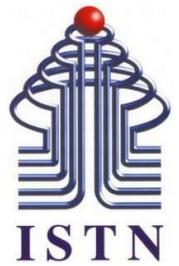


# *C-Line*

Jurnal Teknik Sipil



Diterbitkan oleh :

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL**

Jl. Moh. Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640. Telp (021) 78880275, Fax : (021) 78880275.

ISSN 2088-7604



9 772088 760428

*C-Line*

Jurnal Teknik Sipil



**Pembina :**

Dekan FTSP – ISTN  
Ketua Program Studi Teknik Sipil

**Pemimpin Redaksi**

Ismono Kusmaryono, S.T, M.T

**Anggota Redaksi :**

Ir. Marsiano, MSc  
Ir. Wawan Kuswaya, MT

**Penyunting Pelaksana :**

Novika Candra Fertilia, S.T, M.T

**Mitra Bestari :**

Prof. Dr. Syafalni, Dipl. H., M.Sc (ISTN)  
Dr. Ir. Jonbi MT,MSi,MM (Universitas Pancasila)  
Dr. Ir. Najid, MT (Universitas Tarumanegara)  
Dr. Ir. Idrus, MSc (HATTI)

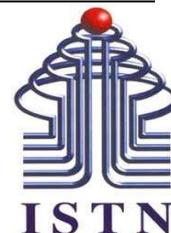
**Tata Usaha/Sekretariat :**

Suswanto

**Alamat Redaksi :**

Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Sains dan Teknologi Nasional  
Jl. Moh. Kahfi II Jagakarsa, Jakarta – 12640  
Telp : 62(21) 78880275, Fax. 7270092.

# C-Line



Jurnal Teknik Sipil

## DAFTAR ISI

PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN DENGAN MENGGUNAKAN STANDART AASHTO 2001 DIBANDINGKAN DENGAN BANTUAN APLIKASI AUTODESK CIVIL 3D 2015, JALAN ANGKUT (HAULING ROAD) BATUBARA di AREA SEKTOR 2, PT A KALIMANTAN TENGAH <b>Nasir Djalili</b>	1-7
ANALISA PENGARUH PERUBAHAN LINGKUP PERUBAHAN LINGKUP PEKERJAAN PADA KONTRAK KONSTRUKSI (Studi Kasus : Project RS Admira Pulomas – Jakarta Timur) <b>I Wayan Swastika dan Ismail Junaedy</b>	8-17
PENGARUH PENGGUNAAN PASIR GUNUNG MERAPI TERHADAP KUAT TEKAN BETON MUTU K250 <b>Moh. Azhar, Yana Sutisna, Akhmad Dinul Kholis</b>	18-27
ANALISIS PENGARUH PASIR LAUT DICUCI DAN TANPA DICUCI SEBAGAI AGREGAT HALUS TERHADAP SIFAT MEKANIK, FISIK DAN KIMIA PADA PERENCANAAN CAMPURAN BETON <b>Feizal Manaf dan Reska Yulia</b>	28-34
ANALISA DAMPAK PERLINTASAN SEBIDANG JALAN DENGAN JALAN REL TERHADAP PANJANG ANTREAN DAN DERAJAT KEJENUHAN (STUDI KASUS : PERLINTASAN KERETA API JALAN LENTENG AGUNG BARAT ARAH JAKARTA DEPAN KAMPUS IISIPOL) <b>Endang Widjajanti dan Rachman Fatoni</b>	35-44
EVALUASI STRUKTUR <i>JETTY</i> DAN <i>TRESTLE</i> DERMAGA KILANG ASPAL CURAH AKIBAT PERUBAHAN KAPASITAS KAPAL TANKER DARI 5000 DWT MENJADI 10000 DWT <b>Harry Hartawan dan Tri Anggi Purnomo</b>	45-51
ANALISIS STRUKTUR STORAGE TANK PELAT BAJA YANG PALING EKONOMIS AKIBAT BEBAN FLUIDA <b>Ari Mulyo Diah Utami dan Yosua Manaek Pardamean Siagian</b>	52-59
IMPLEMENTASI <i>EARNED VALUE MANAGEMENT</i> (EVM) PADA PENGENDALIAN PELAKSANAAN PROYEK KONSTRUKSI PADA INDUSTRI PERTAMBANGAN BAWAH TANAH <b>Hotma Sitohang dan Ridwan Wibiksana</b>	60-69
PENILAIAN KERUSAKAN JALAN PADA LAPIS PERMUKAAN JALAN DENGAN <i>PAVEMENT CONDITION INDEX</i> (PCI) DAN PENANGANANNYA (STUDI KASUS RUAS JALAN RAYA PANGKAL JATI KOTA DEPOK) <b>Ismono Kusmaryono dan Neneng Daniati Ulpah</b>	70-76
PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK <i>POLY ETHYLENE</i> (PE) SEBAGAI MATERIAL PENGISI CAMPURAN ASPAL BETON <b>Rahardjo Samiono dan Atjep Sudarjanto, Wisnu Fitriyanto</b>	77-86
ANALISA PERILAKU STRUKTUR JEMBATAN <i>CABLE STAYED</i> TIPE HARPA, TIPE RADIAL, DAN TIPE KIPAS AKIBAT BEBAN <i>SEISMIC</i> <b>Marsiano dan Fediaska Imran</b>	87-96

# PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN DENGAN MENGGUNAKAN STANDART AASHTO 2001 DIBANDINGKAN DENGAN BANTUAN APLIKASI AUTODESK CIVIL 3D 2015, JALAN ANGKUT (HAULING ROAD) BATUBARA di AREA SEKTOR 2, PT A KALIMANTAN TENGAH

Nasir Djalili

Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Sains dan Teknologi Nasional

Jln. Moch. Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah P.O. Box 7715 JKS LA  
Kelurahan Jagakarsa – Jakarta Selatan 12620, Telp. 78880275

Email: djalilinasir@yahoo.co.id

## ABSTRAK

PT A yang berlokasi di propinsi Kalimantan Tengah meningkatkan target produksi batubara di tahun 2018 sehingga diperlukan pembukaan area tambang baru yaitu Sektor 2, hal ini tentu membutuhkan *hauling road* sebagai prasarana penghubung area tambang dengan CPP (*coal processing plant*). Perencanaan geometri *hauling road* Sektor 2 menggunakan standar AASHTO 2001 dengan metode perhitungan manual dan bantuan aplikasi Autodesk Civil 3D 2015, dimana hasil dari kedua nya akandibandingkan. Hasil perencanaan *hauling road* ini antara lain : kecepatan rencana 60 km/jam dengan  $e_{max}$  6%. Pada alinyemen horizontal terdapat 3 tikungan yang seluruhnya direncanakan dengan jenis *full circle* dengan radius rencana  $\geq 200m$ , dan berdasarkan hasil perhitungan pada alinyemen vertikal, nilai K masing-masing lengkung adalah  $>23$ . Seluruh nilai K yang diperoleh melebihi nilai K yang disyaratkan. Hasil perbandingan perhitungan manual dan hasil dari aplikasi Autodesk Civil 3D 2015 untuk alinyemen horizontal tidak ada perbedaan. Untuk nilai K pada alinyemen vertikal terdapat selisih antara -0,01 – 2,19 dimana nilai-nilai K tersebut masih tetap lebih besar dari nilai K yang disyaratkan.

