel* dengan bahan kayu bakal lambung kapal yang lebih baik digunakan sebagai bahan baku pembuatan perahu di wilayah Madura. Selain ini identifikasi karakteristik material dari kekuatan lentur dari dua metode pembuatan material *sandwich panel* sebagai bahan kayu bakal lambung perahu di wilayah Madura yaitu dengan metode *casting* dan *hand lay up*.

## 2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan 2 metode pembuatan yaitu *hand layup* dan *casting*. Pada metode *hand layup* terdapat variasi pemberian lapisan *woven roving* dan variasi kayu murni sebagai pembanding. Pada metode *casting* terdapat perbandingan variasi *resin*, *talc*, dan *catalyst* yang berbeda yaitu 90%, 70% dan 50 % dari berat total *synthetic resin* setelah itu akan dibuat spesimen *sandwich panel* dan spesimen kayu murni sebagai pembanding. Setelah pembuatan material selesai akan dilakukan pengujian *bending* yang mengacu pada standar pengujian *ASTM D790-03*. Dari hasil pengujian kekuatan material *Sandwich* diharapkan mendapatkan nilai koefisien yang memenuhi standar BKI dan menjadi bahan alternatif dalam penentuan material. Oleh karena itu dengan memberikan solusi baru bagi pembuatan kapal kayu nantinya trend penggunaan material *sandwich* bisa dimanfaatkan oleh galangan kapal kayu sebagai salah satu alternatif bahan pengganti. Berdasarkan uraian ini maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai pemanfaatan *sandwich panel* dan nantinya akan diterapkan pada geladak kapal kayu [7].

Penelitian ini menggunakan material *sandwich panel* dan diaplikasikan pada geladak kapal kayu dengan menggunakan variasi jenis kayu yang berbeda (*face kayu*) yaitu kayu Jati, Meranti, Mahoni, dan Kempas. Pemilihan kayu tersebut sesuai dengan karakteristik tabel seperti pada tabel berikut.

Tabel 1. Jenis kayu yang akan di uji [8]

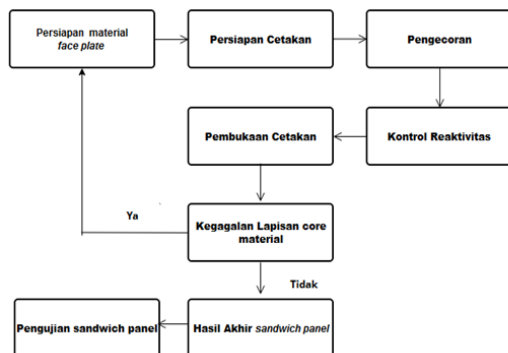
Jenis Kayu	Berat jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Kelas		Pemakaian
		Awet	Kuat	
Jati	0,7 – 0,93	I - (II)	II	Semua bagian kapal
Meranti	0,3 – 0,86	II - IV	I-IV	Papan geladak, konstruksi di atas garis air
Mahoni	0,5 – 0,65	III	I-III	Kulit, papan geladak, Gading, galar, dan balok-balok
Kempas	0,83 – 0,99	III - IV	I-II	Lunas, linggi, dan senta

• Perencanaan spesimen *sandwich panel*

Pembuatan variasi material *sandwich panel* menggunakan 2 metode yaitu *hand layup* dan casting. pada pembuatan *hand layup* terdapat lapisan woven roving dengan variasi yang terdiri dari 7 Layer sedangkan metode casting terdapat variasi A (90% resin dengan 10% *talca*), variasi B (50% resin dengan 50% *talca*) dan variasi C (70% resin dengan 30% *talca*) sedangkan untuk *catalyst* adalah 0,3% dari volume resin.

• Proses pembuatan *Sandwich panel*

Sebagai landasan untuk mudah dipahami berikut ini ditunjukkan skema metode pembuatan *sandwich panel* yang ditunjukkan pada gambar berikut [9].



Gambar 2. Skema Pembuatan *Sandwich Panel*

a) Persiapan material *face skin* kayu

Material faceplate menggunakan 4 jenis kayu berbeda yaitu kayu jati, mahoni, meranti dan kempas, selanjutnya disiapkan untuk dipasang pada cetakan sebagai material dari *sandwich panel*. Sebelum material *face skin* kayu dipasang terlebih dahulu *face skin* kayu dipotong menyesuaikan dimensional spesimen uji seperti pada gambar berikut



Gambar 3. Pembuatan *Face Skin* Kayu

Setelah pemotongan *face skin* kayu, selanjutnya dilakukan pengkasaran permukaan *face skin* kayu dengan gergaji hingga permukaan menjadi lebih kasar dari sebelumnya seperti pada gambar berikut.

Setelah pemotongan *face skin* kayu, selanjutnya dilakukan pengkasaran permukaan *face skin* kayu

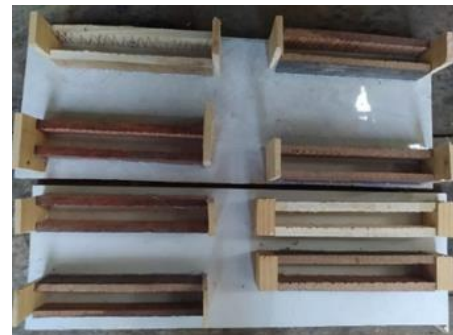
dengan gergaji hingga permukaan menjadi lebih kasar dari sebelumnya seperti pada gambar berikut.



