

ISSN CETAK : 2527 - 5542  
ISSN ONLINE : 2775 - 6017

# REKAYASA

JURNAL TEKNIK SIPIL



**UNIRA**  
UNIVERSITAS  
MADURA

**FT**  
FAKULTAS TEKNIK

Volume 7, Nomer 2  
Desember 2022

# REKAYASA JURNAL TEKNIK SIPIL

## Media Publikasi Karya Ilmiah di Bidang Teknik Sipil

---

Volume 7, Nomer 2.

Desember 2022

### **Penanggung Jawab :**

Taurina Jemmy Irwanto, ST., MT.

Badar Said, M. Kom.

Dedy Asmaroni, ST., MT.

### **Mitra Bestari :**

Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT

Dr. Ir Subagyo, MT

Dr. Faisal Estu Yulianto, ST., MT.

Dr. Ir. Gusfan Khalik, MT.

### **Komite Pelaksana :**

Aldi Setiawan, ST., MT.

Fairus Zabadi, ST., MT.

Ahmad Fatoni ST., MT.

Moh. Zainal Abidin, ST.

### **Komite Pelaksana :**

Fakultas Teknik – Universitas Madura

Jl. Raya Panglegur KM. 3,5 Pamekasan 69317

Telp. (0324) 322231 psw 114 Fax (0324) 327418

Email : Jurnal.rekayasa.unira@gmail.com

# REKAYASA JURNAL TEKNIK SIPIL

## Media Publikasi Karya Ilmiah di Bidang Teknik Sipil

---

Volume 7, Nomer 2.

Desember 2022

### DAFTAR ISI

- 1. Analisis Faktor Penyebab Pemborosan Material pada Proses Fabrikasi Gbc Chute**  
Lidia Bernawati Br. Manalu, Usmanul Hayadi Umar, Amanatullah Savitri  
1-6
- 2. Analisis Penerapan Building Information Modeling (Bim) Dan Kinerja Waktu Pada Proyek Pembangunan Struktur Rektorat Universitas Internasional Batam**  
Kian Ricardoegan , Indrastuti, Amanatullah Savitri  
7-14
- 3. Produktivitas Pemancangan Menggunakan Alat *Hydraulic Static Pile Driver* Pada Bangunan Bertingkat Di Madura**  
Titin Listiani, Fabilla Razya Meiliana dan Zetta Rasullia Kamandang  
15-22
- 4. Analisa Pengaruh Perubahan Suhu Akibat Hujan Terhadap Kepadatan Aspal Pada Proyek Jalan Lingkar Selatan Sampang Madura**  
Yauri Yusuf Munsyi, Achmad Chulbuddin Badghey , Ibnu Sholichin  
23-28
- 5. Analisa Tebal Perkerasan Lentur Pada Ruas Jalan Jenderal Sudirman Randudongkal Pemalang Dengan Menggunakan Metode Analisa Komponen 1987 dan Manual Desain Perkerasan Jalan 2017**  
Weimintoro, Lukas, Sandra Octaviani  
29-36
- 6. Analisa Pengaruh Variasi Tumbukan Pada Lapisan Aspal AC-BC Terhadap Nilai Stabilitas dan Flow**  
Nadhifha Aprillia Zahara, Ignalia Kurniawati, Aulia Dewi Fatikasari  
37-41

# ANALISIS FAKTOR PENYEBAB PEMBOROSAN MATERIAL PADA PROSES FABRIKASI GBC CHUTE

Lidia Bernawati Br. Manalu<sup>1</sup>, Usmanul Hayadi Umar<sup>2</sup>, Amanatullah Savitri<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Internasional Batam, Batam

E-mail: [lidiam0836@gmail.com](mailto:lidiam0836@gmail.com)

**ABSTRAK :** Dalam fabrikasi suatu proyek hampir selalu ditemukan *waste* baik dalam segi waktu maupun dalam segi material. *Waste* merupakan salah satu penyebab rendahnya produktivitas. Besarnya potensi *waste* tentu saja akan merugikan *owner* ataupun kontraktor. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa faktor penyebab dari pemborosan material yang terjadi pada saat proses fabrikasi *GBC Chute*. Metode Penelitian yang digunakan analisis deskriptif dengan observasi dan kuisioner yang respondennya antara lain *Project Manager, Workshop Manager, Senior Engineer*, serta para pekerja dilapangan. Dari hasil kuisioner yang diperoleh dilakukan pengujian data menggunakan program SPSS. Pengujian data yang dilakukan meliputi uji validasi, uji reliabilitas, uji korelasi. Selanjutnya dilakukan pengujian model regresi seperti uji t, uji f dan uji koefisien determinasi untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh besar terhadap *waste*. Dari 10 variabel yang diujikan diperoleh 9 variabel valid, pada uji reliabilitas semua indikator mencukupi dan sempurna, Sebesar 96% hasil uji koefisien determinasi terhadap *waste* konstruksi, Hasil uji f memperlihatkan secara simultan semua variabel mampu menjelaskan hubungannya dengan sangat baik. Dan hasil uji t yang teridentifikasi dari 10 variabel terdapat 7 variabel yang signifikan.

**Kata Kunci:** Material, *Waste*, SPSS, Faktor Penyebab, Fabrikasi

## 1. PENDAHULUAN

Kota Batam merupakan salah satu kota yang terdapat di Provinsi Kepulauan Riau dan juga termasuk kedalam kawasan perdagangan dan pelabuhan bebas (*Free Trade Zone*). Posisinya yang sangat strategis yang berbatasan langsung dengan selat Singapura menjadikan Kota Batam memiliki daya tarik bagi para investor-investor asing[1]. Terdapat banyak industri yang beroperasi di kota Batam mulai dari industri manufaktur hingga industri konstruksi, fabrikasi logam dan mesin serta perkapalan yang menjadikan Kota Batam mendapat julukan kota industri. Lantas hal ini tentunya membuat perekonomian di kota Batam semakin bertumbuh.

Fabrikasi adalah kegiatan industri yang bertujuan untuk mengolah, memproses, dan menghasilkan suatu produk mesin maupun struktur hingga mempunyai nilai jual. Fabrikasi merupakan proses kegiatan yang sangat panjang di mulai dari tahap perencanaan, pelaksanaan dan finishing. Tahapan pada proses fabrikasi pada umumnya seperti *marking, cutting, drilling, assembling, welding, checking, finishing, sandblasting*, hingga *painting*[2]. Tentunya dalam proses yang panjang hingga sampai produk siap guna seringkali banyak ditemukan masalah dan kendala. Salah satu permasalahan yang ditemukan yaitu terjadinya ketidakefisienan dan pemborosan material (*material waste*) pada pelaksanaannya. *Waste* yang dalam artian hasil dari pekerjaan tetapi tidak meningkatkan kemajuan proyek secara keseluruhan[3].

Salah satu bagian terpenting pada pelaksanaan suatu fabrikasi adalah material, dapat dikatakan setengah dari biaya proyek yang sedang berlangsung terserap oleh pembelian material itu sendiri[4]. Sama halnya dengan proses fabrikasi lainnya, penggunaan material pada proses fabrikasi *GBC Chute* juga harus diperhatikan dengan baik karena sangat rentan terhadap pemborosan. Apabila terjadi kesalahan dalam penanganannya dapat menjadikan material tersebut menjadi tidak terpakai. Presentase *waste* pada proyek konstruksi beton tentunya tidak sama

dengan fabrikasi baja. Pada proyek konstruksi beton wujud material yang digunakan berbentuk curah sehingga tidak ada batasan dalam pengemasan dan dapat dikerjakan dilapangan. Sementara itu, pada proses fabrikasi baja hampir seluruh material yang digunakan memiliki ukuran dan dimensi profil yang berbeda-beda. Standar panjang yang tersedia dipasaran umumnya hanya panjang 6 – 12 meter[5].

*Waste* yang dihasilkan pada suatu proyek akan mempengaruhi produktivitas dari pelaksanaan proyek tersebut. Besaran jumlah sisa material akan menimbulkan dampak yang sangat besar apabila intensitasnya besar dan terus menerus. Pembengkakan anggaran biaya dari semula dan akan berpengaruh pada keterlambatan pengerjaan proyek dari *time schedule*[3]. Melihat banyaknya *waste* material yang terjadi selama proses pelaksanaan fabrikasi *GBC Chute* yang dimana juga termasuk kedalam fabrikasi baja, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui indikator apa saja yang menjadi penyebab *waste* tersebut. Jika diketahui penyebabnya tentunya pihak kontraktor dapat mengambil langkah untuk mengurangi resiko terjadinya *waste* sehingga sumber daya proyek dapat digunakan dengan maksimal tanpa terbuang sia – sia.

Pada *construction waste*, umumnya terdapat 2 kategori yaitu *direct waste* dan *in-direct waste*. *Direct waste* adalah sisa material yang terjadi secara tidak sengaja akibat rusak, hilang sehingga tidak dapat digunakan lagi. *In-direct waste* adalah sisa material yang terjadi akibat volume pemakaian yang tidak sesuai *bill of quantity*, pembelian yang berlebih, kelalaian pekerja sehingga berdampak pada biaya, keterlambatan waktu dan produktivitas dari proyek tersebut[6].

## 2. METODE PENELITIAN

### 3.

#### Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data, peneliti melakukan observasi disertai dengan penyebaran kuisioner dengan

tujuan memperoleh data secara subjektif. Respondennya adalah semua pihak yang terlibat langsung dalam pelaksanaan proyek fabrikasi dalam pelaksanaan proyek fabrikasi *GBC Chute* seperti *Project Manager, Workshop Manager, Senior Engineer*, serta para pekerja dilapangan. Sementara, untuk data sekunder berupa RAB, *shop drawing, as-built drawing*, laporan material dan data pendukung lainnya.

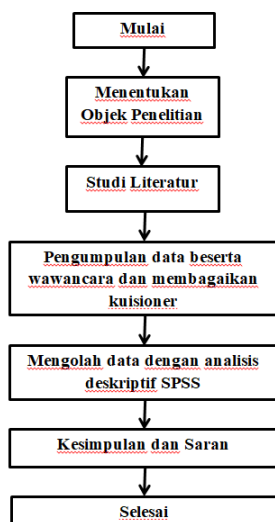
Data yang diperoleh dari hasil observasi berupa data material yang menghasilkan *waste*. Untuk identifikasi data material penghasil *waste*, Terlebih dahulu peneliti akan melakukan perhitungan sesuai dengan *shop drawing* dan RAB yang ada hingga mendapatkan jumlah sisa material yang seharusnya. Untuk mempermudah data sisa material yang berada dilapangan peneliti dibantu oleh divisi material control yang berada langsung dilapangan. Untuk data yang diperoleh dari kuisisioner berupa data faktor penyebab pemborosan material dimana responden akan memberikan *feedback* dengan cara menghubungkan pengalaman dan persepsi mereka dilapangan terhadap item penyebab yang berpengaruh terhadap variabelnya [7].

**Tahapan Penelitian**

Tahapan penelitian yang dilakukan terdiri dari beberapa tahap yaitu :

1. Melakukan studi literatur berupa informasi dari beberapa jurnal, artikel, maupun buku terkait dengan topik yang akan dibahas dalam penelitian ini.
2. Mencatat beberapa list material yang dibutuhkan berdasarkan *shop drawing* yang telah ada.
3. Melakukan observasi ke lapangan guna untuk meninjau jumlah material yang telah terpakai dan material sisa yang berada dilapangan.
4. Menyebarkan kuisisioner kepada beberapa pekerja yang terjun langsung ke lapangan untuk mengetahui sumber penyebab pemborosan material yang terjadi.
5. Berdasarkan hasil dari kuisisioner, dilakukan analisis dan pengolahan data menggunakan SPSS guna mengetahui faktor penyebab dari pemborosan material yang terjadi.

Adapun tahapan penelitian yang digunakan peneliti dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram Alur Penelitian

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Identifikasi Faktor**

Untuk identifikasi faktor penyebab *waste* skala yang akan digunakan ialah skala *likert* 1-5 (Sangat tidak berpengaruh- sangat berpengaruh). Pertanyaan-pertanyaan kuisisioner dianggap faktor-faktor penyebab *waste* (Variabel bebas =  $X_i$ ). Untuk dianggap variabel terikat (Y) dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Faktor - faktor Construction Waste

No	Faktor Waste	Variabel Bebas	Sumber Variabel
1	Waktu menunggu revisi gambar/perubahan desain	$X_1$	M. Natalia (2017) dan
2	Material tidak sesuai dengan spesifikasi	$X_2$	Hasil observasi
3	Penumpukan material di lokasi	$X_3$	Hasil observasi
4	Kurangnya skill tenaga kerja	$X_4$	M. Natalia (2017)
5	Kesalahan pada saat pelaksanaan pekerjaan	$X_5$	M. Natalia (2017)
6	Perencanaan dan penjadwalan yang buruk	$X_6$	M. Natalia (2017)
7	Metode konstruksi yang tidak tepat	$X_7$	M. Natalia (2017)
8	Gambar kerja dan Pendetailan gambar yang rumit	$X_8$	M. Natalia (2017) dan Hasil observasi
9	Perubahan Desain dan Revisi distribusi gambar yang lambat	$X_9$	M. Natalia (2017) dan Hasil observasi
10	Cuaca dan kondisi lokasi yang tidak bagus	$X_{10}$	M. Natalia (2017)
11	Pemborosan Material	Y	

**Identifikasi Kuantitas Sisa Material**

Perhitungan kuantitas sisa material dapat menggunakan formulasi seperti berikut:

$$A_4 = A_1 - A_2 - A_3$$

Dimana:  $A_1$  = Pembelian Material.

$A_2$  = Sisa Stok.

$A_3$  = *Quantity* berdasarkan *bill of quantity*.

$A_4$  = Volume Sisa Material.

Adapun hasil analisa kuantitatif yang diperoleh dari hasil observasi dapat dilihat pada Tabel2.



**Tabel 2.** Kuantitas Sisa Material

Jenis Material	Satuan (Kg)				
	Beli (A <sub>1</sub> )	Sisa Stok (A <sub>2</sub> )	Bill of quantity (A <sub>3</sub> )	Sisa material (A <sub>4</sub> )	Sisa material %
H-Beam 300x300x10	16740	167.4	15258.5	1314.09	8.61%
WFC 152x152	890.4	44.52	775.39	70.49	9.09%
UNP 200x75x9	303.6	101.2	198.605	3.795	1.91%
BEAM 254x146	2220.54	35.765	2099.25	85.525	4.07%
WFB 203x203	1392	368.532	913.5	110.0	12.04%
UC S355 - 203x203	624	198.12	384.28	41.6	10.83%
PFC 150x75	3780	274.14	3305.7	200.16	6.05%
PIPE 1-1/2" X SCH40	4032	113.12	3394.49	524.384	15.45%
Plate 12mm S355	8286.52	544.87	7725.57	16.08	0.21%
Plate 20mm S355	4602.94	239.61	4177.33	186.01	4.45%
Plate 20mm BHN450	1051.97	164.86	803.89	83.22	10.35%
Plate 25mm S355	19687.45	3054.88	14182.6	2449.91	17.27%
Plate 25mm BHN450	24335.00	906.68	20302.0	3126.26	15.40%
Plate 32mm S355	27998.88	3128.20	22399.9	2470.70	11.03%

Adapun dari hasil observasi dan wawancara yang dilakukan dilapangan didapatkan beberapa faktor yang menyebabkan sisa-sisa material tersebut yaitu:

**1. Kesalahan pada saat pelaksanaan pekerjaan**

Pada penggunaan material WFB 203x203x58 ini terjadi kesalahan saat pelaksanaan pekerjaan yang menggunakan material yang berbeda yaitu UC S355 - 203x203. Bentuknya yang sama membuat para pekerja terbalik memasang material ini. Hingga menyebabkan material WFB 203x203x58 tidak terpakai secara keseluruhan dan berkurangnya material UC 203x203.

**2. Material tidak sesuai spesifikasi**

Pada material 25mm BHN450, 25mm S355, 20mm BHN450, 25mm S355 ini terjadi 2 kali pembelian, hal ini disebabkan oleh kesalahan para pekerja dalam proses *cutting*. Spesifikasi plate yang mempunyai warna dan tebal sama dengan pelat S355 menyebabkan sulitnya untuk dibedakan secara kasat mata. Ditambah lagi dengan terjadinya kesalahan pada proses *drilling* untuk membuat lubang pada plate tersebut terlalu besar sehingga harus melakukan proses *cutting* ulang dan *drilling* ulang.

**3. Penumpukan Material dilokasi**

Bentuk nya UNP 200x75x9 yang sama dengan PFC 200 dan lokasi nya yang menumpuk ditempat yang sama dengan PFC 200 menjadikan material ini digunakan pada project yang lain. Selain itu, standar panjang yang tersedia dipasaran hanya bisa dipesan dengan panjang 6 meter sementara *quantity* berdasarkan gambar hanya diperlukan 6.62 meter. Maka pembelian pun harus sebanyak 12 meter dengan mengorbankan sisa kurang lebih 5 meter yang tidak dipakai.

**4. Gambar kerja yang tidak jelas dan pendetailan yang rumit**

Pada pemotongan material PIPE 1-1/2" X SCH40 dan PFC 150x75 dilakukan penambahan material dikarenakan kesalahan coakan potongan pada kedua material. Hal tersebut disebabkan karena informasi pada gambar kerja yang diberikan tidak jelas sehingga para *fitter* kesulitan untuk memahaminya.

Berdasarkan penjelasan dari beberapa faktor diatas dengan kuantitas sisa material yang terdapat pada tabel 2 dapat diperoleh hipotesis sementara bahwa terjadi pemborosan material pada proyek fabrikasi GBC *Chute*. Pemborosan material yang terjadi tentunya disebabkan oleh berbagai banyak faktor. Untuk itu analisis dengan bantuan SPSS dilakukan untuk mengukur validitas dan reliabilitas dan juga dapat mengidentifikasi korelasi antar item indikator faktor penyebab waste.