Kata kunci : jalan angkut batubara, geometri jalan, *hauling road*, perencanaan

## ABSTRACT

*PT A located in the province of Central Kalimantan is increasing its coal production target by 2018 so it is necessary to open a new mining area, Sector 2, which will require hauling road as a mine site connecting infrastructure with CPP (coal processing plant). Planning of hauling road geometry Sector 2 uses AASHTO 2001 standard with manual calculation method and Autodesk Civil 3D 2015 application aid, where the results of both of them are compared. The results of hauling road planning include: 60 km / h speed plan with  $e_{max}$  6%. In the horizontal alignment there are 3 bends that are all planned with the full circle type with a plan radius of  $\geq 200m$ , and based on the calculations on the vertical alignment, the value of K each of the arch is  $> 23$ . The entire value of K obtained exceeds the required value of K. The result of comparison of manual calculation and result of Autodesk Civil 3D 2015 application for horizontal alignment there is no difference. For the K value on the vertical alignment there is a difference between -0.01 - 2.19 where the K values are still greater than the required value of K.*

*Keywords: coal haul road, road geometry, hauling road, planning*

## PENDAHULUAN

Batubara merupakan salah satu sumber energi yang sangat penting selain minyak bumi, dan Indonesia merupakan negara penghasil batubara terbesar kelima di dunia menurut *BP Statistical Review of World Energy June 2016* (2016:32) hal ini tentunya membuat Indonesia menjadi negara yang cukup penting dalam industri tambang batubara di dunia. Di Indonesia sendiri hampir setiap pulau besar diantaranya Sumatera, Jawa, Kalimantan, Irian, memiliki cadangan batubara yang berbeda-beda, menurut Laporan Kinerja tahun 2015 Direktorat Jendral Mineral dan Batubara (2015:4) cadangan terbesar batubara berada di pulau Kalimantan sekitar 57,4% dan Sumatera 42,4% sedangkan di tempat lain potensinya tidak terlalu besar. Salah satu provinsi di Kalimantan yang merupakan penghasil batubara adalah provinsi Kalimantan Tengah dimana salah satu pemegang konsesi pertambangan yang memiliki PKP2B (Perjanjian Karya Pengusahaan Pertambangan Batubara) adalah PT A.

Target produksi PT A di tahun 2018 yang mencapai 4.000.000 ton dan proses eksploitasi cadangan batubara di Sektor 1 yang sudah berjalan selama 5 tahun, mengharuskan PT A membuka area baru untuk menambah produksi agar sesuai dengan target tahunan, sehingga pembukaan tambang Sektor 2 dan Sektor 4 PT A harus segera dilakukan. Dalam maksud perencanaan tersebut diatas pada penelitian ini dibatasi hanya membahas perencanaan Geometrik Jalan nya saja.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Lokasi Perencanaan Desain Haul Road Tambang

PT A mempunyai letak geografis  $0^{\circ}57' - 1^{\circ}00'$  LS,  $114^{\circ}19' - 114^{\circ}25'$  BT dimana terletak pulau Kalimantan, tepatnya di provinsi Kalimantan Tengah, dengan jarak kurang lebih , jika melalui jalur udara maka harus transit terlebih dahulu di bandara kota Palangkaraya untuk selanjutnya menggunakan moda transportasi darat selama 7 jam.



Gambar 1 Peta lokasi rencana *hauling road* tambang PT A

Proyek *hauling road* tambang sektor 2 ini berfungsi sebagai prasarana tambang khususnya untuk pengangkutan batubara dari *pit* (area tambang) menuju ke CPP (*Coal Processing Plant*).

### Metode Pengumpulan Data

Perencanaan ini tentunya membutuhkan data-data. Data tersebut akan dibagi menjadi 2 jenis yaitu data primer dan data sekunder, rinciannya adalah sebagai berikut :

Data primer, yaitu data yang diambil langsung dari lokasi rencana *hauling road* antara lain

Foto situasi rencana area *hauling road* di Sektor 2 PT A.

Jenis alat angkut batubara yang akan melewati *hauling road* di Sektor 2 PT A.

Data sekunder, yaitu data yang diperoleh secara tidak langsung seperti :

Peta topografi yang diperoleh dari tim survey PT A.

Batas area tambang Sektor 1, area CPP (*Coal Processing Plant*), dan as jalan *hauling road* Sektor 1 sebagai *existing area* dimana data ini diperoleh dari tim *Engineering Division* PT A.

Batas area tambang dan disposal Sektor 2, diperoleh dari tim *Mine Plan Designer* PT A.

Batas area IPPKH (Izin Pinjam Pakai Kawasan Hutan) yang diperoleh dari PT A.

Tipikal galian, timbunan, *bundwall*, saluran tepi jalan yang diperoleh dari PT A.

Data curah hujan yang diperoleh dari stasiun hujan PT. A.

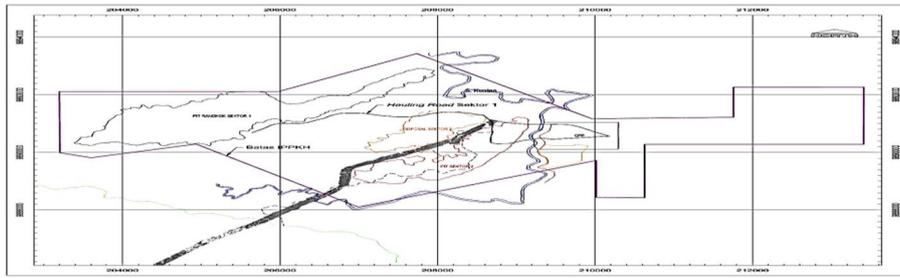
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Geometri *Hauling Road*

Dalam merencanakan geometri *hauling road* batubara diperlukan peta situasi agar desain geometri yang dihasilkan dapat optimal sesuai dengan kebutuhan tambang batubara.

### Peta Situasi

Untuk membuat desain geometri *hauling road* harus mempertimbangkan area-area berikut: area IPPKH (Izin Pinjam Pakai Kawasan Hutan), area tambang dimana di dalam nya terdapat area *pit* serta CPP (*Coal Processing Plant*), *hauling road* Sektor 1 (*existing design*) yang juga akan menjadi referensi desain jalan sektor 2 dan peta topografi. Semua area-area tersebut dimasukkan ke dalam peta situasi yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Peta situasi tambang PT A

Dengan menggunakan peta situasi seperti pada

Gambar 2 di atas, direncanakan *hauling road* Sektor 2 PT A. Dalam merencanakan desain geometri *hauling road* Sektor 2 harus memperhatikan *existing hauling road* dari Sektor 1 menuju CPP (*Coal Processing Plant*) agar nantinya *hauling road* di Sektor 2 dapat terhubung dengan jalan tersebut. Selain itu desain koridor galian dan timbunan *hauling road* tidak boleh melebihi area IPPKH (Izin Pinjam Pakai Kawasan Hutan) serta tidak mengganggu area *pit* dan *disposal* Sektor 2.

### Alinyemen Horizontal

Perencanaan alinyemen horizontal pada *hauling road* Sektor 2 PT A, terlebih dahulu menentukan as jalan dengan mempertimbangkan area lokasi tambang (*pit*), area *disposal* karena jalan yang akan dibuat harus mampu menghubungkan kedua area tersebut dengan lokasi CPP (*Coal Processing Plant*) dengan tetap berada dalam area batas IPPKH (Izin Pinjam Pakai Kawasan Hutan).

Untuk selanjutnya mulai direncanakan alinyemen horizontal. Sesuai dengan desain *hauling road* Sektor 1 maka diperoleh data dan perhitungan sebagai berikut :

Diasumsikan kecepatan rencana ( $V$ ) sama dengan kecepatan rencana yang digunakan pada *hauling road* Sektor 1, maka dipakai kecepatan rencana 60 km/jam.

Koefisien gesek melintang maksimum ( $f_{maks}$ ) yang dipakai berdasarkan kecepatan rencana 60 km/jam adalah sebesar 0,15.

Superelevasi maksimum ( $e_{maks}$ ) yang dipakai adalah sama dengan yang dipakai pada *hauling road* Sektor 1 yaitu sebesar 6%.