Gambar 4. Proses Pengkasaran *Face Skin* Kayu

b) Pembuatan cetakan

Dalam hal keperluan pembuatan spesimen pengujian *sandwich panel*, diperlukan cetakan dasar yang sesuai dengan ukuran dimensional seperti pada gambar berikut

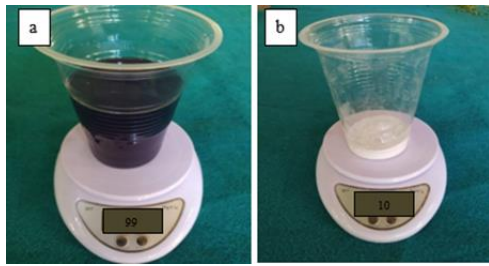


Gambar 5. Pembuatan Cetakan Metode Casting Dan *Hand Layup*

c) Pembuatan *core sandwich panel*

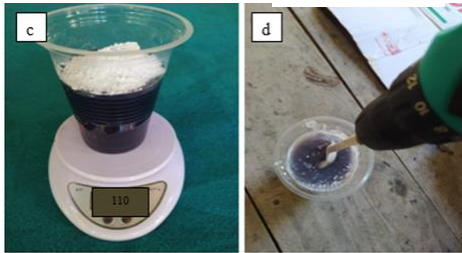
• Metode *casting*

Pada tahap selanjutnya dilakukan pembuatan *core material* dengan bahan baku yang telah disiapkan pada tahap sebelumnya. Langkah pertama adalah menghitung volume spesimen uji yang akan dicetak, kemudian menentukan volume dan berat *Resin*, *talca*, dan katalis untuk proses pencampuran. Setelah itu bahan baku yang telah tercampur dituang pada cetakan yang telah disiapkan sebelumnya. Gambar berikut menunjukkan proses pembuatan *core material* dengan variasi komposisi resin 90% dengan *talca* 10% dan proses pengecoran *core material* pada cetakan.



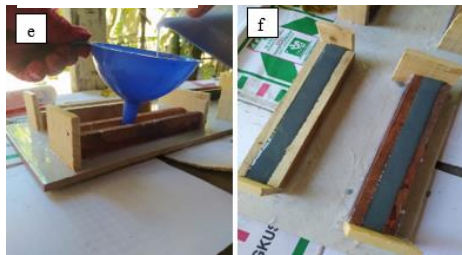
Resin dengan takaran 99

Talc dengan takaran 11 gram



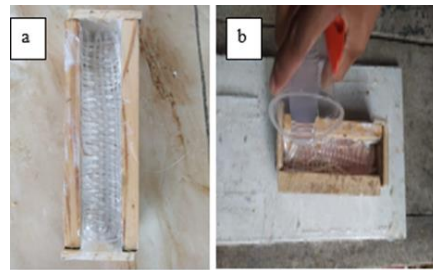
Campuran Resin+talc+catalyst

Proses pencampuran adonan



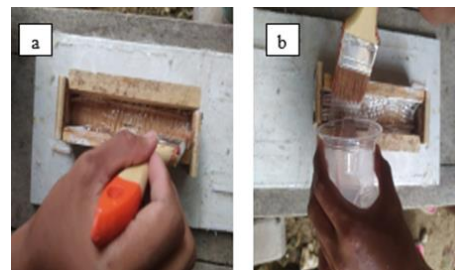
Penuangan adonan ke cetakan

Menunggu adonan mengeras



Gambar 7. Pembuatan Core Material Metode Hand Layup

Setelah itu dilakukan kuasan menggunakan campuran resin dan talc menggunakan alat bantu kuas. Setelah core memenuhi dengan tebal 2 cm maka dilakukan pemberian face skin sebagai penutup seperti pada gambar berikut.



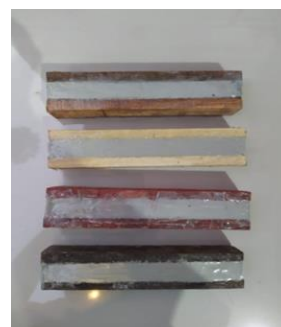
d) Hasil pembuatan spesimen

• Metode hand layup

Pada pembuatan metode *hand layup* [10], proses pembuatan *face skin*nya sama seperti metode *casting* yang membedakan hanya pada proses pembuatan *core* spesimen yaitu pada woven roving di potong sesuai dengan panjang dan lebar spesimen seperti pada gambar berikut:



Gambar 6. Pemotongan Woven Roving Mengikuti Panjang Dan Lebar Spesimen.