**Analisa Uji Faktor Penyebab Waste**

Pada program *The Statistical Package for Social Sciences* (SPSS) terdapat 2 *output* yang harus diperhatikan yaitu *Corrected Item-Total Correlation* koefisien korelasi yang mengukur validitas[7]. Uji validitas dilakukan guna untuk mendapatkan apakah data penelitian valid berdasarkan instrument dari indikator kuisioner yang telah disebarkan. Uji reliabilitas menggunakan *Cronbach's Alpha* yang berfungsi untuk menentukan reliable atau tidaknya item kuisioner yang diujikan[8]. Hasil uji validitas dan realibilitas dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas

Variabel Bebas	Pearson Correlation	Remarks	Cronbach's Alpha	Remarks
X <sub>1</sub>	0.371	Invalid	0.753	Reliable
X <sub>2</sub>	0.412	Valid	0.773	Reliable
X <sub>3</sub>	0.756	Valid	0.712	Reliable
X <sub>4</sub>	0.443	Valid	0.743	Reliable
X <sub>5</sub>	0.479	Valid	0.774	Reliable
X <sub>6</sub>	0.424	Valid	0.746	Reliable
X <sub>7</sub>	0.405	Valid	0.758	Reliable
X <sub>8</sub>	0.800	Valid	0.703	Reliable
X <sub>9</sub>	0.829	Valid	0.692	Reliable
X <sub>10</sub>	0.448	Valid	0.749	Reliable

**Uji Validitas**

Suatu indikator dapat dikatakan valid apabila r hitung > r tabel maka variabel tersebut dikatakan valid. Jika r hitung (Pearson Correlation) < r tabel maka variabel tersebut dikatakan tidak valid. Untuk N = 25, maka diperoleh r tabel = 0.396 untuk signifikansi 5% yang terdapat pada r tabel statistik. Pada tabel 3 menunjukkan bahwa sebanyak 90% variabel teridentifikasi valid (9 variabel dari 10 variabel). Terdapat 1 variabel yang teridentifikasi tidak valid yaitu pada variabel waktu menunggu revisi gambar atau perubahan desain.

**Uji Reliabilitas**

Pada pengujian realibilitas, kuisioner dianggap reliable apabila memenuhi syarat nilai *Cronbach's Alpha* ≥ 0.6[9]. Pada tabel 3 menunjukkan bahwa hampir setiap nilai *Cronbach's Alpha* variabel berada pada 0.7 yang berarti semua indikator memiliki nilai reliabilitas mencukupi dan sempurna[7].

**Pengujian Korelasi**

Untuk menentukan kelayakan item yang digunakan pada suatu pengujian dilakukan uji koefisien korelasi. Apabila nilai *Sig. (2-tailed)* < 0,05 maka item tersebut berkorelasi begitu pun sebaliknya. Hasil uji korelasi menggunakan SPSS guna menunjukkan keeratatan hubungan antar indikator dengan variabelnya dapat dilihat pada Tabel 4 dibawah ini.

Selain nilai signifikansi terdapat juga pedoman derajat kejenuhan sebagai berikut:

- Nilai Pearson Correlation 0,00 s/d 0,20 = tidak ada korelasi.
- Nilai Pearson Correlation 0,21 s/d 0,40 = korelasi lemah.
- Nilai Pearson Correlation 0,41 s/d 0,60 = korelasi sedang.
- Nilai Pearson Correlation 0,61 s/d 0,80 = korelasi kuat.
- Nilai Pearson Correlation 0,81 s/d 1,00 = korelasi sempurna.

**Tabel 4.** Hasil Uji Korelasi

Correlations			
		Varia bel	Faktor Penyebab
Variabel	<i>Pearson Correlati on</i>	1	.741**
	<i>Sig. (2- tailed)</i>		.000
	N	25	25
Faktor Penyebab	<i>Pearson Correlati on</i>	.741**	1
	<i>Sig. (2- tailed)</i>	.000	
	N	25	25

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Terlihat pada tabel 4 bahwa nilai *Sig. (2-tailed)* 0.00 < 0,05 artinya 10 variabel yang ada pada tabel 1 mempunyai hubungan korelasi dan juga terlihat bahwa nilai *Pearson Correlation* sebesar 0.741 yang artinya variabel x berkorelasi kuat dengan pemborosan material (y) yang terjadi pada proyek fabrikasi *GBC Chute*.

**Uji Model Regresi**

Analisis regresi linear berganda merupakan pengujian untuk menghubungkan secara linear antara 2 variabel independen (X1, X2,...Xn) dengan variabel dependen (Y). Adapun model persamaan regresi linier berganda sebagai berikut:

$$Y = a + b_1 .x_1 + b_2 .x_2 \dots \dots + b_n .x_n$$

Dimana :

- Y = Variabel Terikat
- X = Variabel Bebas
- a = Konstanta
- b = Koefisien Regresi

**Uji T**

Adapun tujuan dari Uji T yaitu untuk mengetahui tingkat kepercayaan variabel bebas dalam persamaan model regresi yang digunakan dalam memprediksi nilai Y.

**Tabel 5.** Hasil Uji T

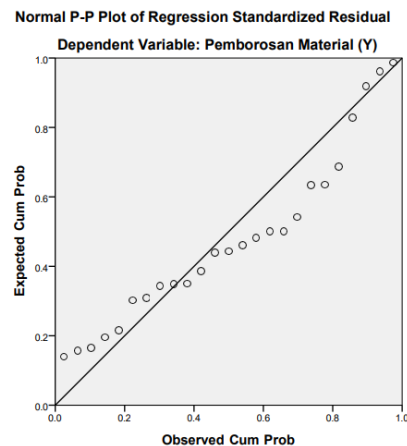
Coefficients <sup>a</sup>						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.316	2.227		.142	
	X02	.255	2.665	.046	.096	.083
	X04	.589	.265	.098	.574	.000
	X05	.425	1.040	.053	.409	.688
	X06	.126	.777	.022	.162	.873
	X08	.492	1.256	.071	.341	.030
	X09	.392	1.556	-.081	-.252	.804
	X10	.429	.293	.071	.341	.738

a. Dependent Variable: Y

Dapat dilihat pada tabel 5 sesuai dengan data output SPSS dapat diberi interpretasi bahwa:

- 1) Dari 10 variabel, setelah dilakukan uji t, teridentifikasi 7 variabel yang signifikan.
- 2) Persamaan dari regresi linear berganda adalah :

$$Y = 0.316 + 0.255 .x_2 + 0.589 .x_4 + 0.425 .X_5 + 0.126 .X_6 + 0.492 .X_8 + 0.392 .X_9 + 0.429 .X_{10}$$



**Gambar 2** Grafik Linear

Pada gambar 2 diatas terlihat bahwa nilai sebaran data terletak disekitar garis diagonal dan tidak tepencar jauh dari garis tersebut. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa persyaratan normalitas dapat terpenuhi.

**Uji F**

Uji F (uji simultan) adalah untuk melihat pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat secara bersama-sama. Berikut adalah F hitung dalam penelitian ini : Nilai Sign <0.05 atau nilai Fhitung > Ftabel

$$F.tabel = F(K; n - k) = F(10; 25 - 10) = 2.54$$

k = Jumlah variabel independen  
n = Jumlah responden

**Tabel 6.** Hasil Uji F

ANOVA <sup>a</sup>						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	844.141	7	120.592	70.162	.000 <sup>b</sup>
	Residual	29.219	17	1.719		
	Total	873.360	24			
a. Dependent Variable: Y						
b. Predictors: (Constant), X10, X02, X04, X05, X08, X06, X09						

Berdasarkan data output SPSS diatas bahwa nilai F hitung pada model penelitian ini adalah sebesar 70.162. Dengan taraf signifikansi 0.000, nilai F tabel = 2.54 yang diperoleh dari alpha 0.05. Nilai F hitung 70.162 lebih besar dari nilai F tabel 2.54.dengan demikian pengaruh variabel independen berpengaruh secara bersama sama (simultan) terhadap variabel dependen.

**Uji Koefisien Determinasi**

Uji Koefisien Determinasi bertujuan untuk mengukur sebesar besar kemampuan model dalam menerangkan variasi variabel dependen.

**Tabel 7.** Hasil Uji Koefisien Determinasi

Model Summary <sup>b</sup>					
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.983 <sup>a</sup>	.967	.953	1.31102	2.279
a. Predictors: (Constant), X10, X02, X04, X05, X08, X06, X09					
b. Dependent Variable: Y					

Berdasarkan hasil diatas, menunjukkan bahwa besarnya nilai Adjusted R<sup>2</sup> adalah 0,967. Hasil ini menunjukkan bahwa kemampuan variabel independen (X<sub>1</sub> hingga X<sub>10</sub>) menerangkan variabel dependen yaitu faktor penyebab pemborosan material sebesar 96% sedangkan sisanya sebesar 4% diterangkan oleh variabel lain yang terdapat dalam penelitian ini.

**5. Kesimpulan**

Dari hasil penelitian ini dapat diberikan kesimpulan sebagai berikut :

1. Terdapat beberapa faktor yang menjadi penyebab pemborosan material pada prose fabrikasi GBC Chute yaitu dipengaruhi oleh *manpower*, material, lingkungan metode pengerjaan.

2. Kategori *waste* pada proses fabrikasi GBC Chute termasuk *In-direct waste* yang tentunya akan berpengaruh terhadap biaya dan waktu pada saat pelaksanaan konstruksi.
3. Pada hasil uji validasi dari 10 variabel terdapat 1 variabel yang tidak valid yaitu variable faktor waktu menunggu revisi. Sementara itu pada uji reliabilitas, semua variabel bersifat *reliable*.
4. Pada hasil uji F memperlihatkan secara simultan semua variabel mampu menjelaskan hubungannya terhadap pemborosan material dengan sangat baik.
5. Pada hasil uji T dapat diketahui bahwa variabel yang memberikan kontribusi terbesar dalam waste material adalah kurangnya skil dari tenaga kerja itu sendiri sebesar 0.589.
6. Didapatkan persamaan regresi linear berganda yakni  $Y = 0.316 + 0.255 .x_2 + 0.589 .x_4 + 0.425 .x_5 + 0.126 .x_6 + 0.492 .x_8 + 0.392 .x_9 + 0.429 .x_{10}$
7. Satu sumber variabel dapat mempengaruhi variabel yang lain, sehingga sangat penting untuk memperhatikan penyebab waste agar produktivitas pekerjaan dilapangan tidak terganggu.
8. Sisa material yang masih layak pakai dapat dialokasikan pada pekerjaan proyek fabrikasi yang lain akan tetapi untuk sisa material yang tidak dapat digunakan lagi akan menjadi *scrap*. Oleh Karena itu tindakan pencegahan sangat perlu dilakukan untuk dapa meminimalisir *waste* material yang akan terjadi.

**6. Daftar Pustaka**

- [1] D. Budiman, "Status Free Trade Zone Kota Batam Dalam Persepektif Ekonomi Pertahanan," *JEKPEND J. Ekon. dan Pendidik.*, vol. 2, no. 2, p. 10, 2019, doi: 10.26858/jekpend.v2i2.9688.
- [2] J. Ilmiah and W. Pendidikan, "Proses Sandblasting Dalam Proses Fabrikasi Baja Struktur Pada Proyek Refinery Development Master Plan (RDMP) di PT AJP," vol. 8, no. September, pp. 264–275, 2022.
- [3] M. Natalia, Y. Partawijaya, and Z. Mirani, "Analisa Faktor Resiko Construction Waste pada Proyek Konstruksi di Kota Padang," *J. Ilm. Rekayasa Sipil*, vol. 14, no. 2, pp. 39–45, 2017, doi: 10.30630/jirs.14.2.105.
- [4] W. Hartono, D. H. Purba, and Sugiyarto, "Analisis Dan Pengelolaan Sisa Material Konstruksi Dan Faktor Penyebab Pada 3 Proyek Kelurahan Ditinjau Bagian Pondasi Menggunakan Root Cause Analysis (RCA)," *Matriks Tek. Sipil*, vol. 3, no. 1, pp. 292–299, 2015, [Online]. Available: <https://matriks.sipil.ft.uns.ac.id/index.php/MaTekSi/article/view/315/308>.
- [5] K. R. Sutanto, P. Nugraha, and A. Andi, "Studi Kasus Waste Material Proses Fabrikasi Struktur Baja di Perusahaan EPC (Engineering, Procurement, Construction)," *J. Tek. Sipil*, vol. 25, no. 1, p. 33, 2018, doi: 10.5614/jts.2018.25.1.5.
- [6] P. Safitri, M. A. Wibowo, and F. Kistiani, "Studi Pustaka : Analisa Pengaruh Desain Terhadap Direct Waste Dan Indirect Waste Yang Terjadi Pada," *J.*



*Karya Tek. Sipil*, vol. 6, no. 4, pp. 30–39, 2017.

- [7] S. Ap and F. Firdaus, “Waste Konstruksi: Identifikasi Potensi dan Penyebabnya Pada Proyek Perumahan Di Pekanbaru,” *J. Sainstis*, vol. 19, no. 02, p. 79, 2019, doi: 10.25299/sainstis.2019.vol19(02).3904.
- [8] S. A. K. A. Uda, W. Nuswantoro, and P. O. Lestari, “Identifikasi Penanganan Waste Material Berdasarkan Pandangan Kontraktor Dan Konsultan Kota Palangka Raya,” *J. Ilm. Desain Konstr.*, vol. 21, no. 1, pp. 15–25, 2022, doi: 10.35760/dk.2022.v21i1.6150.
- [9] A. E. Husin, F. Fahmi, S. Rahardjo, I. P. Siregar, and B. D. Kussumardianadewi, “M-PERT and lean construction integration on steel construction works of warehouse buildings,” *Int. J. Eng. Adv. Technol.*, vol. 8, no. 4, pp. 696–702, 2019, doi: 10.13140/RG.2.2.19873.66402.

# ANALISIS PENERAPAN BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) DAN KINERJA WAKTU PADA PROYEK PEMBANGUNAN STRUKTUR REKTORAT UNIVERSITAS INTERNASIONAL BATAM

Kian Ricardoeagan<sup>1</sup>, Indrastuti<sup>2</sup>, Amanatullah Savitri<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Internasional Batam, Batam

E-mail: Kianricardoeagan55@gmail.com

**ABSTRAK:** Building Information Modeling (BIM) membawa potensi besar yang digunakan di semua tahap konstruksi pada proyek, terutama dalam menganalisis dan merancang proyek. Tujuan pada penelitian ini adalah melakukan pengolahan shop drawing menjadi pemodelan 3D dan melakukan analisis kinerja waktu faktor yang menyebabkan keterlambatan dan solusi untuk mengatasinya. Penelitian ini software BIM yang digunakan adalah Tekla Structure 2022 untuk melakukan pemodelan 3D. Pemodelan 3D dilakukan untuk pemodelan pada pondasi bored pile dan pile cap, kolom, shear wall, sloof, balok, pelat, dan tangga. Analisis kinerja waktu dilakukan dengan membandingkan bobot rencana dengan bobot aktual realisasi pada kurva S. keterlambatan atau tidaknya suatu proyek dapat diketahui dengan menganalisis nilai deviasinya. Pemodelan detail 3D dengan BIM menggunakan software Tekla Structure 2022 yang dapat dilaksanakan dan mendapatkan hasil yang sesuai. Analisis kinerja waktu pada penelitian ini berdasarkan kurva S telah dilakukan 3 kali revisi yang dikarenakan terjadinya keterlambatan. Keterlambatan terjadi sebanyak 3 kali pada bulan November 2021, Januari 2022, dan Februari 2022 dengan nilai deviasi keterlambatan tertinggi sebesar -14,852%. Berdasarkan hasil wawancara dan survei lapangan penyebab keterlambatan dikarenakan kekurangan tenaga kerja dan keadaan cuaca yang tidak dipastikan. Solusi untuk mengatasi keterlambatan adalah dilakukan percepatan dengan penambahan tenaga kerja pada pihak kontraktor.

**Kata Kunci:** : BIM, Tekla Structure 2022, 3D, Analisis Kinerja Waktu

## 1. PENDAHULUAN

Batam merupakan salah satu kota di Indonesia yang berkembang saat ini terutama pada bidang konstruksi. Bidang konstruksi adalah suatu proses yang digunakan untuk menggambarkan teknik atau perencanaan (biasanya berupa struktur) yang digunakan kontraktor untuk menyelesaikan suatu proyek. Berkembangannya ilmu pengetahuan dan teknologi berdampak besar bagi bidang konstruksi. Bidang konstruksi berperan sangat penting dalam peningkatan ekonomi dan sektor tenaga kerja. Hal ini dibuktikan dengan semakin berkembangnya teknologi di bidang konstruksi. Meningkatnya teknologi pada bidang konstruksi membuat pekerjaan dengan tingkat produktivitas, efektivitas dan efisiensi yang tinggi. Konstruksi manual sangat memakan waktu dan tenaga. Hal ini mendorong kontraktor untuk menggunakan sistem yang dapat menyelesaikan masalah dengan lebih cepat dan akurat. Sistem ini adalah sistem *Building Information Modeling* (BIM).

*Building Information Modeling* (BIM) adalah sebuah pendekatan yang digunakan untuk mengelola aktivitas konstruksi seperti: desain proyek, konstruksi, dan manajemen fasilitas. Sejak tahun 1970-an penggunaan BIM telah dikenal untuk mengelola siklus proyek konstruksi, implementasi BIM menjadi lebih luas dalam pembuatan model bangunan dan struktur pada konstruksi [1]. *Building Information Modeling* (BIM) saat ini merupakan prosedur yang relevan dalam skala besar pada berbagai sektor dalam konstruksi. Dengan adanya BIM memungkinkan adanya pengembangan proyek bangunan secara digital dan kolaboratif [2]. Pada pemodelan BIM Salah satu aplikasi yang dapat digunakan adalah *software Tekla Structure 2022*.