Jari-jari lengkung minimum ( $R_{min}$ ) dihitung dengan rumus 2.4 yaitu sebagai berikut:

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(0,01 \times e_{maks} + f_{maks})}$$

$$R_{min} = \frac{60^2}{127(0,01 \times 6 + 0,15)} = \frac{3600}{26,67} = 134,98m \approx 135m$$

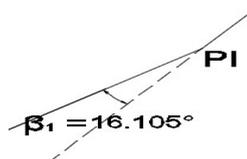
Dipakai  $R_{min} = 135$  m

Jari-jari rencana ( $R_c$ ) ditetapkan berdasarkan nilai  $R_{min}$ . Pada perencanaan ini penulis menetapkan nilai  $R_c$  pada tikungan 1 = 400m, pada tikungan 2 = 200m, pada tikungan 3 = 200m.

### Bentuk lengkung horizontal

Pada *hauling road* batubara, selalu diusahakan untuk menggunakan jenis lengkung *full circle* (FC) untuk mempermudah manuver alat angkut, untuk *hauling road* di Sektor 2 seluruh lengkung alinyemen horizontal direncanakan dengan jenis lengkung *full circle* (FC). Berikut perhitungan lengkung horizontal *hauling road* :

$\beta$  adalah sudut antara garis yang berpotongan di titik PI, pada PI 1 didapat nilai  $\beta = 16,105^\circ$  seperti pada Gambar 3 berikut :



Gambar 3 Contoh nilai  $\beta_1$

Pada

Gambar 3 di atas dapat dilihat prosisi sudut  $\beta$  pada titik PI.

Tc, berdasarkan rumus dapat dihitung sebagai berikut :

$$Tc1 = Rc1 \times tg \frac{1}{2} \beta1 = 400 \times tg \frac{1}{2} 16,105 = 56,589m$$

Ec, berdasarkan rumus dapat dihitung sebagai berikut :

$$Ec1 = Tc1 \times tg \frac{1}{4} \beta1 = 56,589 \times tg \frac{1}{4} 16,105 = 3,983m$$

Lc, berdasarkan rumus 2.7 dapat dihitung sebagai berikut :

$$Lc1 = \frac{\beta1\pi}{180} Rc1 = \frac{16,105\pi}{180} 400 = 112,43m$$

Seluruh hasil perhitungan lengkung horizontal pada alinyemen horizontal *hauling road* dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini :

Tabel 2 Hasil perhitungan lengkung horizontal

PI No	1	2	3
V (km/jam)	60	60	60
e maks (%)	6	6	6
e maks (%)	0,15	0,15	0,15
R min (m)	134,98	134,98	134,98
Rc (m)	400	200	200
Tipe Tikungan	FC	FC	FC
B (°)	16,105	50,342	37,057
Tc	56,589	93,989	67,03
Ec	3,9831	20,984	10,934
Lc	112,43	175,73	129,35

**Alinyemen Vertikal**

Pada alinyemen vertikal diasumsikan kemiringan maksimum jalan adalah sebesar 8% untuk lajur muatan dan 10% untuk lajur kosong, nilai ini didapatkan dari nilai kemiringan maksimum *hauling road* yang dipakai di Sektor 1. Dengan batasan kemiringan maksimum, maka dibuatlah desain alinyemen vertikal. Perencanaan lengkung vertikal harus mempertimbangkan keseimbangan volume pekerjaan galian dan timbunan dalam hal ini menggunakan bantuan aplikasi

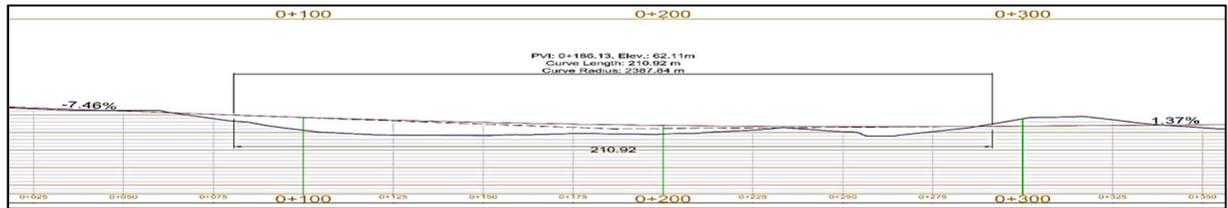
Autodesk Civil 3D 2015 untuk membuat gambar alinyemen vertikal dan mensimulasikan perhitungan galian dan timbunan sehingga didapatkan volume galian dan timbunan yang relatif seimbang. Dikarenakan pembuatan desain alinyemen vertikal dilanjutkan dengan simulasi volume galian dan timbunan maka diperlukan beberapa data seperti kecepatan rencana, lebar jalan, tipikal galian dan timbunan serta saluran dan *bundwall*. Dari seluruh kebutuhan data di atas, dipakai nilai-nilai yang identik dengan desain *hauling road* Sektor 1, karena *hauling road* di dalam area tambang memang dibuat seragam

untuk mempermudah evaluasi kondisi jalan dan perawatan jalan, maka pada perencanaan *hauling road* Sektor 2 dalam hal ini menggunakan data-data dari desain *hauling road* Sektor 1 yaitu : kecepatan rencana 60 km/jam, lebar jalan 11m, tipikal galian dan timbunan serta saluran dan tipikal galian dan timbunan yang dipakai untuk desain *hauling road* Sektor 2 dapat dilihat pada gambar Gambar 4 di bawah ini:



Gambar 4. Tipikal galian dan timbunan *hauling road* Sektor 2

Pada Gambar 4 dapat dilihat kemiringan pada galian adalah sebesar 1:1 dengan maksimum ketinggian galian sebelum dibuat bidang datar adalah 5m dan untuk kemiringan pada kondisi timbunan adalah sebesar 1:2 dengan maksimum ketinggian sebelum dibuat bidang datar adalah 5m. Gambar desain alinyemen aplikasi Autodesk Civil 3D 2015 menghasilkan nilai L (panjang lengkung vertikal) dimana pada lengkung vertikal pertama diperoleh nilai seperti pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5 Contoh alinyemen vertikal hauling road Sektor 2

Pada Gambar 5 di atas dapat dilihat pada alinyemen vertikal lengkung tersebut memiliki nilai L = 210,92 dan nilai A = (-7,46%-1,37%) = -8,83%, karena nilai A adalah absolut maka nilai A yang dipakai adalah 8,83%.

Penggambaran alinyemen horizontal di aplikasi Autodesk Civil 3D 2015 menghasilkan data-data lengkung seperti pada Tabel 3 berikut :

Tabel 3 Desain kemiringan jalan pada alinyemen vertikal *hauling road*

No.	PVI Station	PVI Elevation	Grade In	Grade Out	A (Grade Change)	Profile Curve Type	Profile Curve Length
1	0+000m	76.000m		-7.46%			
2	0+186m	62.109m	-7.46%	1.37%	8.83%	Sag	210.923m
3	0+701m	69.158m	1.37%	2.34%	0.97%	Sag	614.098m
4	1+308m	83.344m	2.34%	-0.15%	2.49%	Crest	600.000m
5	2+476m	81.592m	-0.15%	-3.10%	2.95%	Crest	679.246m
6	3+208m	58.958m	-3.10%	-0.46%	2.63%	Sag	236.618m
7	3+450m	57.837m	-0.46%				

Dari Tabel 3 di atas dapat dilihat bahwa pada desain alinyemen vertikal *hauling road* Sektor 2 terdiri dari 3 lengkung vertikal cekung (*sag*) dan 2 lengkung vertikal cembung (*crest*).