Gambar 8. Hasil Pembuatan Sandwich Panel Metode Casting Dengan Variasi A





Gambar 9. Hasil Pembuatan *Sandwich Panel* Metode *Hand Layup* Dengan Pemberian *Woven Roving*



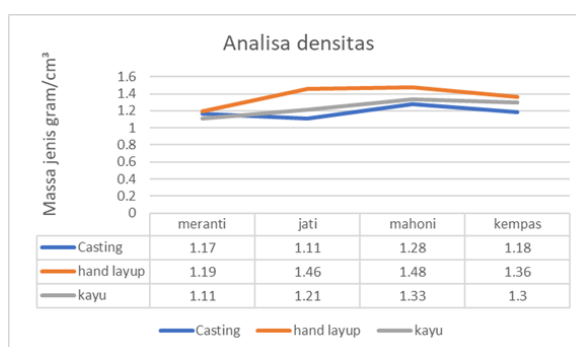
Gambar 11. Pengukuran Densitas Untuk Spesimen *Hand Layup*

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### a) Pengujian Densitas

Berdasarkan penentuan komposisi material inti yang akan digunakan sebagai *core* dari material *sandwich panel*, maka 4 jenis komposisi *core* material diidentifikasi karakteristik nilai berat volume yang dihasilkan, sebagai pembandingan material inti dengan spesimen kayu. Pada penelitian ini diharapkan dengan variasi komposisi *talc* dan *woven roving* dapat menghasilkan nilai densitas yang sama dengan spesimen kayu pembandingan. Perbandingan spesimen metode casting dan *hand layup* dengan menggunakan empat *face skin* kayu yang berbeda yaitu kayu jati, kayu mahoni, kayu kempas dan kayu meranti.

- Analisa hasil densitas dari metode casting, metode *hand layup* dan kayu pembandingan.



Gambar 12. Grafik Perbandingan Densitas



Gambar 10. Pengukuran Densitas Untuk Spesimen Casting

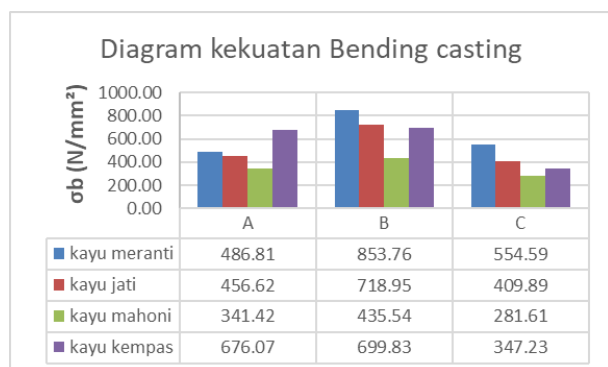
Dari hasil densitas dari setiap spesimen memiliki nilai densitas yang berbeda dikarenakan perbedaan komposisi dari setiap spesimen metode casting, metode *hand layup* dan kayu pembandingan. Dimensi dari setiap spesimen memiliki panjang 18 cm tebal 3 cm dan tinggi 4 cm. Setelah dilakukan perbandingan dari setiap metode nilai metode *hand layup* memiliki nilai terbesar dari pada metode yang lain. hal ini dipengaruhi oleh pemberian *woven roving* yang terdiri dari 7 lapis sehingga massanya lebih tinggi dibandingkan dengan nilai densitas metode casting dan kayu pembandingan. Nilai tertinggi pada metode *hand layup* terdapat pada *face skin* kayu mahoni dengan densitas 1.48 gram/cm<sup>3</sup> untuk metode casting nilai tertinggi terdapat metode C pada *face skin* kayu mahoni dengan nilai densitas 1,28 gram/cm. sedangkan nilai tertinggi pada spesimen kayu pembandingan terdapat pada kayu mahoni dengan nilai densitas sebesar 1,33 N/mm<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil perbandingan densitas metode *hand layup* masih belum bisa disamakan dengan kayu murni dikarenakan memiliki nilai lebih tinggi sedangkan metode casting memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan kayu murni sehingga dari segi berat dapat menggantikan kayu murni.

### b) Pengujian Bending

Pengujian bending dilakukan untuk mendapatkan nilai kekuatan suatu material dalam menerima beban secara vertikal hingga material tersebut tidak dapat kembali pada posisi semula atau hingga material tersebut mengalami kerusakan. Pada penelitian ini dilakukan pengujian bending pada 4 variasi perbandingan *sandwich panel* dengan *face skin* kayu yang berbeda dan juga dilakukan perbandingan dengan spesimen kayu utuh dengan dimensi yang sama dengan *sandwich panel*

#### • Grafik Kekuatan Bending Metode Casting

Hasil kekuatan *bending* metode spesimen *casting* terdapat pada gambar sebagai berikut

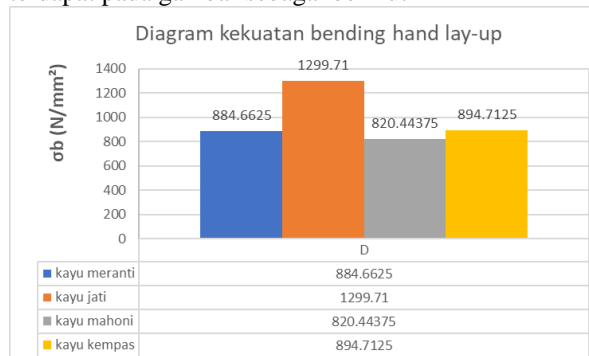


Gambar 13. Grafik Kekuatan Bending Spesimen Casting

Berdasarkan hasil grafik pada gambar di atas nilai kekuatan bending pada material *sandwich panel* nilai tertinggi terdapat pada komposisi variasi B (70% resin dan *talca* 30% *talca*). Sedangkan nilai terendah kekuatan bending terdapat pada spesimen *sandwich panel* dengan variasi C (50% resin dengan 50% *talca*). Hal ini dipengaruhi oleh sifat material *sandwich panel* variasi tersebut yang bersifat getas sehingga material *sandwich panel* tersebut tidak mampu menahan lebih kuat dibandingkan dengan variasi *sandwich panel* yang lain.