*Tekla Structure 2022* merupakan perangkat lunak Pemodelan 3D yang digunakan untuk pemodelan baja dan beton serta keperluan konstruksi lainnya. Perangkat lunak

ini digunakan untuk mendesain rekayasa struktur, dokumentasi dan pemodelan struktur seperti, detail baja, detail beton pracetak, dan detail beton bertulang. Secara otomatis dapat menghasilkan gambar dan laporan sesuai dengan persyaratan proyek. *Tekla Structures 2022* banyak digunakan dalam bidang konstruksi yang memungkinkan pekerjaan dapat selesai secara efisien dan akurat. *Tekla Structures 2022* juga dapat digunakan untuk *detect clashes* dalam struktur dengan alat '*clash detection*'. *Tekla Structures 2022* dapat membantu dalam koordinasi konstruksi, kualitas, penjadwalan logistik, dan estimasi biaya. Dalam konstruksi struktur, *Tekla Structures 2022* juga dapat menghitung jumlah tulangan yang dibutuhkan untuk suatu proyek [3]

Pemodelan 3D adalah model *mock-up virtual* yang diekspresikan secara visual, antara lain konsep desain dalam tiga dimensi utama (lebar, tinggi, dan kedalaman). Pada 20 tahun terakhir, BIM 3D telah hadir di bidang desain dan konstruksi yang digunakan untuk visualisasi proyek, *detect clashes*, dan penelusuran model [4]. Pemodelan 3D pada penelitian ini menggunakan *software Tekla Structures 2022* yang digunakan untuk pemodelan 3D pada pondasi *bored pile* dan *pile cap*, kolom, *shear wall*, sloof, balok, pelat, dan tangga.

*Building Information Modeling* (BIM) membawa potensi besar yang digunakan di semua tahap konstruksi pada proyek, terutama dalam menganalisis dan merancang proyek. Berdasarkan hasil penelitian [5], bahwa manfaat BIM tidak hanya dalam menganalisis dan merancang, manfaat BIM dapat mengarah dalam konteks yang lebih besar. Manfaat BIM juga dalam tahap desain, tahap fasilitas, dan tahap operasi dan pemeliharaan. Tujuan pada penelitian ini adalah melakukan pengolahan *shop drawing* menjadi pemodelan 3D dengan BIM menggunakan *software Tekla Structure 2022* dan melakukan analisis kinerja waktu faktor yang

menyebabkan keterlambatan dan solusi untuk mengatasinya dengan membandingkan kurva S bobot rencana dengan kurva S bobot aktual realisasi pada proyek pembangunan struktur Rektorat Universitas Internasional Batam. Dengan data yang mendukung berupa data kurva S, bobot rencana, bobot aktual realisasi, dan *shop drawing*.

**2. METODE PENELITIAN**

Pada tahap pengumpulan data, peneliti melakukan Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian kualitatif dan kuantitatif. Metode penelitian kualitatif adalah metode yang lebih banyak menjelaskan tentang lokal daripada umum, dan biasanya melibatkan tindakan dan interaksi manusia. Dalam penelitian kualitatif konteks yang biasa digunakan berupa fenomenologi, fenomenografi, etnografi, penelitian studi kasus, dan penelitian naratif [6]. Metode penelitian kuantitatif adalah metode penelitian yang menjelaskan suatu masalah atau fenomena melalui pengumpulan data dalam bentuk numerik dan analisis dengan bantuan metode matematika atau statistik [7] [8].

Pada penelitian ini menggunakan alat bantuan berupa komputer dan beberapa *software* lainnya yaitu: *AutoCAD* 2013, *Tekla Structures* 2022 dan *Microsoft* 2010. Pada penelitian ini data yang digunakan berupa data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari wawancara dengan pihak kontraktor untuk mendapatkan informasi-informasi dan permasalahan yang terjadi di lapangan. Sedangkan data sekunder adalah kurva S, bobot rencana, bobot aktual realisasi, dan *shop drawing*. Setelah itu dilakukan pengolahan data dan pemodelan detail 3D yang fokus pada pekerjaan struktural proyek pembangunan serta analisis kinerja waktu pada proyek pembangunan struktur Rektorat Universitas Internasional Batam.

Lokasi pada penelitian ini adalah di Baloi-Sei Ladi, Jl. Gajah Mada, Tiban Indah, Kec. Sekupang, Kota Batam, Kepulauan Riau dan letak koordinat yaitu 1°07'09.1"N 104°00'12.4"E yang terdapat pada Gambar 1 sumber yang digunakan adalah *google earth*.



Gambar 1. Lokasi Proyek Rektorat UIB Batam

**2.1 Pengaplikasian BIM**

Pada penelitian ini *software* BIM yang digunakan adalah *Tekla Structure* 2022 untuk melakukan pemodelan 3D. Pemodelan 3D ini dilakukan untuk pemodelan pada pondasi *bored pile* dan *pile cap*, kolom, *shear wall*, *sloof*, balok, pelat, dan tangga. Hal pertama yaitu melakukan pendaftaran untuk akun *Trimble* untuk mendapat *licenses* agar dapat melakukan *log in* dan menggunakan *Tekla Structures* 2022. Selanjutnya pada bagian *configuration* memilih *education* dan menentukan lokasi penyimpanan, setelah masuk pada *Tekla Structures* 2022 memilih *new* dan menentukan nama serta lokasi penyimpan hasil kerjanya. Setelah melakukan *create* hal pertama yang

dilakukan untuk pemodelan 3D adalah membuat *grid* untuk memudahkan dalam peletakan objeknya. Tahap selanjutnya adalah melakukan pemodelan seperti pemodelan pondasi *bored pile* dan *pile cap*, pemodelan kolom, pemodelan *shear wall*, pemodelan *sloof*, pemodelan balok, pemodelan pelat, dan pemodelan tangga.

**2.2 Analisis Kinerja Waktu**

Analisis kinerja waktu dilakukan dengan cara membandingkan bobot rencana dengan bobot aktual realisasi pada kurva S. Dalam analisis kinerja waktu keterlambatan atau tidaknya suatu proyek dapat diketahui dengan menganalisis nilai deviasinya. Nilai deviasi dapat dicari dengan menentukan nilai rata-rata dari data yang digunakan. Setelah itu, perlu dilakukan pencarian pada nilai varian dengan cara mengurangi nilai rata-rata dari nilai data yang digunakan. Pada nilai yang didapatkan dilakukan penguadratan untuk mendapatkan nilai deviasi. Analisis kinerja waktu bertujuan untuk mengukur hubungan antara persepsi konsumen dan prioritas untuk meningkatkan kualitas jasa/produk yang juga dikenal sebagai analisis kuadran. Dalam meningkatkan kualitas pelayanan untuk memberikan kepuasan kepada konsumen [9].

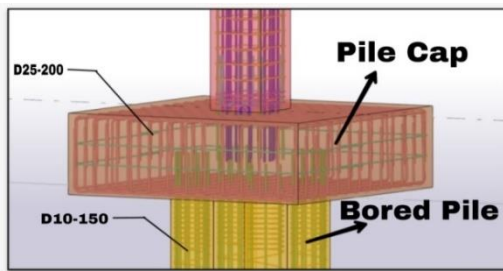
**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Pemodelan Detail Pondasi Bored Pile dan Pile Cap**

Pondasi yang digunakan pada pembangunan Struktur Rektorat Universitas Internasional Batam adalah pondasi *Bored Pile*. Pada umumnya sebelum berdirinya kolom, *bored pile* diikat pada *pile cap*. Mutu beton yang digunakan pada pondasi *bored pile* adalah  $f_c = 32\text{Mpa}$ . Tipe pondasi *bored pile* yang digunakan sebanyak 22 tipe antara lain ada tipe pondasi *bored pile* P1, P1A, P2, P2A, P3, P4, P5, P5A, P5B, P6, P2B, P6A, P7, P7A, P8, P8A, PL1 D1000, PL1 D600, PL2 D1000, PL2 D600, PL3 dan PL4. Sementara tipe *pile cap* yang digunakan sebanyak 15 tipe antara lain ada tipe *pile cap* P1, P2, P2A, P3, P4, P5, P5A, P6, P7, P8, PL1, PL2, PL3, PL4 dan PL5B.

*Software* yang digunakan pada pemodelan detail pondasi *bored pile* adalah *Tekla Structure* 2022. Pemodelan pondasi *bored pile* dimulai dengan *concrete column* yang diikat ke *pile cap* dengan diameter 1000 mm, 800 mm dan 600 mm dan kedalaman 74 m dengan *profile circular sections*. Selanjutnya dilakukan *copy special – mirror* sesuai jenis pondasi di *shop drawing*. Pemodelan detail *pile cap* dimulai dengan *concrete footing pad* dan diletakan sesuai *grid* yang dibuat sebelumnya dengan tebal *pile cap* 1500 mm, 1200 mm, 1000 mm dan 600 mm.

Selanjutnya dilakukan pemodelan detail pada pondasi *bored pile* dan *pile cap*. Pemodelan detail pondasi *bored pile* dimulai dengan *panel applications and components* dengan menggunakan *round column reinforcement* (82). Sementara untuk pemodelan detail *pile cap* menggunakan *crossing rebars* sebagai penulangan dan menggunakan *rebar set splitter* untuk *overlapping*. Pemodelan detail pondasi *bored pile* dan *pile cap* dapat dilihat pada Gambar 2.

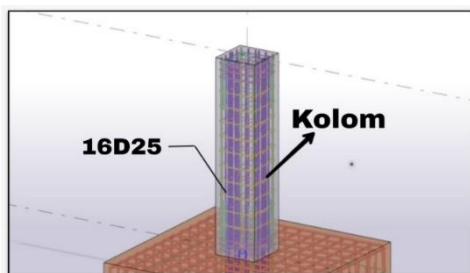


Gambar 2. Detail 3D Pondasi Bored Pile P1 dan Pile Cap P1

### 3.2 Pemodelan Detail Kolom

Selanjutnya adalah pemodelan detail kolom. Pemodelan kolom menggunakan mutu beton K-350 dari lantai 1 sampai dengan lantai rooftop dan mutu besi yang digunakan adalah  $F_y = 400\text{Mpa}$  untuk  $D \geq 10$  dan  $F_y = 240\text{Mpa}$  untuk  $D \leq 8$ . Tipe kolom yang digunakan sebanyak 15 tipe antara lain ada tipe kolom C1, C2, C3, C4, C7, C8, C9, C10, C11, CR1, CR2, CR3, CR4, CR7 dan CR8.

Pemodelan detail kolom menggunakan software Tekla Structure 2022. Pemodelan detail kolom dimulai dengan menggunakan concrete column dan menggunakan profile plate profiles. Selanjutnya diatur ukuran sesuai dengan shop drawing pada pembangunan struktur Rektorat Universitas Internasional Batam yaitu ukuran untuk kolom C antara lain adalah 1000 mm, 850 mm, 750 mm, 600 mm dan 400 mm selanjutnya kolom CR adalah 1000 mm x 1000 mm, 850 mm x 850 mm, 750 mm x 750 mm, 600 mm x 600 mm dan 300 mm x 600 mm. Pemodelan tulangan kolom menggunakan panel applications and components dengan menggunakan rectangular column reinforcement (83) dan diatur main bars, bar ends, side bars dan stirrups sesuai jenis kolom. Pemodelan detail kolom dapat dilihat pada Gambar 3.

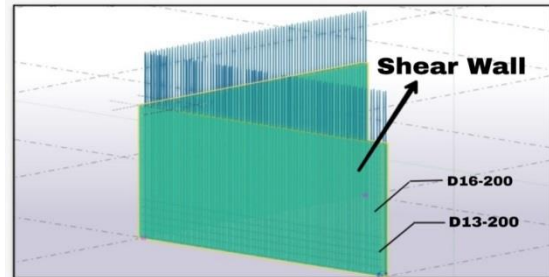


Gambar 3. Detail 3D Kolom CR1 Pada Rektorat Universitas Internasional Batam

### 3.3 Pemodelan Detail Shear Wall

Pada pemodelan detail shear wall teknik yang digunakan pada pembangunan shear wall adalah cast in situ yaitu salah satu teknik yang dilakukan di tempat atau di lapangan secara langsung. Pada pemodelan shear wall yang digunakan masing-masing lantai berbeda pada tulangan vertikal dan tulangan horizontal tetapi ketebalan yang digunakan sama besar. Pada lantai 1 sampai lantai 5 shear wall menggunakan tulangan vertikal D16-200 dan tulangan horizontal D13-200. Shear wall yang digunakan lantai 6 sampai lantai 12 dengan tulangan vertikal D12-200 dan tulangan horizontal D10-200. Pada shear wall lantai 1 sengkang geser shear wall minimal masuk 40db (Diameter tulangan shear wall terbesar) ke dalam pile cap.

Pada pemodelan detail shear wall di Tekla Structure 2022 menggunakan concrete column dan concrete panel. Selanjutnya menggunakan rebar sebagai penulangan dan melakukan copy special – mirror dan copy special – linear dan diatur sesuai dengan jenis shear wall pada shop drawing. Pemodelan 3D detail shear wall dapat dilihat pada Gambar 4.

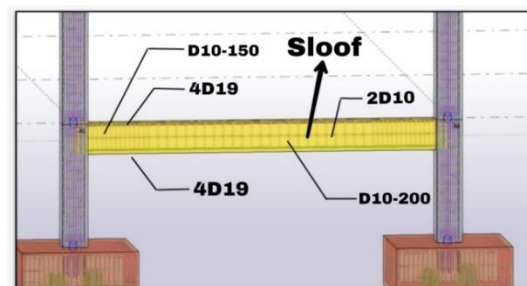


Gambar 4. Detail 3D Shear Wall Pada Rektorat Universitas Internasional Batam

### 3.4 Pemodelan Detail Sloof

Selanjutnya pemodelan detail sloof. Terdapat 6 tipe sloof yang digunakan dan memiliki dimensi yang berbeda pada setiap tipe antara lain ada sloof tipe S1 300 mm x 500 mm, S2 200 mm x 450 mm, S2A 250 mm x 400 mm, S3 200 mm x 300 mm, S4 300 mm x 300 mm dan S5 300 mm x 600 mm. Pada pemodelan sloof tulangannya dibagi 2 yaitu tumpuan dan lapangan. Sedangkan posisinya dibagi 4 yaitu tulangan atas, tulangan tengah, tulangan bawah, dan tulangan sengkang.

Pemodelan detail sloof menggunakan software Tekla Structure 2022. Pada pemodelan sloof menggunakan concrete beam dan panel applications and components dengan menggunakan rebar in beam (90). Selanjutnya diatur primary bottom bars, primary top bars, side left, side right, stirrups dan stirrup spacing sesuai dengan jenis sloof pada shop drawing. Pemodelan 3D sloof dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Detail 3D Sloof S1 Pada Rektorat Universitas Internasional Batam

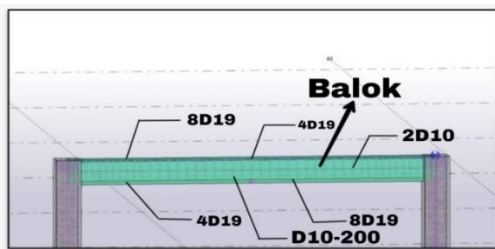
### 3.5 Pemodelan Detail Balok

Berikutnya adalah pemodelan detail balok. Mutu beton yang digunakan pada pemodelan balok lantai 2 - rooftop adalah mutu beton K-350 dan mutu besi yang digunakan adalah mutu besi  $F_y = 400\text{Mpa}$  untuk  $D \geq 10$  dan  $F_y = 240\text{Mpa}$  untuk  $D \leq 8$ . Pemodelan balok bangunan ini menggunakan 3 jenis balok yaitu balok induk, balok canopy, dan balok lisplank. Pada pemodelan balok induk terdapat 8 tipe balok yang digunakan dan dimensi balok setiap lantai berbeda antara lain ada tipe balok B1 300 mm x 650 mm, B2 250 mm x 550 mm, B2A 250 mm x 550 mm, B3 250 mm x 400 mm, B4 300 mm x 400 mm, B5 300 mm x 800 mm, B6 400 mm x 850



mm, B8 300 mm x 900 mm. Selanjutnya balok *canopy* terdiri dari 2 tipe yaitu tipe balok BC1 300 mm x 650 mm dan BC2 250 mm x 550 mm. Balok lisplank terdapat 3 tipe yaitu tipe balok LP1 150 mm x 650 mm, LP2 150 mm x 750 mm, dan LP3 150mm x 900 mm.

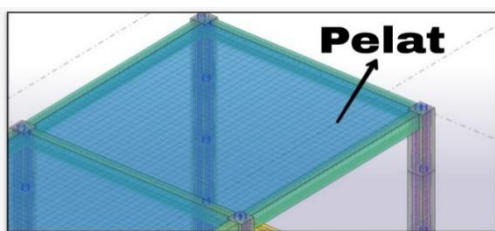
Pemodelan detail balok menggunakan *software Tekla Structure 2022*. Pada pemodelan balok dimulai dengan menggunakan *concrete beam* dengan *profile plate profiles*. Selanjutnya dihubungkan dari kolom ke kolom dan menggunakan *crossing rebars* sebagai tulangan. Pada tulangannya diatur jarak tumpuan dan jarak lapangan sesuai dengan karakteristik balok pada *shop drawing*. Seterusnya menggunakan *Rebar splitter* untuk *overlapping*. Pemodelan detail 3D balok dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Detail 3D Balok B1 Pada Rektorat Universitas Internasional Batam

### 3.6 Pemodelan Detail Pelat

Pemodelan detail pelat atau biasanya disebut dengan *slab* merupakan bagian pada pembangun yang berfungsi untuk menyangga beban. Tipe yang digunakan pada pemodelan pelat ada 2 yaitu tipe pelat S1 dan S2 dengan 120 dan 150. Pemodelan detail pelat dengan *software Tekla Structure 2022* menggunakan *concrete slab* dan diatur ketebalannya. Selanjutnya menggunakan *panel applications and components* dengan menggunakan *multi wire size mesh* dan diatur *mesh parameters, longitudinal wires, crossing wires, dan attributes* yang sesuai dengan jenisnya di *shop drawing*. Pemodelan 3D pada pelat dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Detail 3D Pelat Pada Rektorat Universitas Internasional Batam

### 3.7 Pemodelan Detail Tangga

Tangga merupakan satu hal penting dalam konstruksi. Tangga adalah fasilitas untuk gerakan vertikal yang dirancang dengan mempertimbangkan ukuran dan kemiringan anak tangga. Dalam pembuatan tangga pada bangunan, beberapa persyaratan yang harus diperhatikan adalah:

1. Tangga harus memiliki dimensi tapak dan kemiringan yang seragam.
2. Tangga harus memiliki kemiringan kurang dari 60°.
3. Tidak ada ramp berlubang yang dapat membahayakan pengguna tangga.