Setelah data-data lengkung vertikal diperoleh, selanjutnya mencari nilai K lengkung untuk kemudian dibandingkan dengan nilai standar K pada masing-masing kondisi jarak pandang sesuai dengan standar AASHTO (2001). Nilai K lengkung diperoleh dari rumus dengan contoh perhitungan pada lengkung vertikal di sta 0+186 adalah sebagai berikut :

$$K = \frac{L}{A} = \frac{210,923}{8,83} = 23,887$$

Dari rumus di atas, maka diperoleh nilai K untuk masing-masing lengkung vertikal seperti pada berikut:

Tabel 4 Nilai K diperoleh dari hitungan rumus AASHTO

PVI Station	Grade In (%)	Grade Out (%)	A(Grade Change) (%)	Profile Curve Type	Profile Curve Length	K Value
0+186m	-7,46	1,37	8,83	Sag	210,92	23,887
0+701m	1,37	2,34	0,97	Sag	614,10	633,091
1+308m	2,34	-0,31	2,65	Crest	600,00	226,415
2+476m	-0,31	-2,84	2,53	Crest	679,25	268,477
3+208m	-2,84	-0,46	2,38	Sag	236,62	99,419

Pada Tabel 4 di atas diperoleh nilai K dari masing-masing lengkung vertikal desain, selanjutnya adalah mencari nilai K sesuai dengan standar AASHTO (2001). Berdasarkan kecepatan

rencana 60 km/jam dan dari Tabel AASHTO (2001 :274), Tabel AASHTO (2001 :276) dan Tabel AASHTO (2001 :280) yang tersedia, maka diperoleh nilai kontrol K adalah sebagai berikut :

Berdasarkan Tabel AASHTO (2001 :274), nilai standar K untuk jarak pandang henti sebesar 11.

Berdasarkan Tabel AASHTO (2001 :276), nilai standar K untuk jarak pandang menyiap sebesar 195.

Berdasarkan Tabel AASHTO (2001 :280), nilai standar K untuk jarak pandang penyinaran lampu sebesar 18.

Berdasarkan nilai standar K di atas dan dibandingkan dengan nilai K yang diperoleh pada Tabel 5 maka hanya untuk jarak pandangan menyiap nilai K tidak terpenuhi, namun karena pada *hauling road* batubara PT A ditetapkan peraturan bahwa dilarang menyiap berdasarkan pada kebijakan keselamatan berkendara di tambang PT A maka nilai K untuk jarak pandang menyiap dapat diabaikan.

### Komparasi Hasil Hitungan dengan Hasil Aplikasi Civil 3D 2015

Gambar desain dibuat dengan bantuan aplikasi Autodesk Civil 3D 2015.

#### Alinyemen Horizontal

Hasil dari aplikasi Civil 3D 2015 untuk alinyemen horizontal dapat dilihat pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5 Data alinyemen horizontal dengan menggunakan aplikasi Autodesk Civil 3D 2015

No.	Type	Length	Radius	Minimum Radius	Design Speed	Start Station	End Station	Delta angle	External Tangent	External Secant
1	Line	806.684m			60 km/h	0+000m	0+807m			
2	Curve	112.432m	400.000m	135.000m	60 km/h	0+807m	0+919m	016.1047 (d)	56.589m	3.983m
3	Line	1503.828m			60 km/h	0+919m	2+423m			
4	Curve	175.726m	200.000m	135.000m	60 km/h	2+423m	2+599m	050.3419 (d)	93.989m	20.984m
5	Line	473.017m			60 km/h	2+599m	3+072m			
6	Curve	129.354m	200.000m	135.000m	60 km/h	3+072m	3+201m	037.0572 (d)	67.030m	10.934m
7	Line	249.628m			60 km/h	3+201m	3+451m			

Dimana : Delta angle =  $\beta$  ; External secant = Ec

External Tangent = Tc ; Length = Lc

Dari hasil Tabel 5 di atas dan dibandingkan dengan hasil pembahasan IV.3, maka perhitungan dengan rumus dan aplikasi tidak ada perbedaan.

#### Alinyemen Vertikal

Hasil dari aplikasi Civil 3D 2015 untuk alinyemen vertikal seperti pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6 Data alinyemen vertikal dengan menggunakan aplikasi Autodesk Civil 3D 2015

No.	PVI Station	PVI Elevation	Grade In	Grade Out	A (Grade Change)	Profile Curve Type	Profile Curve Length	K Value
1	0+000m	76.000m		-7.46%				
2	0+186m	62.109m	-7.46%	1.37%	8.83%	Sag	210.923m	23.878
3	0+701m	69.158m	1.37%	2.34%	0.97%	Sag	614.098m	635.288
4	1+308m	83.344m	2.34%	-0.31%	2.64%	Crest	600.000m	226.983
5	2+476m	79.761m	-0.31%	-2.84%	2.54%	Crest	679.246m	267.631
6	3+208m	58.958m	-2.84%	-0.46%	2.38%	Sag	236.618m	99.325
7	3+450m	57.837m	-0.46%					

Dari hasil Tabel 6 di atas dan dibandingkan dengan hasil pembahasan IV., maka perhitungan dengan rumus dan aplikasi ada perbedaan nilai K dengan selisih antara -0,01 – 2,19 namun kedua nilai K desain tersebut masih lebih besar dari K yang disyaratkan.

### SIMPULAN

Berdasarkan desain maka diperoleh hasil untuk alinyemen horizontal menggunakan bentuk lengkung *full circle* dengan jari-jari  $\geq 200\text{m}$  dan untuk alinyemen vertikal diperoleh nilai K untuk seluruh lengkung  $> 23$  dimana baik alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal seluruhnya memenuhi standar minimum yang disyaratkan AASHTO (2001) dan telah disesuaikan dengan kebutuhan tambang batubara PT A.

### SARAN

Jika pada perencanaan selanjutnya ditemukan trase jalan yang tidak memungkinkan penggunaan jari-jari besar maka dapat direncanakan jenis tikungan SCS (*spiral-circle-spiral*) dengan tetap memperhatikan standar.

### DAFTAR PUSTAKA

*American Association of State Highway and Transportation Officials, 2001. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, bp 2017, BP Statistical Review of World Energy.*

P. R., 2009, *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 Tentang Pertambangan Mineral dan Batubara.*

Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2016, *Pedoman Pinjam Pakai Kawasan Hutan.*

Sukirman, S., 1999, *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*, Bandung: Nova.

Suwandhi, A., 2004, *Diklat Perencanaan Tambang Terbuka.*, Bandung: UNISBA.

## ANALISA PENGARUH PERUBAHAN LINGKUP PERUBAHAN LINGKUP PEKERJAAN PADA KONTRAK KONSTRUKSI (Studi Kasus : Project RS Admira Pulomas – Jakarta Timur)

I Wayan Swastika dan Ismail Junaedy  
Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Sains dan Teknologi Nasional  
Jln. Moch. Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah P.O. Box 7715 JKS LA  
Kelurahan Jagakarsa – Jakarta Selatan 12620, Telp. 78880275  
Email: [iwayanswastika45@yahoo.co.id](mailto:iwayanswastika45@yahoo.co.id), [ismail.junaedy@yahoo.com](mailto:ismail.junaedy@yahoo.com).

### ABSTRAK

Setiap pelaksanaan pekerjaan suatu proyek pada umumnya mengalami perubahan (*change*) selama dalam proses konstruksi disebabkan karena keinginan pihak *owner*, terjadinya *change order* tentunya berdampak terhadap pelaksanaan proyek konstruksi antara lain terjadinya pembengkakan biaya konstruksi, perubahan desain, perubahan jadwal dan lain-lainnya. Dalam penulisan skripsi ini objek yang diamati adalah pengaruh perubahan lingkup pekerjaan pada kontrak konstruksi. Cara yang dilakukan untuk penulisan skripsi ini adalah metode pengamatan, interview, dan pengumpulan data berupa kontrak pekerjaan awal/ bill of quantity, variation order, kurva S rencana, dan kurva S realisasi. Total perubahan pekerjaan infrastruktur dengan pekerjaan struktur pada kontrak konstruksi terjadi deviasi penambahan biaya sebesar 4,12% dari kontrak awal, dan terjadi penambahan waktu pekerjaan selama 2 bulan dari rencana waktu awal dikarenakan adanya perubahan pekerjaan.