#### • Grafik Kekuatan Bending Metode Hand Layup

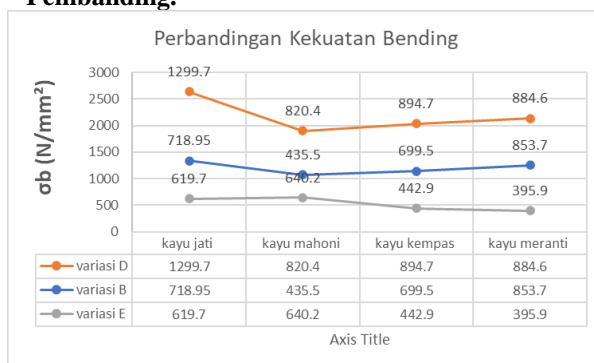
Hasil kekuatan *bending* metode spesimen *hand layup* terdapat pada gambar sebagai berikut



Gambar 14. Grafik Kekuatan Bending Spesimen Hand Layup

Berdasarkan hasil grafik pada gambar di atas nilai tertinggi dari perhitungan kekuatan *bending* terdapat pada spesimen *sandwich panel* dengan *face skin* kayu jati dengan kekuatan *bending* sebesar 1299,71 N/mm<sup>2</sup>. sedangkan nilai terendah terdapat pada *sandwich panel* dengan *face skin* kayu mahoni dengan kekuatan *Bending* sebesar 820,44 N/mm<sup>2</sup>. Setelah dilakukan perbandingan dengan metode *casting* nilai kekuatan *bending* metode *hand lay-up* memiliki nilai kekuatan *bending* lebih besar. Hal tersebut dikarenakan perbedaan komposisi yang ada pada *core* spesimen sehingga nilai kekuatan *bending* memiliki perbedaan dari kedua metode tersebut.

#### • Analisa Hasil Kekuatan Bending Dari Metode Casting, Metode Hand Layup Dan Kayu Pemandangan.



Gambar 15. Grafik Perbandingan Nilai Kekuatan Bending

Dari hasil kekuatan *bending* dari setiap spesimen memiliki nilai kekuatan yang berbeda dikarenakan perbedaan komposisi dari setiap spesimen baik metode *casting*, metode *hand layup* dan kayu murni. Dimensi dari setiap spesimen memiliki dimensi yang sama dengan panjang 18 cm tebal 3 cm dan tinggi 4 cm. Pada grafik di atas terdapat perbandingan nilai kekuatan *bending* dari metode *casting*, Metode *hand layup* dan kayu murni. Pada gambar tersebut dihasilkan nilai kekuatan *bending hand layup* memiliki nilai tertinggi di bandingkan dengan nilai metode *casting* dan kayu murni dikarenakan ada pengaruh pemberian lapisan *woven roving*. Setelah di analisis spesimen dengan metode *hand layup* lebih baik dari segi kekuatan *bending* dengan nilai 1299,7 N/mm<sup>2</sup> sedangkan kayu murni memiliki nilai kekuatan tertinggi 619,7 N/mm<sup>2</sup>.

### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

- Nilai densitas pada metode *casting* memiliki nilai yang lebih baik dibandingkan dengan kayu murni. Pada spesimen *face skin* kayu jati sebesar 1,11 gram/cm<sup>3</sup> sedangkan nilai densitas kayu murni memiliki nilai yang lebih besar yaitu 1,21 gram/cm<sup>3</sup>. jadi selisih pada kedua spesimen tersebut adalah 0,10 gram/cm<sup>3</sup> sehingga apabila spesimen *sandwich* diterapkan pada konstruksi geladak kapal kayu kapal memiliki bobot yang lebih ringan.

- Nilai kekuatan pada metode handlayup memiliki nilai yang baik dibandingkan dengan kayu murni. Pada spesimen *face skin* kayu jati sebesar 1299,7 N/mm<sup>2</sup> sedangkan nilai kekuatan bending kayu murni memiliki yang kecil yaitu 619,7 N/mm<sup>2</sup>. Jadi selisih pada kedua spesimen tersebut 680 N/mm<sup>2</sup> sehingga apabila spesimen sandwich diterapkan pada konstruksi geladak kapal kayu memiliki kekuatan yang baik.

### Ucapan Terima Kasih

Kami sampaikan ucapan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi melalui skema pendanaan Penelitian Dosen Pemula (PDP) pada tahun 2022 dari Direktorat Akademik Pendidikan Tinggi Vokasi (DAPTV).