4. Tangga harus dilengkapi dengan pegangan tangan minimal pada salah satu sisi tangga.
5. Pegangan tangan harus ditambah panjang di ujungnya (atas dan bawah) sebesar 30 cm [10].

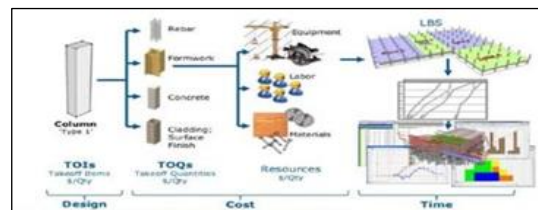
Pemodelan tangga pada pembangun ini memiliki 8 tipe yaitu tipe tangga #1, #2, #4, #5, #6, #7, #8, dan #9 dengan ketebalan 150, 180, dan 200. *Software* yang digunakan untuk pemodelan tangga adalah *software Tekla Structure 2022*. Pada pemodelan tangga dimulai dengan menggunakan *panel applications and components* dan menggunakan *reinforced concrete stair* (95). Selanjutnya diatur parameternya dan *coordinates x, y, dan z* sesuai dengan ukuran pada *shop drawing*. Pada pemodelan tangga diatur tulangannya juga dengan cara *explode component* dan mengatur *rebar group* sesuai dengan karakteristik tangga pada *shop drawing*. Pemodelan 3D tangga dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Detail 3D Tangga #1 Pada Rektorat Universitas Internasional Batam

### 3.8 Analisis Kinerja Waktu

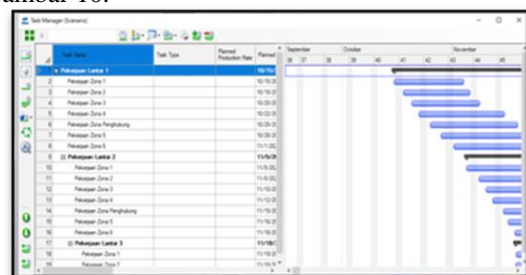
Pada penelitian ini analisis kinerja waktu dikelola menggunakan metode BIM dengan *software Tekla Structures 2022*. Dengan adanya metode ini dapat melakukan pengurangan, pengelolaan, dan mengatur ulang waktu rencana proyek yang lebih dinamis dan transparan yang dapat dicapai ketika alat dan metode baru tersebut diterapkan. Pada metode ini proses penjadwalan proyek dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Proses Penjadwalan Proyek *Tekla Structures 2022*

Sumber: [11]

Dalam proyek Rektorat Universitas Internasional Batam terdapat sub tugas yang berbeda yang ditunjukkan pada Gambar 10.

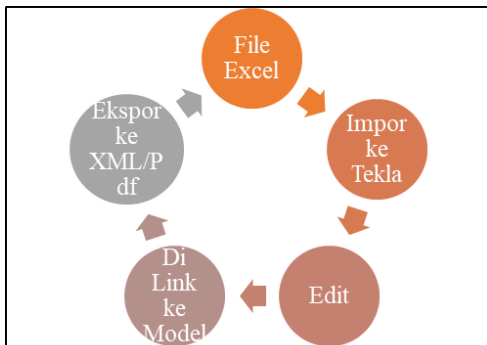


Gambar 10. Subtugas Pada Task Manager *Tekla Structures 2022*



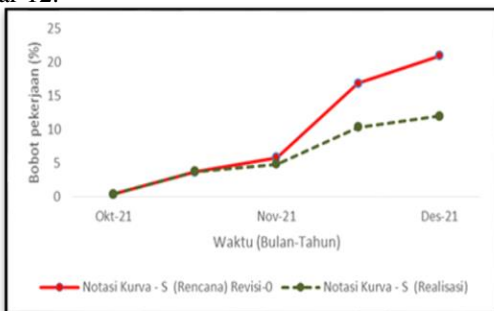
Pada Gambar 10 Merupakan penerapan BIM dengan software Tekla Structures 2022 dengan menggunakan Task Manager untuk menghubungkan subtugas agar dapat mempermudah pembuatan rencana suatu proyek.

Dalam pembuatan rencana proyek menggunakan Task Manager pada Tekla Structures 2022 membutuhkan banyak data untuk melakukan pengolahan. Salah satu contohnya dapat dilihat pada Gambar 11 yaitu alir kerja (Workflow) yang menunjukkan dengan membuat rencana proyek di Microsoft Excel dan Microsoft Projects, selanjutnya mengimpor filenya dan menghubungkan tugas dengan model ke Task Manager.



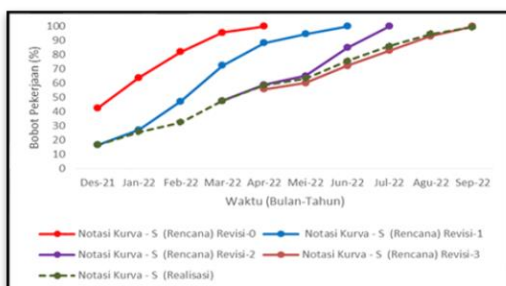
Gambar 11. Alir Kerja Pada Tekla Structures 2022

Pada pemodelan pada BIM diperlukan data-data yang mendukung berupa data kurva S yang dilengkapi dengan data bobot rencana dan data bobot aktual realisasi. Kurva S pada pembangunan ini telah dilakukan 3 kali revisi. Kurva S sebelum revisi atau revisi-0 dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Kurva S Sebelum Revisi Pada Rektorat Universitas Internasional Batam

Pada Gambar 12 kurva yang berwarna merah merupakan kurva S rencana revisi-0 dan kurva berwarna hijau tua merupakan kurva S realisasi. Dapat dilihat bahwa pada bulan Oktober 2021 kurva s realisasi sesuai dengan kurva S rencana, tetapi pada bulan November 2021 kurva realisasi berada di bawah kurva rencana yang menandakan terjadinya keterlambatan sehingga dilakukan revisi. Kurva S sesudah revisi dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Kurva S Sesudah Revisi Pada Rektorat Universitas Internasional Batam

Gambar 13 menjelaskan bahwa kurva S rencana dilakukan 3 kali revisi. Kurva berwarna biru merupakan kurva S revisi-1, kurva berwarna ungu merupakan kurva S revisi-2, dan kurva berwarna oren merupakan kurva S revisi-3. Pada kurva S revisi-1 kurva realisasi berada sesuai dengan kurva rencana pada bulan Desember 2021, tetapi pada bulan Januari 2022 kurva realisasi berada dibawah kurva rencana sehingga dilakukan revisi ke 2. Pada kurva S revisi-2 progres pembangunan terjadi keterlambatan sehingga kurva realisasi di bulan Februari 2022 terjadi selisih dengan kurva rencana. Selanjutnya, pada revisi ke 3 dari bulan Maret 2022 hingga September 2022 kurva realisasi sesuai dengan kurva rencana.

Nilai deviasi digunakan untuk menyajikan karakteristik data sampel dan untuk menjelaskan hasil analisis statistik [12]. Keterlambatan suatu proyek dapat diketahui dengan menganalisis nilai deviasinya, jika nilai deviasi bernilai positif menandakan proses pembangunan lebih cepat dari pada yang direncanakan, sebaliknya apabila nilai deviasi bernilai negatif menandakan bahwa proses pembangunan terjadi keterlambatan dari yang direncanakan. Pada pembangunan struktur Rektorat Universitas Internasional Batam menggunakan kurva S untuk mengetahui bobot rencana dan bobot aktual realisasi. Nilai deviasi pada pembangunan ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Bobot dan Nilai Deviasi Pada Rektorat Universitas Internasional Batam

Tanggal	Bobot Rencana	K. Bobot Rencana	Bobot Realisasi	K. Bobot Realisasi	Deviasi
Okt-21	3,730	3,730	3,750	3,750	0,020
Nov-21	17,267	16,918	6,590	10,340	-6,578
Des-21	4,530	16,532	6,220	16,560	0,028
Jan-22	10,630	27,163	9,250	25,810	-1,353
Feb-22	20,140	47,302	6,640	32,450	-14,852
Mar-22	15,174	47,627	15,190	47,640	0,013
Apr-22	9,650	55,712	10,910	58,550	2,838
Mei-22	4,584	60,296	4,830	63,380	3,084
Jun-22	12,067	72,363	12,250	75,630	3,267
Jul-22	10,673	83,036	10,470	86,100	3,064
Agu-22	10,174	93,210	8,470	94,570	1,360
Sep-22	6,790	100,000	4,900	99,470	-0,530

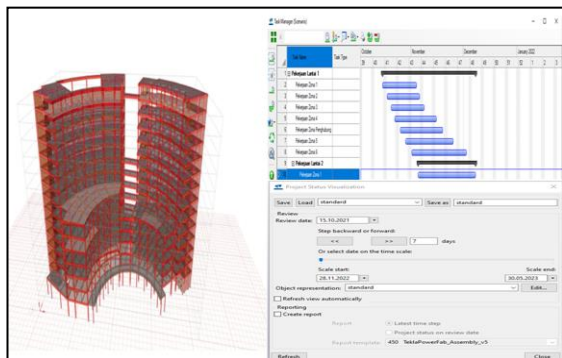
Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa pembangunan Rektorat Universitas Internasional Batam mengalami 3 kali keterlambatan dan dilakukan sebanyak 3 kali revisi agar proyek dapat berjalan sesuai yang direncanakan. Keterlambatan pertama terjadi pada bulan November 2021 dengan nilai deviasi -6,578%, keterlambatan kedua terjadi pada bulan Januari 2022 dengan nilai deviasi -1,353% dan keterlambatan ketiga terjadi pada bulan Februari 2022 dengan nilai deviasi sebesar -14,852% merupakan keterlambatan terbesar.

Berdasarkan hasil wawancara dan survei lapangan diketahui bahwa penyebab keterlambatan dikarenakan dengan kekurangan tenaga kerja dan keadaan cuaca yang tidak dipastikan sehingga pengecoran tidak bisa dilakukan. Solusi untuk mengatasi keterlambatan pada pembangunan ini dapat dilihat pada tabel 1 Bahwa terjadi

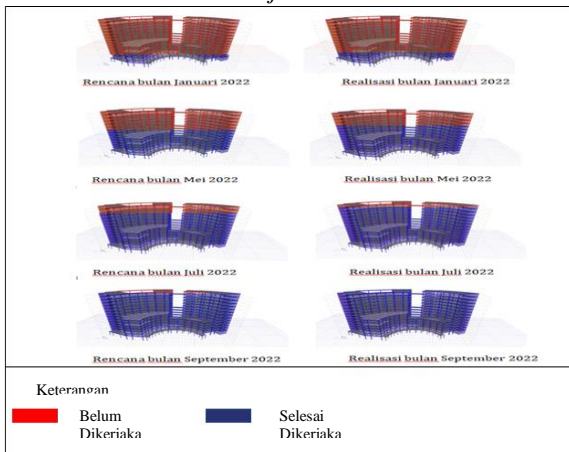
percepatan pembangunan. Percepatan terjadi pada bulan April 2022 hingga juli 2022 dengan nilai deviasi rata-rata di 3%. Percepatan pembangunan terjadi dikarenakan adanya penambahan tenaga kerja pada pihak kontraktor agar pembangunan dapat diselesaikan hingga nilai deviasi bernilai 0%.

**3.9 Pemodelan Kinerja Waktu**

Pada pemodelan kinerja waktu ini menggunakan *software Tekla Structure 2022*. Hal pertama yang perlu dilakukan adalah melakukan pemodelan menggunakan *task* untuk mengatur jadwal pekerjaan pada setiap lantai dengan memasukkan *task name* dan melakukan pemilihan pada bagian struktur yang dikerjakan pada tanggal tertentu. Selanjutnya menggunakan *project status* langkah ini berguna untuk menghubungkan hasil visualisasi model dengan jadwal perencanaan kegiatan proyek. Pada langkah ini dilakukan pemilihan tanggal yang akan dilihat hasil visualisasi dalam bentuk 3D. Dapat dilihat pada Gambar 14 dan Gambar 15 yang merupakan hasil visualisasi proyek pembangunan Rektorat Universitas Internasional Batam.



Gambar 14. Pemodelan Menggunakan *Task* dan *Project Status*



Gambar 15. Hasil Visualisasi Proyek Pembangunan Rektorat Universitas Internasional Batam

**4. KESIMPULAN**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di Rektorat Universitas Internasional Batam dapat disimpulkan bahwa:

1. Pemodelan detail 3D dengan BIM menggunakan *software Tekla Structure 2022* yang dapat dilaksanakan dan mendapatkan hasil yang sesuai. Kelebihan pada *software Tekla Structure 2022* dapat menggunakan *panel applications and*

*components* untuk membuat tulangan dengan cepat dan akurat.

2. Analisis kinerja waktu pada penelitian ini berdasarkan kurva S telah dilakukan 3 kali revisi yang dikarenakan terjadinya keterlambatan. Keterlambatan terjadi sebanyak 3 kali pada bulan November 2021, Januari 2022, dan Februari 2022 dengan nilai deviasi keterlambatan tertinggi sebesar -14,852%.
3. Berdasarkan hasil wawancara dan survei lapangan penyebab keterlambatan dikarenakan dengan kekurangan tenaga kerja dan keadaan cuaca yang tidak dipastikan. Solusi untuk mengatasi keterlambatan adalah dilakukan percepatan dengan penambahan tenaga kerja pada pihak kontraktor.

**5. Daftar Pustaka**

- [1] N. E. Kordi, N. I. Zainuddin, N. F. Taruddin, T. N. A. Tengku Aziz, and A. Abdul Malik, "A study on integration of building information modelling (BIM) in civil engineering curricular," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 849, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/849/1/012018.
- [2] A. Z. Sampaio, "Introducing BIM in Curricular Programs of Civil Engineering," *Int. J. High. Educ.*, vol. 11, no. 1, p. 31, 2021, doi: 10.5430/ijhe.v11n1p31.
- [3] A. Oli, "Structural BIM Modelling Using Tekla Structures Focus on a Modelling Process of an Office building Degree Bachelor of Engineering Degree Programme Civil Engineering Specialisation option Sustainable Building Engineering Instructors Sunil Suwal, S," no. April, 2017.
- [4] R. Charef, H. Alaka, and S. Emmitt, "Beyond the third dimension of BIM: A systematic review of literature and assessment of professional views," *J. Build. Eng.*, vol. 19, pp. 242–257, 2018, doi: 10.1016/j.jobe.2018.04.028.
- [5] H. S. Ibrahim, N. Hashim, and K. A. Ahmad Jamal, "The Potential Benefits of Building Information Modelling (BIM) in Construction Industry," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 385, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/385/1/012047.
- [6] K. Kelly and B. Bowe, "Qualitative Research Methods in Engineering," no. January 2021, pp. 22.1207.1-22.1207.10, 2020, doi: 10.18260/1-2--18752.
- [7] O. D. Apuke, "Quantitative Research Methods : A Synopsis Approach," *Kuwait Chapter Arab. J. Bus. Manag. Rev.*, vol. 6, no. 11, pp. 40–47, 2017, doi: 10.12816/0040336.
- [8] D. Luo *et al.*, "Optimalisasi Rencana Anggaran Biaya pada Perumahan Central Raya," vol. 5, 2022, doi: 10.1109/ICCED46541.2019.91611.
- [9] N. A. Lingga and P. Sembiring, "Implementation of Importance Performance Analysis to Analyze Customer Satisfaction in PT. Bank Tabungan Negara KCP Simalingkar Medan," *J. Math. Technol. Educ.*, vol. 1, no. 1, pp. 63–76, 2021,

- doi: 10.32734/jomte.v1i1.7334.
- [10] T. Kurniawan, “Stairs Designed for People with Special Needs,” *Indones. J. Community Spec. Needs Educ.*, vol. 2, no. 1, pp. 59–64, 2021, doi: 10.17509/ijcsne.v2i1.43610.
- [11] P. P. BIM & DIGITAL CONSTRUCTION, Hadjar Seti Adji, “PT PP & DIGITAL CONSTRUCTION President Director of PT PP ( Persero ) Tbk PT PP ( Persero ) Tbk – 7 BUSINESS LINES.”
- [12] D. K. Lee, J. In, and S. Lee, “Standard deviation and standard error of the mean,” *Korean J. Anesthesiol.*, vol. 68, no. 3, pp. 220–223, 2015, doi: 10.4097/kjae.2015.68.3.220.

Halaman ini sengaja dikosongkan

# PRODUKTIVITAS PEMANCANGAN MENGGUNAKAN ALAT *HYDRAULIC STATIC PILE DRIVER* PADA BANGUNAN BERTINGKAT DI MADURA

Titin Listiani<sup>1</sup>, Fabilla Razya Meiliana<sup>2</sup> dan Zetta Rasullia Kamandang<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Sipil, Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Surabaya

<sup>2</sup>Teknik Sipil, Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Surabaya

<sup>3</sup>Teknik Sipil, Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Surabaya

E-mail: [19035010031@student.upnjatim.ac.id](mailto:19035010031@student.upnjatim.ac.id), [19035010006@student.upnjatim.ac.id](mailto:19035010006@student.upnjatim.ac.id), [zerasullia.ts@upnjatim.ac.id](mailto:zerasullia.ts@upnjatim.ac.id).

**ABSTRAK:** Pembangunan bangunan bertingkat memiliki kompleksitas struktur yang harus diperhatikan dalam proses pengerjaannya. Struktur yang menjadi perhatian lebih adalah pemancangan pondasi yang memerlukan alat berat sebagai elemen penting. Alat berat untuk pemancangan yang digunakan pada proyek bangunan bertingkat di madura adalah *Hydraulic Static Pile Driver*. Untuk mengetahui kemampuan alat HSPD dalam melakukan pemancangan dilakukan perhitungan produktivitas yang terbagi menjadi produktivitas tiap segmen dan tiap titik. Pekerjaan tiap segmen terbagi menjadi *lifting*, *clamping*, *inject*, *welding*, *cutting*, *crushing*, dan *royong pile*. Hasil analisis pada penelitian ini diketahui bahwa produksi alat HSPD terendah adalah 0,48 m/menit atau setara 28,616 m/jam. Sementara produksi tertinggi adalah 1,11 m/menit atau setara 66,401 m/jam.