Kata Kunci : Perubahan Lingkup Pekerjaan, dan Kontrak Konstruksi

### ABSTRACT

*In general each implementation of profession sustain change during construction process is caused by the owner order, the occurrence of change order certainly effects to the construction project implementation such as, the occurrence of swelling of construction cost, design transformation, schedule shifting and etc. In writing this thesis the object being observed is the effect of changing the scope of work on the construction contract. How that is done for the writing of this thesis is a method of observation, interviews, and data collection in the form of initial employment contract/ bill of quantity, variation order, the curve S plans, and the realization of the S curve. The total of infrastructure profession changes with profession structure forward the construction contract occur the cost additional deviation of 4,12% from the early contract, and the occurrence of profession additional times for 2 months from the early plan is caused by the profession changes.*

Keyword : Change Order Of Work, and Construction Contracts

### PENDAHULUAN

Setiap pelaksanaan pekerjaan suatu proyek pada umumnya mengalami perubahan (*change*) selama dalam proses konstruksi. Hal ini dapat disebabkan karena keinginan pihak *owner*, kondisi lokasi proyek yang tidak menguntungkan dan lain sebagainya. Terjadinya *change order* tentunya berdampak terhadap pelaksanaan proyek konstruksi. Dampak tersebut antara lain terjadinya pembengkakan biaya konstruksi, perubahan disain, perubahan jadwal dan lain-lainnya. Meskipun segala sesuatunya telah diusahakan secara optimal, data-data yang didapat dari pengelola proyek menunjukkan bahwa perubahan lingkup kerja (*change order*) atau pekerjaan tambah kurang selama pelaksanaan konstruksi tidak dapat dihindari.

Maksud dan tujuan penulisan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar kecenderungan pengaruh perubahan lingkup pekerjaan terhadap kontrak dan untuk mengetahui seberapa besar proyek dapat tercapai sesuai dengan rencana yang telah disepakati bersama serta administrasi perubahan lingkup pekerjaan/ *change order* yang sesuai dengan dokumen kontrak yang telah disepakati bersama.

### METODE PENELITIAN

Pengumpulan data pada penelitian dilakukan dengan tiga metode yaitu Observasi (pengamatan), interview (wawancara), pengumpulan data lapangan yang berkaitan dengan tujuan penelitian. Adapun kegiatan dari masing-masing metode adalah sebagai berikut:

- Metode Observasi (Pengamatan)

Adapun kegiatan pengamatan yang dimaksud adalah mengamati dan mencatat komponen-komponen penelitian. Komponen-komponen penelitian yang dimaksud adalah :

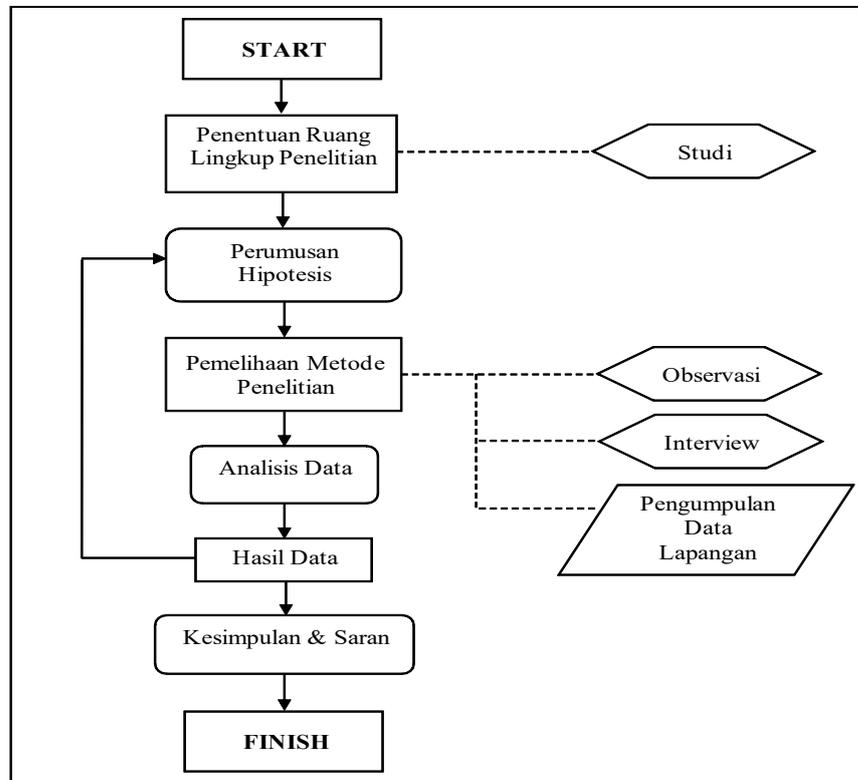
- ✓ Dokumen kontrak
- ✓ Hasil akhir dari kontrak

- Metode Interview (Wawancara)

Wawancara yang dimaksud adalah melakukan proses tanya jawab dalam penelitian yang berlangsung secara lisan dimana dua orang/ lebih bertatap muka mendengarkan secara langsung informasi-informasi/ keterangan-keterangan.

- Metode Pengumpulan Data Lapangan

Pengumpulan data lapangan adalah cara yang dilakukan guna mendapatkan data-data yang valid atau sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Adapun data-data yang dimaksud meliputi data perencanaan, dan data pelaksanaan.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Administrasi perubahan dikeluarkan yaitu melalui Site Instruction yang memungkinkan terjadinya penambahan/ pengurangan biaya, yang dalam lingkup ini adalah aspek komersial dan administrasi kontrak, dengan garis besarnya sebagai berikut :

1. Mengkaji kelengkapan dokumen yang disyaratkan,
2. Prosedur komunikasi, surat menyurat, dan sistem arsip,
3. Pengelolaan pembayaran,
4. *Change Order*,
5. Klaim.

Untuk mencapai tujuan tersebut, maka Direksi Pekerjaan mempertimbangkan untuk melakukan perubahan antara lain sebagai berikut :

- a. Membesarkan atau mengecilkan dari besarnya pekerjaan yang ada dalam kontrak
- b. Menghilangkan suatu macam pekerjaan.
- c. Merubah sifat atau mutu dari sesuatu pekerjaan.
- d. Merubah permukaan, garis, posisi dan ukuran dari setiap bagian pekerjaan.
- e. Membuat pekerjaan yang diperlukan untuk mencapai sasaran yang ditetapkan.
- f. Merubah jadwal kerja dari suatu bagian pekerjaan.