### Daftar Rujukan

- [1] S. H. Sujiatanti, A. Zubaydi, and A. Budipriyanto, "Finite Element Analysis of Ship Deck Sandwich Panel," *Appl. Mech. Mater.*, vol. 874, pp. 134–139, January 2018.
- [2] Hasbu Rida Mutasiana, "Pengaruh Variasi Ketebalan Core Honeycomb Kardus Tipe Bc-Flute Terhadap Karakteristik Bending Komposit Sandwich Serat Cantula," Universitas Sebelas Maret, 2014.
- [3] A. Azwar, A. S. Ismy, and S. Saifuddin, "Penguatan kayu dan plywood melalui proses sandwich dengan komposit polyester serat gelas untuk bahan pembuatan perahu," *J. POLIMESIN*, vol. 14, no. 1, pp. 14, 2016.
- [4] E. Panangian, et al., "Analisis Kekuatan Pelat Sandwich pada Geladak dan Sisi dengan Metode Elemen Hingga," *J. Tek. ITS*, vol. 9, no. 2, 2021.
- [5] A. Yunus, Saifuddin, Marzuki, and D. Arifin, "Kekuatan lentur komposit sandwich kayu bakal lambung perahu sebagai core dan polyester serat gelas sebagai skin," *J. POLIMESIN ISSN 1693-5462*, vol. 18, no. 1, pp. 16–22, 2020, [Online]. Available: <http://e-jurnal.pnl.ac.id/index.php/polimesin>
- [6] K. V Ramakrishnan and N. Architect, "Applications of Sandwich Plate System for Ship Structures," *Int. Conf. Emerg. Trends Eng. Manag.*, pp. 83–90, 2016, [Online]. Available: [www.iosrjournals.org](http://www.iosrjournals.org)
- [7] ASTM, *ASTM D790-03*. US.
- [8] BKI, "Peraturan Kapal Kayu," Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia, 1996.
- [9] E. Utomo, A. Zubaydi, and A. Budipriyanto, "Metode Pembuatan Sandwich Panel Pada Skala Laboratorium Untuk Konstruksi Kapal," *Wave*, 2017.
- [10] S. Ardhy, M. E. E. Putra, and I. I. Islahuddin, "Pembuatan Kapal Nelayan Fiberglass Kota Padang Dengan Metode Hand Lay Up," *Rang Tek. J.*, vol. 2, no. 1, 2019.



## Penggunaan Abu Batu Sebagai Pengganti Sebagian Material Pasir

Budiman<sup>1</sup>, James WTP<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup>budiman@polinef.id\*, <sup>2</sup>jameswtp@gmail.com

### Abstract

The concrete industry in Indonesia is very advanced and developing, so the use of construction materials is increasing. Another material is needed as a substitute for fine aggregate for the manufacture of concrete, namely stone ash from the waste stone industry. The purpose of this study was to determine the effect and value of the compressive strength of concrete characteristics with the use of rock ash with mixed variations (10% rock ash, 90% sand), (20% rock ash, 80% sand) and (30% rock ash, 70% sand). with a concrete quality target of  $F_c'$  17.5 Mpa. The method used is the laboratory experimental method referring to the SNI standard. The results showed that the use of stone ash (AB) as a normal concrete mixture affected the compressive strength of concrete. The higher the percentage of stone ash (AB), then the value of the compressive strength of concrete increases. The value of the compressive strength of concrete from rock ash (AB) at the composition of AB 10%, AB 20% and AB 30% was 173.50 kg/cm<sup>2</sup>, 235.11 kg/cm<sup>2</sup> and 239.88 kg/cm<sup>2</sup> while normal concrete was 18.59 MPa at the age of 28 days.

Keywords: stone ash, material, characteristic compressive strength

### Abstrak

Industri beton di Indonesia sudah sangat maju dan berkembang, sehingga penggunaan material konstruksi menjadi semakin meningkat. Dibutuhkan material lain sebagai pengganti agregat halus untuk pembuatan beton yaitu abu batu berasal dari limbah industri batu belah. Tujuan penelitian ini menentukan pengaruh dan nilai kuat tekan karakteristik beton dengan penggunaan abu batu dengan variasi campuran (10% abu batu, 90% pasir), (20% abu batu, 80% pasir) dan (30% abu batu, 70% pasir) dengan target mutu beton  $F_c'$  17,5 Mpa. Metode yang digunakan yaitu metode eksperimen laboratorium mengacu standar SNI. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan abu batu (AB) sebagai campuran beton normal mempengaruhi nilai kuat tekan beton. Semakin tinggi persentase abu batu (AB), maka nilai kuat tekan beton semakin meningkat. Nilai kuat tekan beton dari abu batu (AB) pada komposisi AB 10%, AB 20% dan AB 30% diperoleh sebesar 173.50 kg/cm<sup>2</sup>, 235.11 kg/cm<sup>2</sup> dan 239.88 kg/cm<sup>2</sup> sedangkan beton normal 18.59 MPa pada umur 28 hari.

Kata kunci: abu batu, material, kuat tekan karakteristik

Diterima Redaksi : 2022-10-04 | Selesai Revisi : 2022-11-24 | Diterbitkan Online : 2022-12-01

### 1. Pendahuluan

Perkembangan Industri Beton di Indonesia sangatlah maju dan berkembang, semakin meningkatnya pembangunan di suatu negara maka penggunaan material konstruksi menjadi semakin meningkat. Beton merupakan campuran yang terdiri dari semen, agregat halus dan agregat kasar, serta air.

Prinsip Manajemen Aset Infrastruktur mengatakan bahwa suatu Infrastruktur harus dikelola dengan baik agar selalu bisa berfungsi dengan baik secara ekonomis disepanjang masa hidupnya [1]. Salah satu faktor yang harus dijaga untuk mencapai tujuan pengelolaan tersebut adalah penggunaan material konstruksi yang baik. Karena struktur beton praktis selalu ada disetiap infrastruktur di Indonesia, maka

penelitian untuk menemukan kualitas beton yang lebih baik dan lebih tepat sesuai dengan kebutuhan harus selalu dilakukan.