**Kata Kunci:** Bangunan bertingkat, Alat berat, Pemancangan, *Hydraulic Static Pile Driver*, Produktivitas

## 1. PENDAHULUAN

Pemerataan pembangunan yang terus dikembangkan menjadikan lokasi bangunan bertingkat tidak dikhususkan pada daerah kota besar saja namun juga di berbagai daerah termasuk kabupaten di Pulau Madura. Bangunan bertingkat memiliki ketinggian yang bervariasi bergantung pada jumlah lantai yang direncanakan. Semakin tinggi bangunan yang direncanakan berpengaruh terhadap kompleksitas strukturnya. Hal tersebut menjadi poin penting yang di pertimbangkan dalam pelaksanaan konstruksi bangunan bertingkat. Salah satu struktur yang perlu diperhatikan adalah struktur bawah yang berperan sebagai penopang dan perantara dalam meneruskan segala beban yang diterima dari struktur atas bangunan ke lapisan tanah pendukung. Struktur bawah terdiri dari pondasi dan *pile cap* yang direncanakan berdasarkan data kedalaman tanah keras.

Pada pekerjaan pondasi diperlukan berbagai elemen yang mendukung termasuk alat berat. Salah satu penggunaan alat berat pada pelaksanaan bangunan bertingkat di Madura terdapat pada pekerjaan pemancangan. Pekerjaan pemancangan merupakan pekerjaan struktur bawah yang mengawali pekerjaan lain. Ketepatan dalam pengendalian pekerjaan pemancangan diharuskan supaya pekerjaan lainnya segera terlaksana. Dalam memilih alat berat yang sesuai kebutuhan, diperlukan kecermatan agar manajemen pelaksanaan proyek tercapai dengan tepat waktu, biaya sesuai, dan mutu terjamin.

Alat berat yang digunakan dalam pekerjaan pemancangan adalah HSPD. Alat HSPD memiliki sistem kerja dengan cara menekan tiang pancang menggunakan pompa hidrolik. Selain itu, alat HSPD dilengkapi oleh mesin crane yang berfungsi pada pengangkatan tiang pancang. Alat HSPD memiliki beberapa kelebihan yaitu tidak bising, tidak menimbulkan getaran, dan pengerjaannya lebih cepat dibandingkan drop hammer. Selain itu, alat HSPD juga memiliki kelemahan yaitu rawan terjadi patah pada kaki alat, sulit untuk bergerak/melakukan perpindahan, kondisi medan harus rata, kurang mendukung pada tanah yang lembek dan sistem kerjanya sangat bergantung pada cuaca.

Analisis produktivitas alat berat menjadi sangat penting dalam pelaksanaan proyek, hal tersebut sesuai dengan produktivitas sebagai perbandingan output yang merupakan hasil produksi dan input yang mencakup komponen produksi seperti tenaga kerja, material, peralatan, dan waktu [1]. Produktivitas diperlukan tidak hanya bertujuan sebagai perencanaan proyek tetapi sebagai tolak ukur yang harus dicapai selama pelaksanaan konstruksi sehingga tim pelaksana dapat memperbaiki perencanaan apabila produktivitas pelaksanaan tidak sesuai rencana yang mempengaruhi durasi dan hal-hal lainnya [2].

Beberapa faktor dalam pelaksanaan bangunan bertingkat tersebut perlu diperhatikan sehingga analisis produktivitas menjadi suatu hal yang dirasa penting untuk mengetahui produktivitas atau kemampuan alat yang digunakan. Produktivitas alat yang diperoleh dapat menjadi informasi dalam penentuan kendala pada schedule yang direncanakan dan sebagai sumber pertimbangan dalam pengambilan keputusan ketika terjadi perubahan di lapangan.

## 2. METODE PENELITIAN

### Metode Analisis

Pengumpulan data merupakan kegiatan utama dalam penelitian ini. Data yang didapatkan berasal dari observasi langsung di lapangan ketika pekerjaan pemancangan menggunakan alat *Hydraulic Static Pile Driver*. Data yang terkumpul juga bersumber dari wawancara langsung kepada pihak pelaksana yang bertanggung jawab.

Metode yang digunakan dalam pengolahan data adalah analisis perhitungan produktivitas dan analisis perhitungan rata-rata. Produktivitas didapatkan dari membandingkan durasi pemancangan dengan total panjang tiang pancang yang tertanam. Perhitungan rata-rata dihitung guna mendapatkan rata-rata kemampuan alat HSPD dalam melakukan pemancangan.

### Bahan





Gambar 1. Tiang pancang

Pekerjaan pemancangan yang dilaksanakan menggunakan tiang pancang silinder yang berdiameter 40 cm dengan mutu K-500 (Gambar 1) untuk pondasi Area Bar pada Proyek Pembangunan Bangunan Bertingkat. Tiang pancang yang digunakan dalam penelitian ini memiliki perincian Tabel 1 dan alat yang digunakan pada Gambar 2..

Tabel 1. Perincian Tiang Pancang

Produksi	Adhimix	Wika Beton
Bottom	10 m	10,7 m
Middle	11 m	11,7 m
Upper	11 m	11,7 m



Gambar 2. Hydraulic Static Pile Driver

Pemancangan menggunakan Hydraulic Static Pile Driver memiliki spesifikasi berikut :  
T.WORKS ZYC Series Hydraulic and Static Pile-driving Machine

- Model : ZYC240B-B1
- No : 201311180512
- Rated Power (kW) : 82 kW
- Rated Flow (L/min) : 321
- Maximum Travel For One Press-in (m) : 2 m
- Up and Down Travel (m) : 1 m
- Maximum Rotary Angle (°) : 15°
- Vertical Travel (m) : 3,3 m
- Horizontal Travel (m) : 0,6 m
- Side Pile Distance (m) : 0,95 m
- Rated Press in Force (kN) : 2400 kN
- Corner Pile Distance (m) : 1,9 m
- Dimensions Long : 10.3 m
- Wide : 5,9 m
- High : 20 m
- Total Weight (t) : 240 t
- Manufacture : 201311
- Maker Rainwei Engineering Machinery Company LTD, Changsha, China

### 3. HASIL PENELITIAN

#### Metode kerja alat hydraulic static pile driver

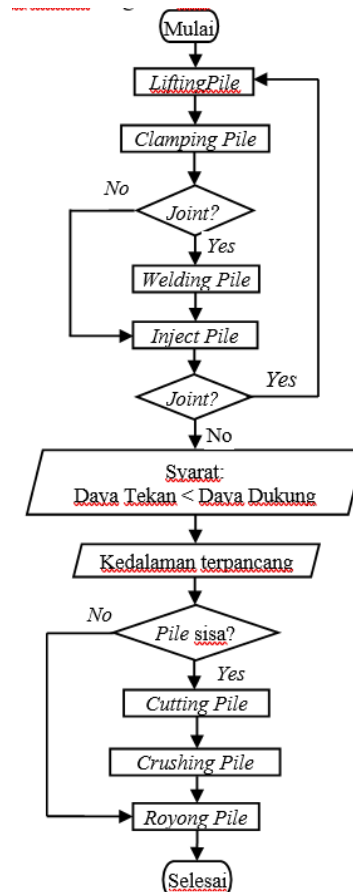
Hydraulic Static Pile Driver memiliki fungsi utama untuk melakukan pemancangan. Dalam proses pemancangan terbagi menjadi beberapa siklus pekerjaan sehingga menjadi sebuah metode pelaksanaan pemancangan.

Siklus pemancangan tersebut terdiri dari:

1. *Liftingpile* (pengangkatan dan pemindahan pancang)
2. *Clampingpile* (menjepit pancang dalam *clamping box*)

3. *Injectpile* (menekan pancang masuk ke dalam tanah)
4. *Weldingpile* (pengelasan pancang antar segmen)
5. *Cuttingpile* (pemotongan sisa pancang)
6. *Crushing pile* (penghancuran sisa pancang)
7. *Royong pile* (menekan pancang hingga menyentuh tanah keras)

Untuk memudahkan pemahaman mengenai tahapan pemancangan menggunakan alat *Hydraulic Static Pile Driver* maka dibuat diagram alir pada Gambar 3. .



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

#### *Liftingpile* (pengangkatan dan pemindahan pancang)

*Liftingpile* (Gambar 4) menjadi siklus pertama dalam pemancangan yang memiliki fungsi untuk melakukan pengangkatan dan pemindahan pancang kedalam *clamping box* sesuai dengan titik yang sudah ditentukan oleh surveyor. Pemindahan pancang dilakukan dengan mengikat ujung tiang pancang menggunakan tali dan dikaitkan pada *crane* yang merupakan bagian dari alat HSPD.



Gambar 4. *Liftingpile*

#### *Clampingpile* (menjepit pancang dalam *clamping box*)

*Clampingpile* (Gambar 5) merupakan proses menjepit pancang oleh *clamping box* sebelum pancang mengalami

proses *inject*. *Clamping box* menjadi tempat berdirinya *pile cap* selama proses pemancangan berlangsung.



Gambar 5. *Clampingpile*

***Injectpile* (menekan pancang masuk ke dalam tanah)**

*Injectpile* (Gambar 6) merupakan proses menekan pancang hingga masuk ke dalam tanah. Terdapat berbagai faktor yang mempengaruhi kecepatan dan tekanan untuk menekan pancang, seperti jenis tanah, kapasitas mesin yang digunakan, operator, dan sebagainya. Proses *injectpile* selesai ketika pancang telah menemui tanah keras.



Gambar 6. *InjectPile*

***Weldingpile* (pengelasan pancang antar segmen)**

*Weldingpile* (Gambar 7) merupakan proses pengelasan 1 hingga 2 lapis yang berfungsi untuk menyambung tiang pancang dimana tanah kerasnya terletak jauh sehingga memerlukan lebih dari satu segmen pancang.



Gambar 7. *Weldingpile*

***Cuttingpile* (pemotongan sisa pancang)**

Apabila pancang sudah menyentuh tanah keras dan masih memiliki sisa maka dilakukan *cuttingpile* pada Gambar 8 atau pemotongan sisa pancang menggunakan alat HSPD.



Gambar 8. *Cuttingpile*

***Crushing pile* (penghancuran sisa pancang)**

Pancang yang telah terpotong melalui proses *cuttingpile* memiliki panjang sisa yang bervariasi. Sebagian sisa pancang akan dihancurkan menggunakan *clamping box* dan kemudian diangkat menggunakan *crane*.

***Royong pile* (menekan pancang hingga menyentuh tanah keras)**

*Royong* (Gambar 9) merupakan alat bantu yang berbentuk seperti silinder besi dan berfungsi untuk pemberat dan mendorong pancang agar lebih masuk lagi ke dalam tanah keras.



Gambar 3. *Royong pile*

**Analisis data lapangan**

Terdapat beberapa faktor dalam menganalisis produktivitas pekerjaan pemancangan yang dilaksanakan pada proyek tersebut, yaitu:

1. Spesifikasi alat yang digunakan, alat merupakan komponen utama dalam melaksanakan pekerjaan pemancangan.
2. Tiang pancang yang digunakan, tiang pancang merupakan objek pada pekerjaan tersebut yang berarti pentingnya ketersediaan tiang pancang yang cukup umur agar dapat melakukan pekerjaan pemancangan.
3. Jenis tanah, jenis tanah mempengaruhi pada tingkat kesulitan pekerjaan pemancangan.
4. Rencana kedalaman tanah, kedalaman tanah yang direncanakan tentunya sesuai dengan kedalaman tanah keras yang diperoleh dan menjadi sasaran dalam pekerjaan pemancangan.
5. Tenaga kerja, tenaga kerja merupakan otak pada bagian pekerjaan yang dilakukan oleh alat ataupun yang dibutuhkan oleh alat.

Data yang didapat berupa pemancangan pada 5 titik yaitu PC4-A, PC4-B, PC4-C, PC4-D, dan PC4-E. Data lapangan yang didapatkan tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2. Durasi Pemancangan Tiap Titik

		<i>LiftingPile</i>	<i>ClampingPile</i>	<i>WeldingPile</i>	<i>InjectPile</i>	<i>CuttingPile</i>	<i>Crushing Pile</i>	<i>Royong Pile</i>							
PC4-A	<i>Bottom (B)</i>	01:29	89	00:22	22		04:01	241							
	<i>Middle (M)</i>	01:52	112	00:22	22	00:52	52	10:21	621						
	<i>Upper (U)</i>	05:43	343	00:35	35	03:46	226	06:47	407	00:03	3	02:32	152	01:15	75
PC4-B	<i>Bottom (B)</i>	01:24	84	00:43	43		12:30	750							
	<i>Middle (M)</i>	01:50	110	00:51	51	00:51	51	07:25	445	00:00	0	00:00	0	22:25	1345
	<i>Upper (U)</i>														
PC4-C	<i>Bottom (B)</i>	02:58	178	00:33	33		08:03	483							
	<i>Middle (M)</i>	01:31	91	00:17	17	01:12	72	12:04	724						
	<i>Upper (U)</i>	02:59	179	00:19	19	03:33	213	04:08	248	00:09	9	01:23	83	06:43	403
PC4-D	<i>Bottom (B)</i>	01:50	110	00:36	36		05:44	344							
	<i>Middle (M)</i>	01:56	116	00:10	10	00:16	16	10:00	600						

	Upper (U)	03:38	218	00:27	27	00:35	35	08:45	525	00:05	5	01:35	95	00:56	56
	Bottom (B)	01:35	95	00:08	8			08:12	492						
PC4-E	Middle (M)	02:45	165	00:10	10	02:05	125	08:44	524						
	Upper (U)	06:51	411	00:45	45	03:34	214	07:28	448	00:05	5	00:37	37	00:50	50

**Pekerjaan per segmen**

Pekerjaan segmen yang dianalisis adalah titik **PC4-A** dengan 3 segmen yaitu segmen *bottom*, segmen *middle* dan segmen *upper*.

**a. Bottom**

Perhitungan produktivitas pekerjaan *liftingpile* Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *liftingpile* memerlukan durasi 89 detik untuk segmen *bottom* dengan panjang 10 meter. Maka produktivitas pekerjaan *lifting* sebagai berikut :

Diketahui :  
Durasi : 89 detik  
Panjang Tiang : 10 m = 1000 cm  
Durasi pekerjaan =  $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$   
89 detik =  $\frac{1000 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$

Produktivitas pekerjaan =  $\frac{1000 \text{ cm}}{89 \text{ detik}}$   
Produktivitas = 11,24 cm/detik = 674,2 cm/menit

Perhitungan produktivitas pekerjaan *clampingpile* Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *clampingpile* memerlukan durasi 22 detik untuk tiang pancang dengan diameter 40 cm. Maka produktivitas pekerjaan *clampingpile* sebagai berikut :

Diketahui :  
Durasi : 22 detik  
Diameter Tiang : 40 cm  
Keliling Tiang :  $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 40^2 = 125,664 \text{ cm}$

Durasi pekerjaan =  $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$   
22 detik =  $\frac{125,664 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$

Produktivitas pekerjaan =  $\frac{125,664 \text{ cm}}{22 \text{ detik}}$   
Produktivitas = 5,71 cm/detik = 342,7 cm/menit

Perhitungan produktivitas pekerjaan *injectpile* Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *injectpile* untuk segmen *bottom* memerlukan durasi 241 detik dengan panjang 10 meter. Maka produktivitas pekerjaan *injectpile* sebagai berikut :

Diketahui :  
Durasi : 241 detik  
Panjang Tiang : 10 m = 1000 cm  
Durasi pekerjaan =  $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$   
241 detik =  $\frac{1000 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$

Produktivitas pekerjaan =  $\frac{1000 \text{ cm}}{241 \text{ detik}}$   
Produktivitas = 4,15 cm/detik = 249 cm/menit

**b. Middle**

Perhitungan produktivitas pekerjaan *liftingpile*

Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *liftingpile* memerlukan durasi 112 detik untuk segmen *middle* dengan panjang 11 meter. Maka produktivitas pekerjaan *lifting* sebagai berikut :

Diketahui :  
Durasi : 112 detik  
Panjang Tiang : 11 m = 1100 cm  
Durasi pekerjaan =  $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$   
112 detik =  $\frac{1100 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$

Produktivitas pekerjaan =  $\frac{1100 \text{ cm}}{112 \text{ detik}}$   
Produktivitas = 9,82 cm/detik = 589,3 cm/menit

Perhitungan produktivitas pekerjaan *clampingpile* Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *clampingpile* memerlukan durasi 22 detik untuk tiang pancang dengan diameter 40 cm. Maka produktivitas pekerjaan *clampingpile* sebagai berikut :

Diketahui :  
Durasi : 22 detik  
Diameter Tiang : 40 cm  
Keliling Tiang :  $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 40^2 = 125,664 \text{ cm}$

Durasi pekerjaan =  $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$   
22 detik =  $\frac{125,664 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$

Produktivitas pekerjaan =  $\frac{125,664 \text{ cm}}{22 \text{ detik}}$   
Produktivitas = 5,712 cm/detik = 342,7 cm/menit

Perhitungan produktivitas pekerjaan *weldingpile* Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *weldingpile* memerlukan durasi 52 detik untuk tiang pancang dengan diameter 40 cm dengan pengerjaan *weldingpile* 2 lapis. Maka produktivitas pekerjaan *weldingpile* sebagai berikut :

Diketahui :  
Durasi : 52 detik  
Diameter Tiang : 40 cm  
Keliling Tiang :  $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 40^2 = 125,664 \text{ cm}$

Durasi pekerjaan =  $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$   
52 detik =  $\frac{2 \times 125,664 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$

Produktivitas pekerjaan =  $\frac{2 \times 125,664 \text{ cm}}{52 \text{ detik}}$   
Produktivitas = 4,83 cm/detik = 290 cm/menit

Perhitungan produktivitas pekerjaan *injectpile* Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *injectpile* untuk segmen *middle* memerlukan durasi 621 detik dengan panjang 11 meter. Maka produktivitas pekerjaan *injectpile* sebagai berikut :

Diketahui :

Durasi : 621 detik  
Panjang Tiang : 11 m = 1100 cm  
Durasi pekerjaan =  $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$   
 $621 \text{ detik} = \frac{1100 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$   
Produktivitas pekerjaan =  $\frac{1100 \text{ cm}}{621 \text{ detik}}$   
Produktivitas = 1,77 cm/detik = 106,3 cm/menit.