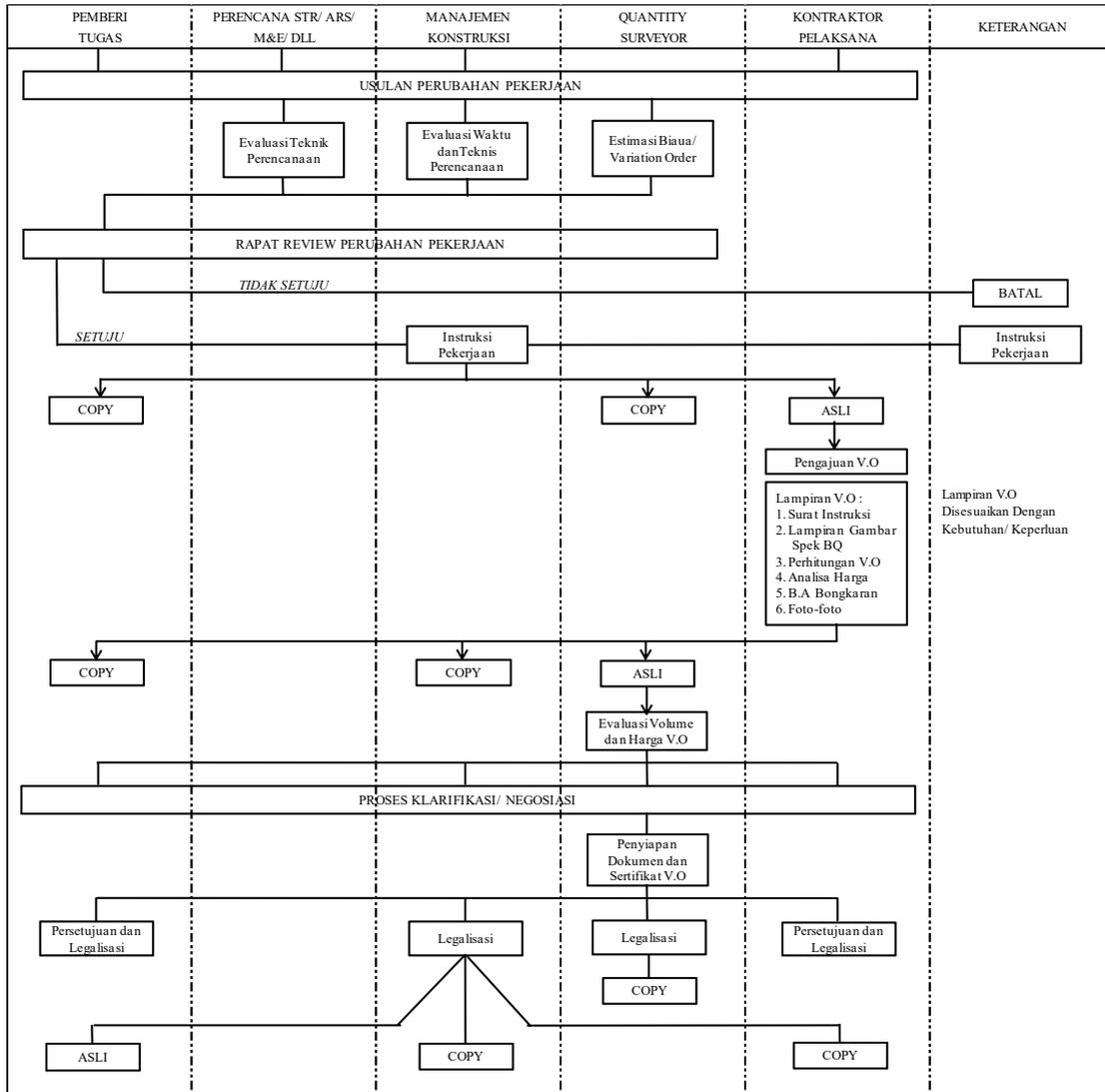
Berhubungan dengan adanya perubahan ini akan timbul dampak yang cukup luas antara lain menyangkut:

- a. Perpanjangan jangka waktu pelaksanaan,
- b. Tambahan biaya,
- c. Penyerahan pekerjaan tidak sesuai rencana semula.

Pembayaran Pekerjaan Tambah dan Kurang :

- a. Pekerjaan Tambah dan Kurang yang timbul selama masa pelaksanaan dan yang telah mendapat persetujuan tertulis dari PIHAK PERTAMA, akan dibuatkan Addendum Nilai Kontrak (sertifikat Pekerjaan tambah/ kurang).
- b. Addendum Nilai Kontrak untuk Pekerjaan Tambah dan Kurang tersebut (bila ada) akan dibuat setiap saat bersamaan dengan progress kemajuan pekerjaan. Untuk pekerjaan tambah dan kurang yang terjadi pada periode yang bersangkutan atau atas kesepakatan bersama pihak-pihak yang terkait, disesuaikan dengan kondisi yang ada.
- c. Pembayaran Pekerjaan Tambah dan Kurang hanya dapat dilaksanakan setelah Addendum Nilai Kontrak yang bersangkutan ditandatangani, dan pekerjaan telah selesai dilaksanakan dan disetujui oleh kedua belah pihak.
- d. Cara pembayaran atas Addendum Nilai Kontrak Pekerjaan Tambah dan Kurang adalah berbarengan dengan pembayaran prestasi pekerjaan, dengan ketentuan sebagai berikut :
  1. 95% dari nilai Pekerjaan Tambah dan Kurang akan dibayarkan setelah Addendum Nilai Kontrak yang bersangkutan ditanda-tangani dan Pekerjaan tambah dan Kurang tersebut telah selesai dikerjakan sesuai laporan kemajuan pekerjaan dari Manajemen Konstruksi.
  2. 5% dari nilai Pekerjaan Tambah dan Kurang akan dibayarkan setelah berakhirnya masa pemeliharaan dari Kontrak Asli (Kontrak Awal).
- e. Untuk pembayaran Pekerjaan Tambah dan Kurang tersebut akan dimasukkan dalam Sertifikat Pembayaran.

Tabel 1. Prosedur Perubahan Pekerjaan



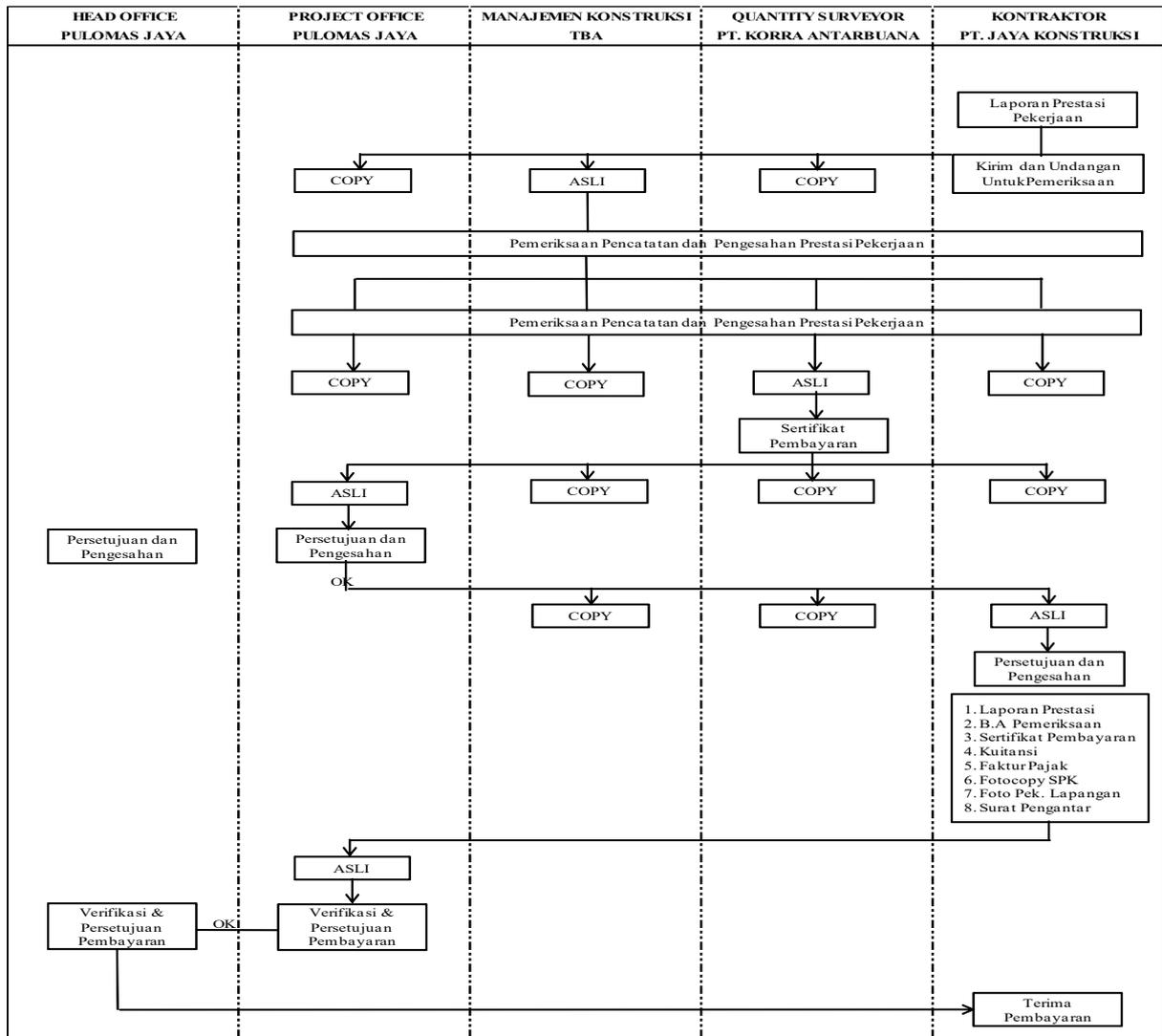
Suatu kegiatan mempunyai "awal dan akhir" atau dengan kata lain proyek merupakan kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu tertentu dengan alokasi sumber daya yang terbatas untuk mencapai suatu tujuan yang telah ditetapkan. Sasaran/ tujuan suatu proyek meliputi biaya (*cost*), mutu (*Quality*) dan waktu (*Delivery*).