Perusahaan industri batu belah banyak dibutuhkan dalam konstruksi, dari produksi batu belah dengan berbagai varian ukuran akan menghasilkan limbah yang disebut limbah abu batu. Abu batu sangatlah banyak dan kurang diminati sebagai bahan material.

Distrik Bomberay salah satu Distrik di Kabupaten Fakfak yang memiliki perusahaan industri batu belah yang menghasilkan limbah abu batu yang sampai saat ini belum dimanfaatkan sebagai material dalam konstruksi beton. Selain itu, abu batu dapat ditemukan pada beberapa tempat pemecah batu konvensional yang ada di Kabupaten Fakfak. Potensi limbah abu batu dari



stone crusher dan pemecah batu konvensional yang tersedia di atas akan menjadi tidak berguna jika tidak dimanfaatkan sebagai material penyusun campuran beton.

Penelitian [2] penggunaan abu batu pada campuran beton yang divariasikan menjadi 25%, 50%, 75%, dan 100% digunakan rancangan mix design [3]. Pengujian kuat tekan pada umur 14 hari, berdasarkan nilai kuat tekan yang dianalisis menggunakan trendline dan pembatasan  $\pm 5\%$  untuk mendapat hasil nilai relevan menunjukkan adanya peningkatan 24,63% pada campuran variasi 25%, 11,37% pada variasi 50%, 8,72% pada 75% dan 3,4% pada variasi 100%. Terkait kondisi limbah abu batu, maka penulis menentukan penelitian penggunaan abu batu sebagai material pengganti sebagian pasir dengan komposisi material abu batu 0%, 10%, 20%, dan 30%. Tujuan dari penelitian menentukan pengaruh dan nilai kuat tekan karakteristik penggunaan abu batu dalam campuran beton.

Urgensi penelitian dalam memanfaatkan abu batu sebagai pengganti material pasir alami, merupakan hal penting dilakukan, mengingat kabupaten Fakfak termasuk kabupaten dengan keterbatasan material utama beton seperti pasir dan kerikil, sehingga dibutuhkan pemikiran baru untuk menangani hal tersebut. Hasil penelitian nantinya dapat berkontribusi sebagai material maju dalam pengembangan teknologi beton.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Desain penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium yang meliputi pengujian karakteristik agregat kasar dan agregat halus yang terdiri dari analisa saringan, kadar lumpur, kadar air, berat volume, modulus kehalusan dan kekasaran, kadar organik pada pasir. Apabila karakteristik agregat memenuhi standar kemudian dilanjutkan dengan rancangan *mix design*, setiap *mix design* dilakukan uji *slum test*, pembuatan sampel dari cetakan selinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, perawatan beton pada umur 3, 7 dan 28 hari dan uji tekan dengan MTS STH Compression. Desain sampel penelitian disajikan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Sampel Penelitian

No.	Sampel Benda Uji Beton	Persentase abu batu %	Waktu Perawatan Beton (hari)
1	9 Sampel	0	3, 7, 28
2	9 Sampel	10	3, 7, 28
3	9 Sampel	20	3, 7, 28
4	9 Sampel	30	3, 7, 28

### 2.2 Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian karakteristik agregat menggunakan studi literatur pustaka yang sudah dirangkum seperti pada Tabel 2 [4].

Tabel 2. Metode Pengujian Agregat

No	Jenis pengujian	Metode
1	Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990
2	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	SNI 03-1970-1990
3	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	SNI 03-1969-1990
4	Kadar Air	SNI 03-1971-1990
5	Berat Volume	SNI 03-4804-1998

### 2.3 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton menggunakan MTS STH compression dan dianalisis menggunakan persamaan kuat tekan [5].

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Dimana:

$f_c$  = Kuat tekan ( $\text{kg/cm}^2$ )

P = Beban yang dipikul (kg)

A = Luas penampang yang dibebani ( $\text{cm}^2$ )

## 3. Hasil dan Pembahasan

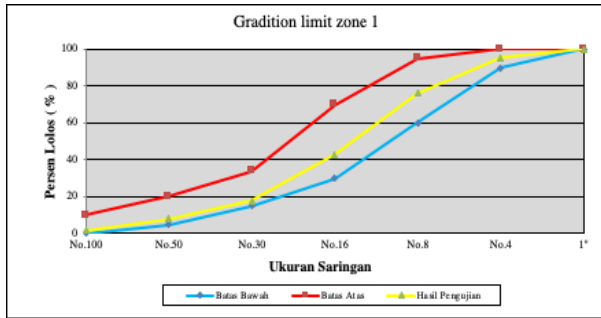
Hasil pengujian karakteristik agregat halus (pasir) seperti pada Tabel 3 Sedangkan untuk hasil pengujian karakteristik agregat kasar (batu pecah) seperti pada Tabel 4.