**c. Upper**

- Perhitungan produktivitas pekerjaan *liftingpile*  
Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *liftingpile* memerlukan durasi 343 detik untuk segmen *upper* dengan panjang 11 meter. Maka produktivitas pekerjaan *lifting* sebagai berikut :  
Diketahui :  
Durasi : 343 detik  
Panjang Tiang : 11 m = 1100 cm  
Durasi pekerjaan =  $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$   
 $343 \text{ detik} = \frac{1100 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$   
Produktivitas pekerjaan =  $\frac{1100 \text{ cm}}{343 \text{ detik}}$   
Produktivitas = 2,04 cm/detik = 122,4 cm/menit
- Perhitungan produktivitas pekerjaan *clampingpile*  
Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *clampingpile* memerlukan durasi 35 detik untuk tiang pancang dengan diameter 40 cm. Maka produktivitas pekerjaan *clampingpile* sebagai berikut :  
Diketahui :  
Durasi : 35 detik  
Diameter Tiang : 40 cm  
Keliling Tiang :  $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 40^2 = 125,664 \text{ cm}$   
Durasi pekerjaan =  $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$   
 $35 \text{ detik} = \frac{125,664 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$   
Produktivitas pekerjaan =  $\frac{125,664 \text{ cm}}{35 \text{ detik}}$   
Produktivitas = 3,59 cm/detik = 215,4 cm/menit
- Perhitungan produktivitas pekerjaan *weldingpile*  
Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *weldingpile* memerlukan durasi 226 detik untuk tiang pancang dengan diameter 40 cm dengan pengerjaan *weldingpile* 2 lapis. Maka produktivitas pekerjaan *weldingpile* sebagai berikut :  
Diketahui :  
Durasi : 226 detik  
Diameter Tiang : 40 cm  
Keliling Tiang :  $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 40^2 = 125,664 \text{ cm}$   
Durasi pekerjaan =  $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$   
 $226 \text{ detik} = \frac{2 \times 125,664 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$

- Perhitungan produktivitas pekerjaan *injectpile*  
Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *injectpile* untuk segmen *upper* memerlukan durasi 407 detik dengan panjang tiang 11 meter dan tersisa 4 meter. Maka produktivitas pekerjaan *injectpile* sebagai berikut :  
Diketahui :  
Durasi : 407 detik  
Panjang Tiang tertanam : 11 m - 4 m = 7 m = 700 cm  
Durasi pekerjaan =  $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$   
 $407 \text{ detik} = \frac{700 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$   
Produktivitas pekerjaan =  $\frac{700 \text{ cm}}{407 \text{ detik}}$   
Produktivitas = 1,72 cm/detik = 103,2 cm/menit
- Perhitungan produktivitas pekerjaan *cuttingpile*  
Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *cutting* memerlukan durasi 3 detik untuk tiang pancang dengan diameter 40 cm. Maka produktivitas pekerjaan *cuttingpile* sebagai berikut :  
Diketahui :  
Durasi : 3 detik  
Diameter Tiang : 40 cm  
Keliling Tiang :  $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 40^2 = 125,664 \text{ cm}$   
Durasi pekerjaan =  $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$   
 $3 \text{ detik} = \frac{125,664 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$   
Produktivitas pekerjaan =  $\frac{125,664 \text{ cm}}{3 \text{ detik}}$   
Produktivitas = 41,89 cm/detik = 2513,3 cm/menit
- Perhitungan produktivitas pekerjaan *crushingpile*  
Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *crushing* memerlukan durasi 152 detik untuk tiang pancang dengan diameter 40 cm. Maka produktivitas pekerjaan penghancuran *pile* sebagai berikut :  
Diketahui :  
Durasi : 152 detik  
Diameter Tiang : 40 cm  
Keliling Tiang :  $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 40^2 = 125,664 \text{ cm}$   
Durasi pekerjaan =  $\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$   
 $152 \text{ detik} = \frac{125,664 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$   
Produktivitas pekerjaan =  $\frac{125,664 \text{ cm}}{152 \text{ detik}}$   
Produktivitas = 0,83 cm/detik = 49,6 cm/menit
- Perhitungan produktivitas pekerjaan *royongpile*  
Pada observasi yang dilakukan, pekerjaan *royong* pada segmen *upper* memerlukan durasi 75 detik dengan kedalaman 1 meter. Maka produktivitas pekerjaan *royong* sebagai berikut :  
Diketahui :

Durasi : 75 detik  
 Panjang Tiang tertanam : 1m = 100 cm  

$$\text{Durasi pekerjaan} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$$

$$75 \text{ detik} = \frac{100 \text{ cm}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$$

$$\text{Produktivitas pekerjaan} = \frac{100 \text{ cm}}{75 \text{ detik}}$$
 Produktivitas = 1,33 cm/detik = 80 cm/menit

Panjang *bottom* : 10 m  
 Panjang *upper* : 11 m  
 Panjang *middle* : 11 m  
 Sisa panjang *middle* : 4 m  
 Kedalaman tertanam : 10 + 11 + 11 - 4 = 28 m  

$$\text{Durasi pekerjaan} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$$

$$26,83 \text{ menit} = \frac{28 \text{ meter}}{\text{Produktivitas pekerjaan}}$$

$$\text{Produktivitas pekerjaan} = \frac{28 \text{ meter}}{26,83 \text{ menit}}$$

**Pekerjaan per titik**

Untuk pekerjaan pertitik diperlukan durasi total seluruh pekerjaan yang berlangsung dan kedalaman total yang tertanam. Durasi total dapat diperoleh dengan menjumlahkan durasi *liftingpile*, *clampingpile*, dan *injectpile* untuk segmen *bottom*. Sedangkan segmen *middle* hanya menjumlahkan durasi *injectpile*. Untuk segmen *upper* dengan menjumlahkan durasi *inject*, *cutting*, penghancuran, dan *royong*. Hal tersebut karena pekerjaan *lifting*, *clamping*, dan *welding* untuk segmen *middle* dan *upper* berlangsung ketika pekerjaan *injectpile* berlangsung.

Diketahui :

- Durasi *liftingpile* (*bottom*) : 89 detik
- Durasi *clampingpile* (*bottom*) : 22 detik
- Durasi *injectpile* (*bottom*) : 241 detik
- Durasi *injectpile* (*middle*) : 621 detik
- Durasi *injectpile* (*upper*) : 407 detik
- Durasi *cuttingpile* (*upper*) : 3 detik
- Durasi penghancuran (*upper*) : 152 detik
- Durasi *royong* (*upper*) : 75 detik
- Durasi total : 89 + 22 + 241 + 621 + 407 + 3 + 152 + 75 = 1610 dtk = 26,83 menit

Produktivitas = 1,04 m/menit = 62,609 m/jam.

Dari kelima titik yang diamati, diperoleh produktivitas rata-rata untuk pekerjaan pemancangan pertitik sebagai berikut :

Diketahui :

P1 = 1,04 m/menit = 62,609 m/jam  
 P2 = 0,48 m/menit = 28,616 m/jam  
 P3 = 0,81 m/menit = 48,311 m/jam  
 P4 = 1,05 m/menit = 63,219 m/jam  
 P5 = 1,11 m/menit = 66,401 m/jam  
 Jumlah Produktivitas  $\sum Xi = 269,156 \text{ m/jam}$   
 Banyak titik (n) = 5  

$$\text{Rata-rata } (\bar{x}) = \frac{\sum Xi}{n} = \frac{269,156}{5} = 53,831 \text{ m/jam}$$

**Rekapitulasi Produktivitas Pemancangan**

Rekapitulasi pekerjaan pemancangan didapatkan dari perhitungan sebelumnya. Rekapitulasi pekerjaan per segmen dihitung dan ditampilkan pada Tabel 3. Rekapitulasi pekerjaan per titik dihitung dan ditampilkan pada Tabel 4.

**Tabel 3.** Rekapitulasi Perhitungan Pekerjaan Pemancangan Per Segmen

No	Nama Titik	Segmen	Siklus Sub-Pekerjaan																	
			Panjang	SisaTiang Pancang	Panjang Tertanam	Keliling Pile	Lifting Pile		Clamping Pile		Welding Pile		Inject Pile		Cutting Pile		Crushing Pile		Royong Pile	
							t	p	t	p	t	p	t	p	t	p	t	p	t	p
			cm	cm	cm	cm	detik	m/menit	detik	m/menit	detik	m/menit	detik	m/menit	detik	m/menit	detik	m/menit	detik	m/menit
1	PC4-A	B	1000	0	1000	125.664	89	674.2	22	342.7			241	249.0						
		M	1100	0	1100	125.664	112	589.3	22	342.7	52	290.0	621	106.3						
		U	1100	400	700	125.664	343	122.4	35	215.4	226	66.7	407	103.2	3	2513.3	152	49.6	75	80.0
2	PC4-B	B	1000	0	1000	125.664	84	714.3	43	175.3			750	80.0						
		M	1170	50	1120	125.664	110	610.9	51	147.8	51	295.7	445	151.0	0	0	0	0	1345	4.461
		U																		
3	PC4-C	B	1000	0	1000	125.664	178	337.1	33	228.5			483	124.2						
		M	1100	0	1100	125.664	91	725.3	17	443.5	72	209.4	724	91.2						
		U	1100	300	800	125.664	179	268.2	19	396.8	213	70.8	248	193.5	9	837.8	83	90.8	403	14.9
4	PC4-D	B	1070	0	1070	125.664	110	583.6	36	209.4			344	186.6						
		M	1170	0	1170	125.664	116	605.2	10	754.0	16	942.5	600	117.0						
		U	1170	300	870	125.664	218	239.4	27	279.3	35	430.8	525	99.4	5	1508.0	95	79.4	56	107.1
5	PC4-E	B	1070	0	1070	125.664	95	675.8	8	942.5			492	130.5						
		M	1170	0	1170	125.664	165	425.5	10	754.0	125	120.6	524	134.0						
		U	1170	350	820	125.664	411	119.7	45	167.6	214	70.5	448	109.8	5	1508.0	37	203.8	50	120.0
Rata-rata produktivitas tiap siklus sub-pekerjaan							447.9	385.7	277.5	134.0	1273	85	65							

**Tabel 4.** Rekapitulasi Perhitungan Pekerjaan Pemancangan Per Titik

N o Titik	Nama Segmen	LiftingPile	ClampingPile	WeldingPile	InjectPile	CuttingPile	Crushin g Pile	Royon g Pile	Duras i Total	Duras i detik	Produktiv it as m/mn	Produktiv it as m/jam
-----------	-------------	-------------	--------------	-------------	------------	-------------	----------------	--------------	---------------	---------------	----------------------	-----------------------



1	PC4 -A	B	89	22	241					352			
		M	112	22	52	621					621		
		U	343	35	226	407	3	152	75	637	161 0	1.04	62.609
2	PC4 -B	B	84	43	750					877			
		M	110	51	51	445	0	0	1345	179 0			
		U	0	0	0	0	0	0	0	0	266 7	0.48	28.616
3	PC4 -C	B	178	33	483					694			
		M	91	17	72	724					724		
		U	179	19	213	248	9	83	403	743	216 1	0.81	48.311
4	PC4 -D	B	110	36	344					490			
		M	116	10	16	600					600		
		U	218	27	35	525	5	95	56	681	177 1	1.05	63.219
5	PC4 -E	B	95	8	492					595			
		M	165	10	125	524					524		
		U	411	45	214	448	5	37	50	540	165 9	1.11	66.401
Rata-rata produktivitas pekerjaan pemancangan per titik											0.90	53.831	

Keterangan:

- B = *Bottompile*
- M = *Middlepile*
- U = *Upperpile*
- t = *Time*
- p = *Produktivitas*

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengamatan dan analisis yang dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis pemancangan diketahui bahwa hasil produktivitas setiap siklus berbeda bergantung pada panjang segmen, diameter tiang pancang, dan durasi pemancangan.
2. Dari 7 siklus sub-pekerjaan didapatkan nilai rata rata produktivitas pekerjaan pemancangan tiap segmen. Pekerjaan *lifting pile* sebesar 447,9 m/menit. Pekerjaan *clamping pile* 385.7 m/menit. Pekerjaan *welding pile* 277.5 m/menit. Pekerjaan *inject pile* 134.0 m/menit. Pekerjaan *cutting pile* 1273 m/menit. Pekerjaan *crushing pile* 85 m/menit. Pekerjaan *royong pile* 65 m/menit.
3. Hasil analisis pemancangan per titik diketahui bahwa produksi alat HSPD terendah adalah 0,48 m/menit atau setara 28,616 m/jam. Sementara produksi tertinggi adalah 1,11 m/menit atau setara 66,401 m/jam.
4. Berdasarkan 5 titik yang telah dianalisis diperoleh produktivitas rata-rata sebesar 0,90 m/menit atau setara 53,831 m/jam.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian PUPR, “Bagian 1: Analisis Harga Satuan Pekerjaan (Ahsp) Bidang Umum,” 2016.
- [2] I. Project Management Institute, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge Fifth Edition*. 2013.

Halaman ini sengaja dikosongkan

# ANALISA PENGARUH PERUBAHAN SUHU AKIBAT HUJAN TERHADAP KEPADATAN ASPAL PADA PROYEK JALAN LINGKAR SELATAN SAMPANG MADURA

Yauri Yusuf Munysi<sup>1</sup>, Achmad Chulbuddin Badghey<sup>2</sup>, Ibnu Sholichin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Sipil, Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Surabaya

<sup>2</sup>Teknik Sipil, Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Surabaya

<sup>3</sup>Teknik Sipil, Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Surabaya

E-mail: [yoriyusuf.177@gmail.com](mailto:yoriyusuf.177@gmail.com), [ubudbadghey@gmail.com](mailto:ubudbadghey@gmail.com), [ibnu.ts@upnjatim.ac.id](mailto:ibnu.ts@upnjatim.ac.id).

**ABSTRAK:** Transportasi merupakan salah satu bagian dari kebutuhan dan kepentingan manusia yang disebabkan adanya perpindahan obyek dari satu tempat ke tempat lain, baik berupa manusia maupun barang yang semakin harinya bertambah. Jalan merupakan prasarana perhubungan darat yang memegang peranan penting dalam kehidupan manusia. Kondisi jalan yang baik akan memperlancar lalu lintas barang dan jasa. Campuran aspal panas adalah komponen penunjang jalan yang banyak digunakan pada setiap jalan di Indonesia, selain itu Indonesia memiliki dua musim yaitu musim penghujan dan musim kemarau. Kedua musim ini berpengaruh pada proses pemadatan campuran panas dilapangan. Dalam pelaksanaan penghamparan campuran panas dilapangan masih banyak dijumpai proses penghamparan dan pemadatan yang tetap dilanjutkan meskipun hujan sehingga banyak sekali dijumpai lapisan campuran aspal yang cepat rusak. Oleh karena itu, penelitian dengan judul “Analisa Pengaruh Perubahan Suhu Akibat Hujan Terhadap Kepadatan Aspal Pada Proyek Jalan Lingkar Selatan Sampang Madura” ditujukan untuk mengetahui karakteristik lapisan campuran aspal panas AC-BC dan kepadatan yang dicapai jika pada saat proses pemadatan terkena air hujan, hasil penelitian ini dapat diketahui lapisan aspal tersebut memenuhi persyaratan minimum spesifikasi teknis perkerasan jalan dan jembatan.

**Kata Kunci:** Aspal, Hujan, Kepadatan

## 1. PENDAHULUAN

Transportasi merupakan salah satu bagian dari kebutuhan dan kepentingan manusia yang disebabkan adanya perpindahan obyek dari satu tempat ke tempat lain, baik berupa manusia maupun barang yang semakin harinya bertambah. Jalan merupakan prasarana perhubungan darat yang memegang peranan penting dalam kehidupan manusia [1]. Kondisi jalan yang baik akan memperlancar lalu lintas barang dan jasa. Oleh karena itu, diperlukan suatu pembangunan dan peningkatan jalan guna memperlancar lalu lintas sekitar.

Indonesia memiliki dua musim yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Kedua musim ini sangat mempengaruhi proses pemadatan campuran di lapangan. Dalam pelaksanaannya prediksi cuaca terkadang mengalami kesalahan, sehingga pada saat proses pemadatan terjadi hujan. Realita di lapangan masih sering dijumpai proses pemadatan yang tetap dilanjutkan meskipun hujan sudah turun mengenai campuran aspal yang dipadatkan. Sehingga sering dijumpai lapisan aspal yang berongga. Penelitian sebelumnya yang dilakukan di laboratorium dengan variasi suhu dan menghasilkan suhu pencampuran dan pemadatan 170/156°C nilai VIM dan VFB yang paling mendekati klasifikasi diantara variasi suhu yang lainnya [2]. Penelitian pengaruh temperatur terhadap marshall propertis yang menghasilkan pengaruh temperatur pemadatan terhadap nilai karakteristik uji Marshall, memberikan hasil bahwa semakin turunnya temperatur nilai Stabilitas semakin turun dan untuk nilai flow nya semakin turun [3].

Dari apa yang ada di lapangan tersebut, penulis mengadakan penelitian dengan judul “Analisa Pengaruh Perubahan Suhu Akibat Hujan Terhadap Kepadatan

Aspal Pada Proyek Jalan Lingkar Selatan Sampang Madura” dalam hal ini campuran aspal yang digunakan adalah asphalt concrete untuk lapisan laston antara (*Binder Course*).

### A. Temperatur Suhu

Dalam melakukan pemadatan aspal untuk alat yang digunakan alat berta *Tire Roller* yang berfungsi untuk memadatkan aspal setelah dilakukan proses penggelaran atau penghamparan, biasanya cukup menggunakan satu alat berat *Tire Roller* dan *Tandem Roller*.