Pada dasarnya syarat yang harus dipenuhi untuk melaksanakan perubahan pekerjaan ialah adanya perintah tertulis dari Direksi Pekerjaan, atau perintah lisan dari Direksi Pekerjaan yang telah diteguhkan secara tertulis oleh Direksi Pekerjaan sendiri ataupun oleh Kontraktor.

Dari semua kejadian pelaksanaan pekerjaan semua tersebut dibuat dalam bentuk laporan akhir pekerjaan. Laporan tersebut berupa pencatatan atau recording karena laporan tersebut merupakan kegiatan membuat dan menyimpan segala peristiwa yang terjadi sejak pekerjaan berdasarkan kontrak dimulai sampai selesai selama berlangsungnya atau berlakunya masa kontrak. Laporan tersebut dibuat rangkuman hasil pelaksanaan oleh Kepala Operasi, kemudian Kepala Operasi memproses evaluasi rencana dengan realisasi di lapangan dan diajukan ke Kepala Teknik, kemudian Kepala Teknik menyetujui dan mengesahkan dan kemudian diberikan ke administrasi proyek untuk didistribusikan ke Pimpro, Owner, dan membuatkan arsipnya.

Berikut prosedur pembayaran pekerjaan kepada kontraktor.

Tabel 2. Prosedur Pembayaran Pekerjaan Kontraktor



Kontrak Awal Pekerjaan Struktur

Tabel 3. Kontrak Awal Pekerjaan Struktur

NO	URAIAN PEKERJAAN	KONTRAK AWAL		
		VOL	SAT	TOTAL (Rp)
	<b>PEKERJAAN STRUKTUR</b>			
1	Dinding Penahan Tanah	651.78	Ls	37,935,746
2	Beton Parapet Ramp Lantai 1 s/d 5	20.76	Ls	61,027,077
3	Canopy pada area unit Emergency (UGD) Lantai Dasar	55.35	Ls	197,460,059
4	Struktur (Tutup Pile Cap, Sirip Beton,Kaki Kolom) Perubahan Desain Penurunan >50cm	979.73	Ls	607,442,113
5	Tiang Pancang	329.45	Ls	546,638,157
6	Perubahan kolom dan balok plat atap tangga darurat AS 10'	123.15	Ls	369,194,692
7	Perubahan ramp pada AS 10/ A-D	292.38	Ls	1,002,359,677
8	Pekerjaan selasar luar dan selasar rabat dibawah ramp lantai dasar	2,540.34	Ls	62,047,275
9	Perubahan Pondasi pada Ruang CT Scan	149.36	Ls	85,028,770
10	Perubahan volume kolom praktis lantai 1 s/d 5	-	Ls	-
11	Perubahan Lay Out Struktur GWT	45.72	Ls	155,855,779
12	Profil Baja Canopy	2,037.45	Ls	30,047,726
	<b>TOTAL (Rp.)</b>			<b>3,155,037,070.11</b>
	<b>PPN 10% (Rp.)</b>			<b>315,503,707.01</b>
	<b>GRAND TOTAL (Rp.)</b>			<b>3,470,540,777.12</b>

## Kontrak Awal Pekerjaan Infrastruktur

Tabel 4. Kontrak Awal Pekerjaan Infrastruktur

NO	URAIAN PEKERJAAN	KONTRAK AWAL		
		VOL	SAT	TOTAL (Rp)
	<b>PEKERJAAN INFRASTRUKTUR</b>			
1	Pekerjaan Landscape Tahap I	23,378.57	Ls	1,828,201,911
2	Pekerjaan Landscape Tahap II	4,118.36	Ls	391,217,600
3	Pekerjaan Tiang Bendera	18.67	Ls	10,573,878
4	Pekerjaan Grease Trap	-	Ls	-
5	Pekerjaan WWTP	-	Ls	-
	<b>TOTAL (Rp.)</b>			<b>2,229,993,388.76</b>
	<b>PPN 10% (Rp.)</b>			<b>222,999,338.88</b>
	<b>GRAND TOTAL (Rp.)</b>			<b>2,452,992,727.64</b>

Tabel 5. Perubahan Lingkup Pekerjaan Struktur

NO	URAIAN PEKERJAAN	KONTRAK AWAL			PERUBAHAN KONTRAK			PEKERJAAN TAMBAH			PEKERJAAN KURANG			KONTRAK AKHIR			DEVIASI (%)	
		VOL	SAT	TOTAL (Rp)	VOL	SAT	TOTAL (Rp)	VOL	SAT	TOTAL (Rp)	VOL	SAT	TOTAL (Rp)	VOL	SAT	TOTAL (Rp)	VOLUME	BIAYA
<b>PEKERJAAN STRUKTUR</b>																		
1	Dinding Penahan Tanah	651.78	Ls	37,935,746	299.78	Ls	244,051,522	299.78	Ls	244,051,522	-	Ls	-	951.56	Ls	281,987,268	45.99	643.33
2	Beton Parapet Ramp Lantai 1 s/d 5	20.76	m <sup>3</sup>	61,027,077	-20.76	m <sup>3</sup>	-61,027,077	-	m <sup>3</sup>	-	20.76	m <sup>3</sup>	61,027,077	0	m <sup>3</sup>	0	-100.00	-100.00
3	Canopy pada area unit Emergency (UGD) Lantai Dasar	55.35	m <sup>3</sup>	197,460,059	-5.48	m <sup>3</sup>	-18,037,105	1.15	m <sup>3</sup>	4,349,279	6.63	m <sup>3</sup>	22,386,384	49.87	m <sup>3</sup>	179,422,954	-9.90	-9.13
4	Struktur (Tutup Pile Cap, Sirip Beton,Kaki Kolom) Perubahan Desain Penurunan >50cm	979.73	m <sup>3</sup>	607,442,113	427.89	m <sup>3</sup>	3,083,273	451.82	m <sup>3</sup>	98,180,980	23.92	m <sup>3</sup>	95,097,707	1,407.62	m <sup>3</sup>	610,525,386	43.67	0.51
5	Tiang Pancang	329.45	Ls	546,638,157	-61.54	Ls	29,604,020	162.34	Ls	202,317,796	223.88	Ls	172,713,776	267.91	Ls	576,242,178	-18.68	5.42
6	Perubahan kolom dan balok plat atap tangga darurat AS 10'	123.15	m <sup>3</sup>	369,194,692	25.30	m <sup>3</sup>	78,319,136	32.41	m <sup>3</sup>	100,427,695	7.11	m <sup>3</sup>	22,108,559	148.45	m <sup>3</sup>	447,513,828	20.55	21.21
7	Perubahan ramp pada AS 10/ A-D	292.38	m <sup>3</sup>	1,002,359,677	-225.23	m <sup>3</sup>	-812,037,160	62.12	m <sup>3</sup>	179,332,121	287.35	m <sup>3</sup>	991,369,281	67.15	m <sup>3</sup>	190,322,516	-77.03	-81.01
8	Pekerjaan selasar luar dan selasar rabat dibawah ramp lantai dasar	2,540.34	Ls	62,047,275	1,828.90	Ls	131,618,361	1,828.90	Ls	131,618,361	-	Ls	-	4,369.24	Ls	193,665,637	71.99	212.13
9	Perubahan Pondasi kolom praktis CT Scan	149.36	m <sup>3</sup>	85,028,770	3.88	m <sup>3</sup>	1,689,996	3.88	m <sup>3</sup>	1,689,996	-	m <sup>3</sup>	-	153.24	m <sup>3</sup>	86,718,765	2.60	1.99
10	Perubahan volume kolom praktis lantai 1 s/d 5	-	m <sup>3</sup>	-	16.80	m <sup>3</sup>	62,934,743	16.80	m <sup>3</sup>	62,934,743	-	m <sup>3</sup>	-	16.80	m <sup>3</sup>	62,934,743	100.00	100.00
11	Perubahan Lay Out Struktur GWT	45.72	m <sup>3</sup>	155,855,779	22.73	m <sup>3</sup>	71,659,511	49.80	m <sup>3</sup>	162,530,685	27.07	m <sup>3</sup>	90,871,174	68.45	m <sup>3</sup>	227,515,290	49.72	45.98
12	Profil Baja Canopy	2,037.45	Ls	30,047,726	1,289.77	Ls	27,877,976	1,614.73	Ls	32,244,851	324.96	Ls	4,366,875	3,327.22	Ls	57,925,702	63.30	92.78
<b>TOTAL (Rp.)</b>				<b>3,155,037,070.11</b>			<b>1,219,678,029.25</b>			<b>1,459,940,832.07</b>								
<b>PPN 10% (Rp.)</b>				<b>315,503,707.01</b>			<b>121,967,802.92</b>			<b>145,994,083.21</b>								
<b>GRAND TOTAL (Rp.)</b>				<b>3,470,540,777.12</b>			<b>1,341,645,832.17</b>			<b>1,605,934,915.28</b>								