Tabel 3. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus

No	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil Pengujian	Keterangan
1.	Kadar lumpur	Maks. 5%	3.60%	Memenuhi
2.	Kadar air	0.5 - 5%	2.24%	Memenuhi
3.	Berat volume	1.4 - 1.9 kg/liter	1.51	Memenuhi
4.	Absorpsi	0.2 - 2%	1.08%	Memenuhi
5.	Berat jenis spesifik			
	Bj. Nyata	1.6 - 3.3	2.330	Memenuhi
	Bj. dasar kering	1.6	2.280	Memenuhi
	Bj. kering permukaan	1.6	2.300	Memenuhi
6.	Modulus kehalusan	1.50 - 3.80	3.660	Memenuhi

Berdasarkan Tabel 3 pada pengujian karakteristik agregat halus diperoleh nilai kadar lumpur diperoleh 3,6% memenuhi syarat dan layak digunakan untuk campuran beton. Menurut [6] agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dan tidak mengandung organik yang dapat merusak beton. Penggunaannya untuk mengisi ruang antara agregat kasar dan memberikan kelecakan. Nilai modulus kehalusan pasir 3.66 memenuhi syarat zone 1 dengan masuk

kategori pasir kasar. Grafik hasil pengujian gradasi butiran agregat halus seperti pada Gambar 2.

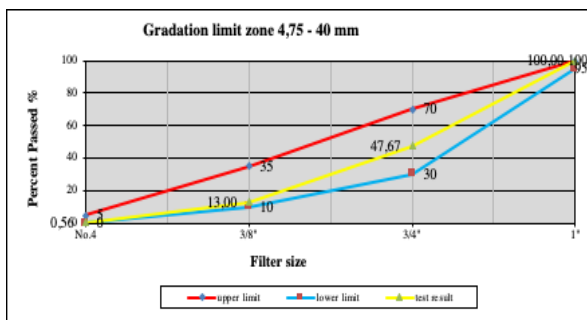


Gambar 2. Grafik Gradasi Agregat Halus (Pasir)

Tabel 4. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

No.	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil Pengujian	Keterangan
1.	Kadar lumpur	Maks. 1%	0.270%	Memenuhi
2.	Kadar air	0.5 - 2%	0.50%	Memenuhi
3.	Berat volume	1.4 - 1.9 kg/liter	1.61	Memenuhi
4.	Absorpsi	0.2 – 2%	2.04%	Memenuhi
5.	Berat jenis spesifik			
	Bj. dasar kering	1.6	2.450	Memenuhi
	Bj. kering permukaan	1.6	2.579	Memenuhi
6.	Modulus kekasaran	5.5 – 8.5	6.740	Memenuhi

Berdasarkan hasil pengujian tabel 4, dijelaskan bahwa pengujian kadar lumpur pada agregat kasar diperoleh nilai 0.27 % memenuhi syarat dan layak. Menurut [7] agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%. Modulus agregat kasar masuk zona 4,75 - 40 mm. Grafik hasil pengujian gradasi butiran agregat kasar seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Gradasi Agregat Kasar (Kerikil)

Untuk mengetahui kekuatan mutu beton yang akan dihasilkan pada beton normal dengan menggunakan agregat kasar (kerikil) dan agregat halus (pasir) digunakan mutu beton  $f_c$  175 Mpa. Perhitungan penggabungan agregat diperoleh 30% pasir dan 70% batu pecah pada campuran beton (*mix design*) dengan factor air semen ( $W/C$ ) = 0,75 seperti Tabel 5 sedangkan untuk penggunaan abu batu (AB) sebagai material pengganti sebagian pada pasir menggunakan

komposisi 0%, 10%, 20% dan 30% terhadap berat pasir seperti pada Tabel 5, 6, 7, dan 8.

Tabel 5. Mix Design Rancangan Campuran Beton Normal

Bahan beton	Berat ( $kg/m^3$ )	Rasio terhadap jumlah semen (kg)	Berat untuk 1 sampel (kg)	Berat untuk 9 sampel (kg)
Air	232.54	0.748	1.479	13.314
Semen	311.11	1.000	1.979	17.813
Pasir	487.51	1.557	3.082	27.741
Kerikil	1121.8	3.606	7.137	64.231
Jumlah	2,150		13,677	123.099

Tabel 6. Mix Design Abu Batu (AB) 10%

Bahan beton	Berat ( $kg/m^3$ )	Rasio terhadap jumlah semen (kg)	Berat untuk 1 sampel (kg)	Berat untuk 9 sampel (kg)
Air	232.54	0.748	1.479	13.314
Semen	311.11	1.000	1.979	17.813
Pasir	487.51	1.401	2.774	24.966
Kerikil	1121.8	3.606	7.137	64.231
AB	48.451	0.156	0.156	2.774
Jumlah	2,150		13,678	123.099

Tabel 7. Mix Design Abu Batu (AB) 20%

Bahan beton	Berat ( $kg/m^3$ )	Rasio terhadap jumlah semen (kg)	Berat untuk 1 sampel (kg)	Berat untuk 9 sampel (kg)
Air	232.54	0.748	1.479	13.314
Semen	311.11	1.000	1.979	17.813
Pasir	487.51	1.245	1.979	22.194
Kerikil	1121.8	3.606	7.137	64.231
AB	10.825	0.311	0.616	5.548
Jumlah	2,150.0		13,678	123.099

Tabel 8. Mix Design Abu Batu (AB) 30%

Bahan beton	Berat ( $kg/m^3$ )	Rasio terhadap jumlah semen (kg)	Berat untuk 1 sampel (kg)	Berat untuk 9 sampel (kg)
Air	232.54	0.748	1.479	13.314
Semen	311.11	1.000	1.979	17.813
Pasir	487.51	1.068	2.218	19.806
Kerikil	1121.8	3.606	7.137	64.231
AB	16.125	0.4893	1.7706	7.9356
Jumlah	2,150.0		13,678	123.099

Berdasarkan hitungan hasil rancangan diatas diperoleh persentase kebutuhan agregat pasir alami untuk persentase AB 10% dapat menghemat penggunaan pasir alami sebesar 10%, untuk AB 20% menghemat penggunaan pasir alami sebesar 19.9% sedangkan AB 30% mampu menghemat penggunaan pasir alami sebesar 28.6% dari total rancangan pasir tanpa menggunakan abu batu (AB). Nilai rancangan ini menunjukkan semakin tinggi persentase Abu Batu (AB) yang digunakan dalam campuran beton, maka kebutuhan agregat pasir alami semakin menurun.