Indonesia memiliki 2 musim yang dimana ada musim hujan dan musim kemarau. Pada lokasi proyek Jalan Lingkar Selatan Madura saat ini mengalami cuaca hujan yang menjadi kendala bagi proyek ini saat melakukan penggelaran aspal. Cuaca seperti ini akan berpengaruh pada kondisi suhu campuran beraspal dan kondisi kepadatan campuran beraspal.

### B. Lapisan Aspal Beton

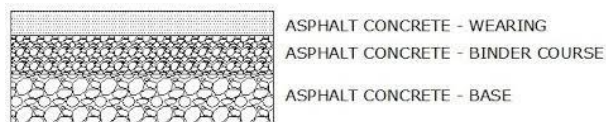
Lapis Aspal Beton (LASTON) adalah merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal keras, yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu .

lapisan aspal ada 3 macam lapisan campuran aspal panas yang di gunakan, yaitu di antaranya:

#### 1. AC-Base

AC – Base (*Asphalt Concrete - Base*) Adalah beton aspal yang terletak paling bawah dan diatas CTB. Campuran terdiri dari campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu dicampur dan dipadatkan

dalam keadaan panas. perkerasan tersebut tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu memiliki stabilitas untuk menahan beban lalu lintas yang disebarkan melalui roda kendaraan. fungsi dari lapisan AC-Base untuk memberi dukungan lapis permukaan, mengurangi regangan dan tegangan, menyebarkan dan meneruskan beban konstruksi jalan di bawahnya (*sub grade*).



Gambar 1. Lapisan Campuran Aspal

**2. AC-BC**

AC-BC (*Asphalt concrete-Binder Coarse*) adalah beton aspal yang terletak tepat di atas AC-Base dan dibawah AC-WC. Campuran beton aspal ini terdiri dari beberapa fraksi agregat batu pecah dengan ukuran yang berbeda, abu batu dan kadar aspal tertentu. Yang membedakan dengan AC-WC adalah ukuran fraksi agregat dan kadar aspal pada AC-BC yang lebih rendah [4].

**3. AC-WC**

AC-WC (*Asphalt concrete Wearing Coarse*) adalah beton aspal yang terletak paling atas dan menerima beban langsung kendaraan dan menentukan nyaman tidaknya. Campuran beton aspal ini hampir sama dengan AC-BC hanya berbeda di ukuran fraksi agregat. Kadar aspal pada AC- WC biasanya lebih tinggi karena lapis permukaan jalan harus kedap dengan air.

Tabel 1. Ketentuan sifat-sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		122 <sup>(3)</sup>
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6		
	maks.	1,6		
Rongga dalam campuran (%) <sup>(4)</sup>	Min.	3,0		
	maks.	5		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800		1800 <sup>(3)</sup>
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	maks.	4		6 <sup>(3)</sup>
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C <sup>(3)</sup>	Min.	90		

(Sumber:Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2)

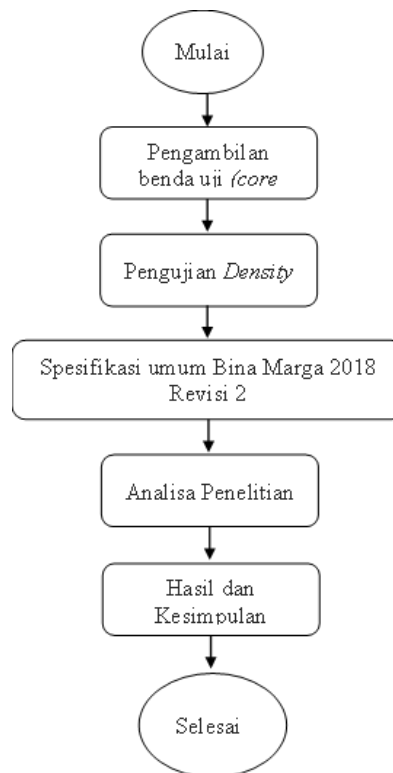
**2. METODE PENELITIAN**

**Metode Analisis**

Metode yang di gunakan dalam pengolahan data adalah analisis suhu terhadap cuaca. Penelitian bersifat ekperimental yang dilakukan di Laboratorium PT. Dua Putri Kedaton. Material campuran digunakan adalah *asphalt concrete binder course (AC-BC)*. Dalam penelitian ini melalui beberapa tahapan sesuai dengan Bagan Alir pada Gambar 2.

**A. Tahapan Penelitian**

**Tahap I: Perumusan Masalah, Persiapan alat dan bahan.**



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

**a. Perumusan Masalah**

Pada tahap perumusan masalah dimasukkan permasalahan yang akan dikaji pada penelitian ini. Sehingga mampu menjawab pokok-pokok masalah yang terjadi.

**b. Persiapan Alat dan Bahan**

Sebelum pelaksanaan pengujian dilakukan persiapan alat diperlukan untuk mengecek kondisi alat masih dalam keadaan baik atau buruk, supaya tidak terjadi keaslahan data pada saat pengujian.

**Tahap II: Pengambilan Sampel**

Tahap pengambilan sampel diperlukan untuk bahan uji pada STA 3+300, STA 3+350, STA 4+000 yang dimana lokasi pengambilan sampel yang berada diproyek Jalan Lingkar Selatan, Sampang Madura.

**Tahap III: Analisa dan Hasil**

Setelah penelitian dilaksanakan diperoleh data data hasil penelitian. Dari data yang diperoleh kemudian dianalisa untuk menjawab masalah, tujuan dari penelitian.

**Tahap IV: Kesimpulan dan Saran**

Dari hasil analisa dan pembahasan yang dilakukan, maka dapat disimpulkan apa saja yang menjadi tujuan dari penelitian ini dan diharapkan dapat memecahkan permasalahan yang ad, jikapun permasalahan belum tercapai bisa dilakukan atau ditindak lanjuti pada penelitian selanjutnya.

**Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan untuk campuran aspal yang diantaranya:

**Aspal**

Aspal adalah bahan hidro karbon yang bersifat melekat, berwarna hitam kecokelatan, dan tahan air. Aspal sering disebut bitumen, bitumen merupakan bahan pengikat pada campuran beraspal yang di manfaatkan sebagain lapis perkerasan lentur. Fungsini dari aspal yaitu untuk bahan pengikat agregat dan filler [4].



**Gambar 3.** Aspal Cair

**Agregat**

Agregat yang dipakai untuk campuran aspal ada 2 macam yaitu Agregat kasar dan halus sebagai berikut:

**A. Agregat Kasar**

Agregat Kasar adalah keriki sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,475 mm (No.4 ) sampai 40mm (No.11/2 Inchi) [4].

**Tabel 2.** Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan		SNI 3407:2008	Maks.12 %
			Maks.18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	SNI 2417:2008	Maks.6 %
			Maks.30 %
			Maks.8 %
			Maks.40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir Pecah pada Agregat Kasar		SNI 7619:2012	100/90 *)
			95/90 **)
Partikel Pipih dan Lonjong		SNI 8287:2016 Perbandingan 1 : 5	Maks. 5 %
			Maks. 10 %
Material lolos Ayakan No.200		SNI ASTM C117:2012	Maks. 1 %

(Sumber:Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2)

**B. Agregat Halus**

Agregat halus adalah agregat besar butir maksimum 4,76 mm yang berasal dari alam atau hasil alam, sedangkan agregat halus olahan adalah agregat halus yang dihasilkan dari pecahan dan pemisahan butiran dengan cara penyaringan atau cara lainnya dari batuan atau terkat tanur tinggi [4].

**Tabel 3.** Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pematatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45%



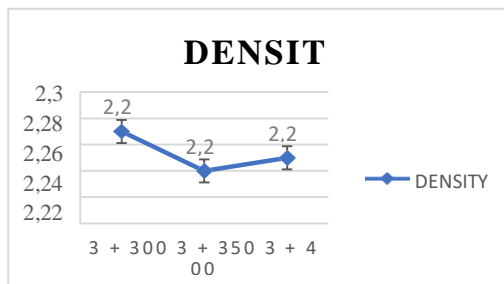
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1 %
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10 %

(Sumber:Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2)

**Filler**

Filler merupakan material pengisi dalam lapisan aspal. Filler dalam campuran beton aspal adalah bahan yang 100% lolos saringan No. #100 dan paling kurang 75% lolos saringan No. #200. Fungsi filler yaitu untuk mengisi rongga antar agregat halus dan kasar yang dapat diperoleh dari hasil pemecahan batuan secara alami maupun buatan.

Macam bahan pengisi yang dapat digunakan ialah abu batu, kapur padam, portland cement (PC), debu dolomite, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen atau bahan mineral tidak plastis lainnya [4]. Pada analisa ini menggunakan filler semen.



Gambar 4. Filler Semen Portland

**3. HASIL PENELITIAN**

**Pengambilan Sampel**

Pengambilan sampel dilakukan pada saat di lokasi proyek dengan kondisi cuaca hujan dan kondisi normal yang dimana ada enam sampel dengan jarak dan titik sampel yang berbeda. Ada enam sampel dan jarak yang diantaranya:

**a. Keadaan hujan:**

1. Sampel I  
Sampel I yang di ambil pada STA 3+300 (sisi kanan).
2. Sampel II  
Sampel II yang di ambil pada STA 3+350 (sisi kanan).
3. Sampel III  
Sampel III yang di ambil pada STA 3+400 (sisi kanan).

**b. Keadaan panas:**

1. Sampel I  
Sampel IV yang di ambil pada STA 3+300 (sisi kiri).
2. Sampel II  
Sampel II yang di ambil pada STA 3+350 (sisi kiri).
3. Sampel III  
Sampel III yang di ambil pada STA 3+400 (sisi kiri).

**Pengujian Density**

**Hasil Pengujian Density Kondisi Hujan**

Hasil pengujian density dari benda uji yg diambil di lokasi yang dalam penghamparannya kondisi hujan pada STA 3+300, STA 3+350, STA 3+400 sisi kanan sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Pengujian Density Kondisi Hujan

STA	Udara	Air	SSD	Volume	Density
3 + 300 B	1206,8	706,1	1214,9	508,8	2,32
3 + 350 B	1139,4	560,4	1143,6	482,8	2,31
3 + 400 B	1073,8	619,6	1075,2	455,6	2,31

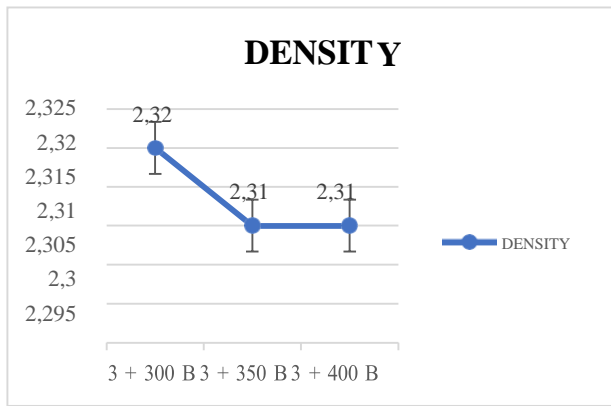
Gambar 5. Grafik Density Kondisi Hujan

**2. Hasil Pengujian Density Normal**

Hasil pengujian density dari benda uji yg diambil di lokasi yang dalam penghamparannya kondisi panas atau normal pada STA 3+300, STA 3+350, STA 3+400 sisi kiri sebagai berikut:

Tabel 5. Tabel Pengujian Density Kondisi Normal

STA	Udara	Air	SSD	Volume	Density
3 + 300 A	1151,4	663	1155,1	492,6	2,27
3 + 350 A	1127,5	643,1	1136,4	493,3	2,24
3 + 400 A	1095,5	627,1	1103,7	476,6	2,25



**Gambar 6.** Grafik Density Kondisi Normal

**Pembahasan**

Dari hasil penelitian campuran aspal AC-BC pada STA 3+300, 3+350, dan 3+400 sisi kanan menunjukkan hasil dari density yang tidak memenuhi spesifikasi bina marga 2018 dan job mix yang telah ditentukan akibat suhu aspal yang turun drastic yang diakibatkan pada saat penghamparan lapisan aspal AC-BC pada STA tersebut dalam kondisi hujan.

Sedangkan pada STA 3+300, 3+350, dan 3+400 sisi kanan seluruh data density menunjukkan hasil density aspal pada STA tersebut memenuhi spesifikasi bina marga 2018 dan job mix yang telah ditentukan.

**4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil pengamatan dan penelitian yang dilakukan dilokasi proyek maupun di laboratorium PT. DUA PUTRI KEDATON. Serta dilengkapi dengan analisa data selanjutnya. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Terdapat hasil dari Density yang tidak memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan pada job mix maupun spesifikasi bina marga 2018 pada STA 3+300, 3+350, dan 3+400 bagian sisi kanan.
- b. Terdapat penurunan suhu ekstrem atau drastis yang diakibatkan oleh kondisi hujan pada saat penghamparan pada lokasi pengambilan sampel pengujian density.

**Saran**

Setelah dilakukan kegiatan pengamatan dan penelitian yang dilakukan dilokasi proyek maupun di laboratorium PT. DUA PUTRI KEDATON dalam penulisan jurnal ini penulis dapat memberikan saran-saran antara lain:

- a. Adanya perubahan perlakuan atau perubahan metode pelaksanaan pada saat kondisi hujan atau turunya hujan agar tidak terjadi penurunan, suhu yang memenuhi spesifikasi dengan cara penggunaan alat berat tambahan (*Tyre Roller*).

- b. Pengujian dilaboratorium sangat perlu ketelitian dalam penimbangan hasil *Core Drill* agar dapat menghasilkan data – data yang baik dan benar.

**5. DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Irwanto, TJ., Setiawan, A., Mukti, MH. (2022). The Utilisation of Waste Bamboo Shells as A Filler in The ACWC Mixture on Marshall Characteristics. *International Journal of Multidisciplinary: Applied Business and Education Research*.
- [2] Irwanto, TJ. (2019). Pengaruh Variasi Suhu Pencampuran Dan Pemadatan Agregat Batu Pecah Madura (Desa Asem Jaran Kecamatan Banyuates Kabupaten Sampang) Pada Campuran Aspal Panas (Hotmix) Asphalt Concrete Wearing Course (ACWC), Terhadap Karakteristik Marshall. *PILAR TEKNOLOGI : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*.
- [3] Tarigan, G. (2018). Pengaruh Temperatur Pemadatan Terhadap Marshall Properties. *Buletin Utama Teknik*.
- [4] Kementerian Pekerjaan Umum. (2020). Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan Revisi 2. Jakarta: *Yayasan Penerbit Pekerjaan Umum*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

# ANALISA PENGARUH VARIASI TUMBUKAN PADA LAPISAN ASPAL AC-BC TERHADAP NILAI STABILITAS DAN FLOW

Nadhifha Aprillia Zahara<sup>1</sup>, Ignalia Kurniawati<sup>2</sup>, Aulia Dewi Fatikasari<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Kota Surabaya

E-mail : Nadhifha01@gmail.com<sup>1</sup>, Ignaliakurniawati@gmail.com<sup>2</sup>, auliafatikaa@gmail.com<sup>3</sup>

**Abstrak** : Jalan merupakan sarana dan prasarana yang sangat penting dalam suatu system transportasi untuk menghubungkan suatu tempat ke tempat lain dalam rangka pemenuhan kebutuhan sosial, budaya dan ekonomi. Suatu kondisi jalan yang baik, diperlukan adanya kelancaran kegiatan transportasi supaya mempercepat kelancaran mobilisasi barang dan jasa secara aman dan nyaman. Faktor penyebab terjadinya kerusakan jalan beraspal yaitu jumlah passing pemadatan yang tidak sesuai dengan perencanaan. Dalam pelaksanaan perkerasan jalan dapat terjadi perbedaan tebal perkerasan dikarenakan cara dan jumlah passing yang berbeda yang akan mempengaruhi kualitas jalan. Maka perlu dikaji tentang pengaruh variasi jumlah tumbukan pada lapisan aspal AC-BC. Penelitian ini dilakukan di laboratorium PT. Dua Putri Kedaton yang berlokasi di Pamekasan. Dalam penelitian ini variasi tumbukan campuran aspal yang digunakan 2x68 dan 2x75 dengan menggunakan kadar aspal 5,8%, kemudian hasilnya dibandingkan dengan menggunakan parameter stabilitas dan flow yang mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2. Pada penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan jumlah tumbukan pada lapisan aspal AC-BC terhadap nilai stabilitas dan flow. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan nilai stabilitas terendah pada variasi tumbukan 2x68 sedangkan nilai stabilitas tertinggi pada variasi tumbukan 2x75. Dari hasil pengujian flow menunjukkan semakin bertambahnya tumbukan maka semakin tinggi nilai flow.

**Kata Kunci** : AC-BC, Tumbukan, Stabilitas, Flow

## PENDAHULUAN

Jalan merupakan prasarana transportasi darat, tempat perlintasan bagi orang, kendaraan, dan sebagainya yang dibangun untuk menunjang dalam kenyamanan berkendara [1]. Prasarana yang dimaksud seperti bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel. Prasa

Jalan termasuk dalam suatu pondasi transportasi yang terbilang sangat dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari, sehingga kondisi dan keadaan jalan tersebut sangat diharapkan mempunyai kekuatan sesuai dengan umurnya yang direncanakan. Jalan merupakan prasarana yang digunakan untuk menggerakkan lalu lintas barang maupun orang [2]. Masalah transportasi saat ini merupakan masalah yang sering terjadi di dalam suatu Negara baik dari Negara maju maupun Negara yang berkembang, salah satunya yaitu seperti Negara Indonesia. Setiap Negara ingin memiliki transportasi yang dapat digunakan untuk pergerakan manusia maupun barang secara aman, lancar, mudah, efisien, dan cepat

Pada umumnya, kondisi lapis perkerasan jalan yang ada di Indonesia mengalami kerusakan sebelum mencapai umur rencana. Beberapa faktor yang bisa mempengaruhi kinerja perkerasan jalan diantaranya yaitu proses pengerjaan, mutu material, beban lalu lintas dan kondisi lingkungan. Dalam proses pengerjaan terdapat hal penting yang harus diperhatikan yaitu faktor suhu dan pemadatan, evaluasi terhadap pemadatan sangat diperlukan untuk mengetahui keawetan dan kekuatan lapis perkerasan, untuk mendapat hasil lapis perkerasan yang kuat dan awet diperlukan analisa perencanaan

jumlah tumbukan efektif yang digunakan pada pelaksanaan perkerasan jalan raya.

Pembangunan jalan raya yang buruk akan menyebabkan kerusakan dini pada konstruksi jalan. Kerusakan jalan yang sering terjadi adalah lepasnya lapisan aspal yang mengakibatkan jalan berlubang. Salah satu faktor penyebab terjadinya kerusakan jalan yaitu karena proses pemadatan yang dilakukan dilapangan tidak sesuai dengan temperatur yang tepat atau passing yang dilakukan kurang memenuhi, bisa jadi dikarenakan tuntutan waktu pekerjaan ataupun lainnya.

AC-BC atau *Asphalt Concrete-Binder Course* adalah salah satu dari tiga macam lapisan *Asphalt Concrete* yang biasanya terletak diatas lapisan AC-Base, macam-macam *Asphalt Concrete* diantaranya yaitu AC-BC atau *Asphalt Concrete-Binder Course*, AC-WC atau *Asphalt Concrete-Wearing Course*, dan AC-Base, perbedaan dari ketiga campuran tersebut terletak pada ukuran bahan agregat yang digunakan sesuai dengan Spesifikasi yang digunakan. [3]

Pemadatan adalah suatu proses dikeluarkannya udara pada pori pori tanah dengan menggunakan alat penggilas. Tahapan pemadatan pada proses pembangunan konstruksi jalan harus dilakukan dengan teliti. Pemadatan dilakukan untuk meningkatkan kekuatan tanah, serta memperkecil daya rembesan air pada tanah. Tahapan pemadatan ini dilakukan secara lapis demi lapis sehingga diperoleh kepadatan yang diinginkan. Penelitian sebelumnya menghasilkan Jumlah Tumbukan Optimum 2X100, diperoleh Rongga terhadap Agregat (VMA) 17,50%; Rongga Terisi Aspal (VFB) 76,50%; Rongga terhadap Campuran (VIM) 4,00%; Stabilitas 1800,00 kg; Kelelahan 3,75 mm; dan Marshall Quotient 500,00 kg/mm [4]. Selain itu, penelitian [5] menghasilkan jumlah tumbukan optimum 76 btumbukan pada campuran HRS-WC dengan campuran lateks.

Pemadatan yang berlebihan akan membuat lapisan perkerasan yang terlalu padat dan bersifat plastis sehingga akan rentan terjadi retak jika beban kendaraan yang melalui lapis perkerasan terlalu besar selain itu akibat pemadatan yang berlebih maka akan terjadi *bleading* yaitu naiknya aspal kepermukaan yang mengakibatkan aspal menjadi licin dan pada temperatur tinggi aspal menjadi lunak dan terjadi jejak roda. Sedangkan kurangnya jumlah pemadatan akan membuat banyaknya rongga didalam campuran lapis perkerasan dan campuran lebih bersifat elastis sehingga air mudah masuk kedalam lapis perkerasan kemudian aspal mudah mengelupas dan akan menimbulkan dampak perubahan bentuk dan membentuk gelombang dan alur akibat beban roda kendaraan yang melintas.

Sehingga untuk mengetahui kepadatan tersebut perlu dilakukannya penelitian pengaruh variasi tumbukan pada lapisan aspal AC-BC atau *Asphalt Concrete-Binder Course* dengan variasi suhu pencampuran 2x68 dan 2x75.

**A. Lapisan Aspal Beton**

Lapis Aspal Beton (LASTON) yaitu suatu lapisan yang ada pada pembangunan konstruksi jalan yang diantaranya terdiri dari agregat kasar dan halus, filler dan aspal keras, yang kemudian dicampur menggunakan AMP atau *Asphalt Mixing Plant*, lalu dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu yang ditetapkan. [3]

Lapisan aspal beton (Laston) yang selanjutnya disebut AC, yang terdiri dari tiga jenis yaitu AC lapis aus atau AC-WC, AC lapisan antara atau AC-BC dan AC lapis fondasi atau AC-Base, dengan ukuran maksimum agregat masing-masing campurannya yaitu 19 mm, 25,4 mm, dan 37,5 mm. Setiap jenis campuran AC menggunakan bahan aspal polymer yang disebut masing-masing sebagai AC-WC modifikasi, AC-BC modifikasi, dan AC-Base modifikasi. Ketentuan sifat campuran terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran	Laston			
	Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi	
Jumlah tumbukan per bidang	75		122 <sup>(3)</sup>	
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6		
	maks.	1,6		
Rongga dalam campuran (%) <sup>(4)</sup>	Min.	3,0		
	maks.	5		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas	Min.	800		1800 <sup>(3)</sup>

Marshall (kg)			
Pelelehan (mm)	Min.	2	3
	maks.	4	6 <sup>(3)</sup>
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C <sup>(3)</sup>	Min.	90	

(Sumber:Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2)

**B. Bahan Campuran Aspal**

Agregat merupakan salah satu campuran aspal yang berbentuk batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun sintesis yang berbentuk mineral padat berukuran besar maupun kecil atau berupa fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen primer dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90% – 95% agregat sesuai dengan persentase berat, dan 75 – 85% agregat berdasarkan dari persentase volume. Kualitas dari perkerasan jalan ditentukan dari sifat agregat serta akibat campuran agregat dengan material lain.

**1. Agregat Kasar**

Agregat kasar yang digunakan dalam rancangan campuran yaitu agregat yang tertahan ayakan N0.4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya serta memenuhi ketentuan yang diberikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	SNI 3407:2008	Maks.12 %
		Maks.18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	Maks.6 %
		Maks.30 %
		Maks.8 %
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2011	Maks.40 %
		Min. 95%
Butir Pecah pada Agregat Kasar	SNI 7619:2012	100/90 *)
		95/90 **)
Partikel Pipih dan Lonjong	SNI 8287:2016 Perbandingan 1 : 5	Maks. 5 %
		Maks. 10 %
Material lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 1 %

(Sumber:Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2)

**2. Agregat halus**

Agregat halus termasuk dalam salah satu bahan yang digunakan pada pembuatan lapisan aspal yang terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah yang terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.4 (4,75 mm). Material agregat yang digunakan harus dari bahan yang bersih, keras, dan terbebas dari lempung. Ketentuan agregat halus terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45%
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1 %
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10 %

(Sumber: Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2)

**3. Filler**

Filler merupakan salah satu material pembuatan campuran lapisan aspal. Dalam campuran aspal, filler adalah bahan yang 100% lolos saringan No. #100 serta 75% lolos saringan No. #200. Fungsi dari filler salah satunya yaitu untuk mengisi rongga-rongga yang terdapat pada agregat halus dan kasar yang diperoleh hasil dari pemecahan batuan secara alami maupun buatan. (Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.7). Pada penelitian ini menggunakan filler semen.

**4. Aspal Beton**

Aspal merupakan salah satu bahan yang digunakan dalam pembuatan lapisan aspal pada pekerjaan kontruksi jalan. Aspal memiliki bentuk yang padat dan biasanya berwarna hitam, aspal juga mempunyai sifat sebagai perekat dan pengikat yang akan meleleh bila dipanasi. Aspal tersusun dari sebagian besar bitumen yang terdapat dalam bentuk padat atau setengah padat dari alam atau hasil pemurnian minyak bumi, atau merupakan campuran dari bahan bitumen dengan minyak bumi atau derivatnya [5].

Beton aspal adalah teknologi pelapisan aspal dengan cara mencampur terlebih dahulu agregat yang di gradasi dengan aspal pada temperatur panas, kemudian baru digelar dan dipadatkan sampai mencapai kepadatan tertentu.

Aspal beton terdiri dari tiga macam yakni laston lapis aus (*Asphalt Concrete-Wearing Course*), laston lapis pengikat (*Asphalt Concrete-Binder Course*), dan laston lapis pondasi (*Asphalt Concrete-Base*).

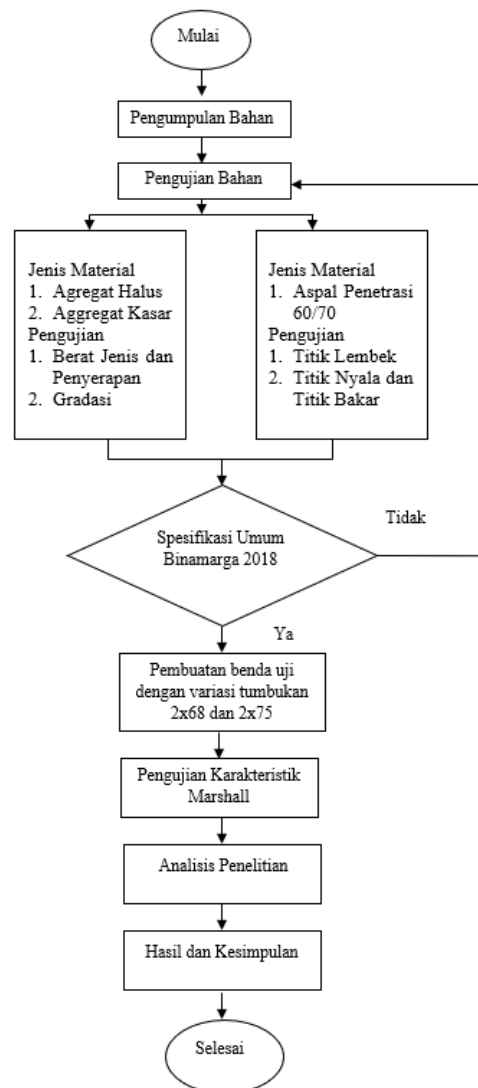
**C. Pemadatan**

Pemadatan adalah suatu proses dikeluarkannya udara pada pori pori tanah dengan menggunakan alat

penggilas atau biasa disebut dengan tandem roller dan tire roller. Beberapa factor yang harus diperhatikan dalam suatu pekerjaan pemadatan salah satunya yaitu tebal lapisan yang dipadatkan. Pada lapisan aspal biasanya setelah dipadatkan tunggu hingga 1x24 jam baru dilakukan pengujian core drill untuk *quality control* kepadatan dan ketebalan lapisan.

**METODE PENELITIAN**

Metode yang digunakan yaitu menggunakan metode penelitian dan pengamatan. Penelitian ini dilakukan agar mengetahui perbandingan variasi tumbukan campuran aspal AC-BC terhadap Stabilitas marshall dan flow. Penelitian ini dimulai dari persiapan penelitian diantaranya yaitu meliputi studi pendahuluan serta mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Benda uji akan dikelompokkan dalam variasi tumbukan yaitu 2x68 dan 2x75. Pada benda uji yang sudah dibuat dan sudah dikeluarkan dari cetakan akan dilakukan pengujian dengan parameter nilai stabilitas dan flow. Bagan alir terdapat pada Gambar 1 sedangkan variasi jumlah tumbukan terdapat pada Tabel 4.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian



Tabel 4 Variasi Jumlah Tumbukan

NO	Variasi Jumlah Tumbukan	Banyak Sample
1	2x68	3
2	2x75	3
Jumlah		6 buah

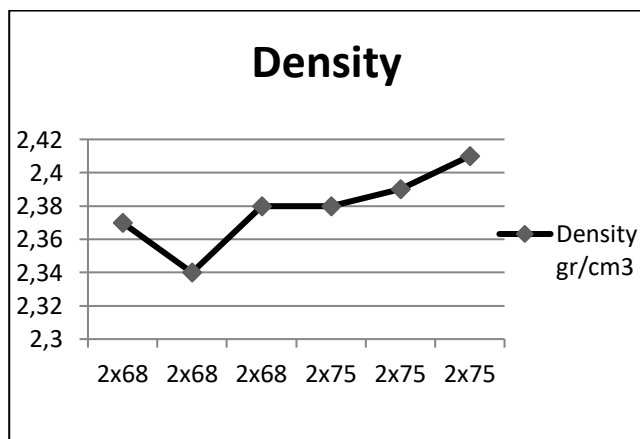
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**a. Pengujian Stabilitas dan Flow**

Hasil pengujian stabilitas dan flow dari benda uji dengan variasi tumbukan 2x68 dan 2x75 terdapat pada Tabel 5 dan pada Gambar 3 sampai Gambar 5.

Tabel 5 Hasil Pengujian Density, Stabilitas, dan Flow

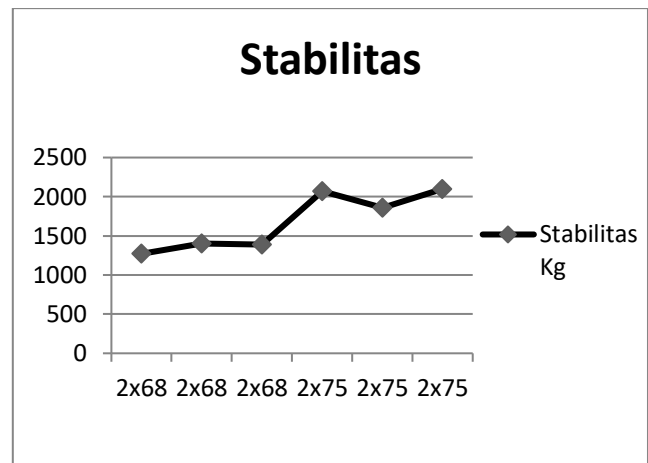
Benda uji	Density	Stabilitas	Flow
	gr/cm <sup>3</sup>	Kg	mm
2x68	2,37	1270,92	3
2x68	2,34	1399,44	3,5
2x68	2,38	1385,16	3
2x75	2,38	2070,6	4
2x75	2,39	1856,4	3,5
2x75	2,41	2099,16	4



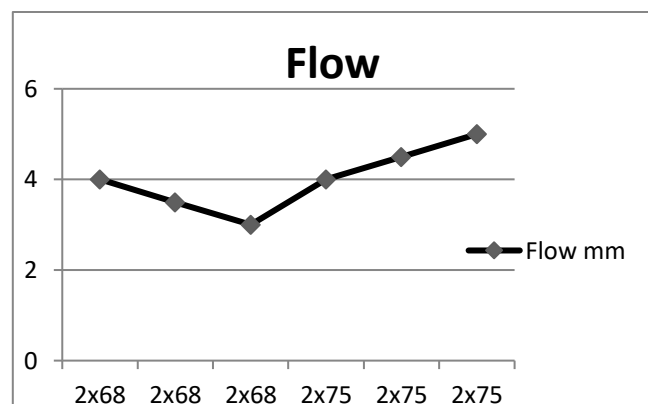
Gambar 3. Grafik Variasi Tumbukan Terhadap Density

**b. Pembahasan**

Dari hasil penelitian campuran lapisan aspal AC-BC dengan tumbukan 2 x 68 dan 2 x 75 menunjukkan hasil dari pengujian density, stabilitas, dan flow sesuai dengan spesifikasi bina marga 2018. Pada hasil density benda uji 2 x 68 dan 2 x 75 memiliki nilai density yang hampir sama. Hasil dari benda uji nilai stabilitas menunjukkan hasil yang melebihi spesifikasi bina marga 2018. Dan hasil flow dari kedua benda uji tidak jauh berbeda.



Gambar 4. Grafik Variasi Tumbukan Terhadap Stabilitas



Gambar 5. Grafik Variasi Tumbukan Terhadap Stabilitas

**KESIMPULAN**

**1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dari penelitian serta pengamatan yang dilakukan di laboratorium PT. Dua Putri Kedaton, dan dilengkapi dengan analisa data selanjutnya. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Terdapat perbedaan nilai stabilitas antara variasi tumbukan 2x68 dan 2x75
- Hasil density dan flow pada variasi tumbukan 2x68 dan 2x75 terdapat persamaan yang hampir mendekati.
- Pada variasi tumbukan 2,68 dan 2x75 tidak mendapatkan hasil penelitian yang maksimal, dimana variasi tumbukan tersebut keduanya sama-sama memenuhi parameter stabilitas dan flow sesuai dengan yang disyaratkan spesifikasi bina marga 2018.

**2. Saran**

Setelah dilakukannya penelitian serta pengamatan ini yang dilakukan di laboratorium PT. Dua Putri Kedaton, pada saat penulisan jurnal ini penulis dapat memberikan saran, diantaranya sebagai berikut:

- Adanya penelitian lanjut dengan variasi tumbukan < 2x75

- b. Pada saat pengujian dilaboratorium diperlukan ketelitian dalam pembuatan sampel baik dalam pengukuran bahan maupun pembacaan data yang dihasilkan, begitu juga dengan penimbangan bahan dan material serta hasil dari pembacaan alat, agar mendapatkan hasil data yang baik dan benar.
- c. Perlu dilakukannya penelitian yang sama dengan menggunakan kadar aspal yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Irwanto, T.J., Setiawan, A., Mukti, M.H. (2022). The Utilisation of Waste Bamboo Shells as A Filler in The ACWC Mixture on Marshall Characteristics. *International Journal of Multidisciplinary: Applied Business and Education Research*.
- [2] Sebayang, N., Setyobudiarso, H., Setiawan, A. (2019). The Selection Aspects Between Cold And Hot Asphalt In Road Rehabilitation Preservation Work. *QIS College of Engineering and Technology Ongole: International Journal of Scientific & Technology Research*
- [4] Kementerian Pekerjaan Umum. (2020). Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan Revisi 2. Jakarta: Yayasan Penerbit Pekerjaan Umum.
- [4] Susilowati, A dan Wiyono, E (2020). Variasi Jumlah Tumbukan Pada Pemasangan Campuran Beton Aspal Menggunakan Bahan Tambah Anti Stripping. *Construction and material journal*.
- [5] Maulana, AR, Erfan, M., Yudianto, EA.(2021). Pengaruh Variasi Jumlah Tumbukan Pada Campuran Aspal Hrs-Wc Dengan Penambahan Karet Alam (Lateks). *e-journal GELAGAR Vol. 3 No. 1*.