Dari hasil rancangan mix desain dilanjutkan dengan pembuatan sampel beton selinder dengan waktu perawatan maksimal 28 hari, kemudian dilakukan uji tekan dengan mesin. Hasil uji tekan dengan

menggunakan MTS STH Compression dilanjutkan perhitungan analisa kuat tekan karakteristik ( $f_{ck}$ ) dimana nilai kuat tekan ( $f_c$ ) dibagikan dengan faktor koreksi seperti Tabel 9.

Tabel 9. Nilai Kuat Tekan Karakteristik Beton

No	Sampel	Nilai $f_{ck}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Nilai $f_c$ (MPa)
1	Beton Normal	189.57	18.57
2	Beton AB10%	173.50	17.01
3	Beton AB 20%	235.11	23.05
4	Beton AB 30%	239.88	23.52

Berdasarkan Tabel 9 hasil analisa nilai pengujian kuat tekan beton dengan penggunaan abu batu (AB) sebagai pengganti sebagian pasir alami dengan pengujian maksimal umur 28 hari menunjukkan bahwa penggunaan AB pada campuran beton normal mempengaruhi nilai kuat tekan karakteristik beton ( $f_{ck}$ ).

Semakin tinggi persentase penggunaan AB, maka penggunaan pasir alami semakin menurun. Nilai kuat tekan beton abu batu pada komposisi AB 20%, dan AB 30% diperoleh sebesar 235.11 kg/cm<sup>2</sup> dan 239.88 kg/cm<sup>2</sup> meningkat dibandingkan beton normal AB 0% diperoleh nilai sebesar 189.57 kg/cm<sup>2</sup> pada umur 28 hari. Penggunaan abu batu sebagai pengganti material pasir dapat menjadi alternative material baru karena memenuhi kriteria beton normal.

Menurut [7] beton normal merupakan beton yang memiliki nilai kuat tekan sekitar 15-40 Mpa. Berdasarkan range nilai kuat tekan tersebut menunjukkan bahwa hasil penelitian beton normal tanpa AB masuk kategori yaitu 18.57 Mpa sedangkan beton yang menggunakan AB 10%, 20% dan 30% pada umur 28 hari memiliki nilai masing-masing 17.01 Mpa, 23.05 Mpa dan 23.52 Mpa sehingga disimpulkan bahwa penggunaan abu batu (AB) sebagai pengganti material pasir pada beton normal meningkatkan nilai mutu kuat tekan. Penggunaan abu batu (AB) juga dapat menghemat konsumsi penggunaan semen, karena abu batu mengandung senyawa kimia silika yang sangat halus lembut yang bersifat amor walaupun dalam jumlah yang sedikit namun tetap mampu mengeras bila dicampur dengan semen, hal ini disebabkan sifat abu

batu yang mengikuti tekstur dari batu yang dipecahkan.

#### 4. Kesimpulan

Penggunaan abu batu (AB) berpengaruh pada campuran beton karena menghasilkan kuat tekan yang lebih baik dibanding beton normal serta membuat Kinerja beton. Nilai kuat tekan pada komposisi AB 20% dan AB 30% masing-masing 23.05 Mpa dan 23.53 Mpa meningkat dibandingkan beton normal AB 0% yaitu 18.57 Mpa pada umur 28 hari. Hasil penelitian ini berkontribusi sebagai material maju dalam pengembangan teknologi beton.

#### Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih kepada Politeknik Negeri Fakfak selaku pemberi dana rutin dan Jurusan Teknik Sipil yang telah memfasilitasi sarana laboratorium dalam penelitian rutin ini.

#### Daftar Rujukan

- [1] Suprayitno, H. & Soemitro, R.A.A, "Preliminary Reflexion on Basic Principle of Infrastructure Asset Management," *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur*, vol. 2, No. 1, pp. 1-9, Maret 2018.
- [2] Bayu Zamzam Nurjaman, dkk, "Pengaruh Penggunaan Agregat Abu Batu Sebagai Pengganti Agregat Halus Alami Terhadap Sifat-Sifat Beton." *Jurnal Konstruksi*, vol 19. No. 1, pp. 31-42, 2021.
- [3] SNI 1974-2011, "Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder," *Badan Stand. Nas. Indones.*, 2011, 20.
- [4] SK SNI 03-2847-2002. "Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung, Panitia Teknik Standarisasi Bidang Konstruksi dan Bangunan, Bandung," 2002.
- [5] SK SNI 03-1974-1990. "Kuat Tekan Beton. Badan Standardisasi Nasional," 1990.
- [6] Mulyono, T, "*Teknologi Beton*," Yogyakarta: Andi Offset, 2005.
- [7] Tjokrodinuljo, K, "*Teknologi Beton*", Yogyakarta: Nafiri, 2007.

# JACEIT