Tabel 6. Perubahan Lingkup Pekerjaan Infrastruktur

NO	URAIAN PEKERJAAN	KONTRAK AWAL			PERUBAHAN KONTRAK			PEKERJAAN TAMBAH			PEKERJAAN KURANG			KONTRAK AKHIR			DEVIASI (%)	
		VOL	SAT	TOTAL (Rp)	VOL	SAT	TOTAL (Rp)	VOL	SAT	TOTAL (Rp)	VOL	SAT	TOTAL (Rp)	VOL	SAT	TOTAL (Rp)	VOLUME	BIAYA
<b>PEKERJAAN INFRASTRUKTUR</b>																		
1	Pekerjaan Landscape Tahap I	23.378,57	Ls	1.828.201.911	-650,53	Ls	-26.923.729	-	Ls	-	650,53	Ls	26.923.729	22.728,04	Ls	1.801.278.182	-2,78	-1,47
2	Pekerjaan Landscape Tahap II	4.118,36	Ls	391.217.600	6.906,78	Ls	637.989.109	7.469,00	Ls	661.543.745	562,22	Ls	23.554.636	11.025,14	Ls	1.029.206.709	167,71	163,08
3	Pekerjaan Tiang Bendera	18,67	Ls	10.573.878	0,00	Ls	-1.295.936	2,89	Ls	469.394	2,89	Ls	1.765.330	18,67	Ls	9.277.942	0,00	-12,26
4	Pekerjaan Grease Trap	-	Ls	-	157,46	Ls	49.997.584	157,46	Ls	49.997.584	-	Ls	-	157,46	Ls	49.997.584	100,00	100,00
5	Pekerjaan WWTP	-	Ls	-	86,17	Ls	32.769.837	86,17	Ls	32.769.837	-	Ls	-	86,17	Ls	32.769.837	100,00	100,00
<b>TOTAL (Rp.)</b>				<b>2.229.993.388,76</b>			<b>744.780.560,39</b>			<b>52.243.695,74</b>								
<b>PPN 10% (Rp.)</b>				<b>222.999.338,88</b>			<b>74.478.056,04</b>			<b>5.224.369,57</b>								
<b>GRAND TOTAL (Rp.)</b>				<b>2.452.992.727,64</b>			<b>819.258.616,43</b>			<b>57.468.065,31</b>								

**Analisa Pengaruh Perubahan Lingkup Pekerjaan Struktur Pada Kontrak Kontruksi***Kontrak Awal*

Biaya = Rp 8.713.946.244,-

*Perubahan Kontrak*

Biaya = Pekerjaan Tambah (-) Pekerjaan Kurang  
 = Rp 1.219.678.029,- (-) Rp 1.459.940.832,-  
 = - Rp 240.262.803,-

*Pekerjaan Tambah*

Biaya = Rp 1.219.678.029,-

*Pekerjaan Kurang*

Biaya = Rp 1.459.940.832,-

*Kontrak Akhir*

Biaya = Biaya kontrak awal + Biaya perubahan kontrak  
 = Rp 8.713.946.244,- + (-Rp 240.262.803,-)  
 = Rp 8.473.683.441,-

*Deviasi*

$$\text{Biaya} = \frac{\text{perubahan.kontrak}}{\text{kontrak..awal}} \times 100\% = \frac{-Rp.240.262.803.-}{Rp.8.713.946.244.-} \times 100\% = -2,76 \%$$

**Analisa Pengaruh Perubahan Lingkup Pekerjaan Infrastruktur Pada Kontrak Kontruksi***Kontrak Awal*

Biaya = Rp 2.268.523.792,-

*Perubahan Kontrak*

Biaya = Pekerjaan Tambah (-) Pekerjaan Kurang  
 = Rp 744.780.560,- (-) Rp 52.243.696,-  
 = Rp 692.536.865,-

*Pekerjaan Tambah*

Biaya = Rp 744.780.560,-

*Pekerjaan Kurang*

Biaya = Rp 52.243.696,-

*Kontrak Akhir*

Biaya = Biaya kontrak awal + Biaya perubahan kontrak  
 = Rp 2.268.523.792,- + Rp 692.536.865,-  
 = Rp 2.961.060.657,-

*Deviasi*

$$\text{Biaya} = \frac{\text{perubahan.kontrak}}{\text{kontrak..awal}} \times 100\% = \frac{Rp.692.536.865.-}{Rp.2.268.523.792.-} \times 100\% = 30,53 \%$$

**Analisa Pengaruh Total Perubahan Lingkup Pekerjaan Infrastruktur Dengan Pekerjaan Struktur Pada Kontrak Kontruksi***Kontrak Awal*

Biaya = Rp 10.982.470.036,-

*Perubahan Kontrak*

Biaya = Pekerjaan Tambah (-) Pekerjaan Kurang  
 = Rp 1.964.458.589,- (-) Rp 1.512.184.528,-  
 = Rp 452.274.061,-

*Pekerjaan Tambah*

Biaya = Rp 1.964.458.589,-

*Pekerjaan Kurang*

Biaya = Rp 1.512.184.528,-

#### *Kontrak Akhir*

Biaya = Biaya kontrak awal + Biaya perubahan kontrak  
= Rp 10.982.470.036,- + Rp 452.274.061,-  
= Rp 11.434.744.097,-

#### *Deviasi*

$$\text{Biaya} = \frac{\text{perubahan.kontrak}}{\text{kontrak.awal}} \times 100\% = \frac{\text{Rp.452.274.061.-}}{\text{Rp.10.982.470.036,-}} \times 100\% = 4,12 \%$$

### **Analisa Pengaruh Perubahan Waktu Awal Kontrak dengan Sesudah Terjadi Perubahan Akibat *Change Order***

Jadwal rencana awal pelaksanaan kontrak proyek dimulai dari Desember 2010 sampai dengan Juli 2011. Di dalam *master schedule* tersebut terjadi revisi penjadwalan dikarenakan adanya perubahan pekerjaan (*change order*) sehingga waktu pekerjaan ditambah selama 2 bulan. Jadi jadwal pelaksanaan proyek setelah direvisi akibat *change order* dari Desember 2010 sampai dengan september 2011. *Master schedule* tersebut dibuat dalam kurva S (terlampir).

### **SIMPULAN**

Berdasarkan uraian dari bab-bab sebelumnya diatas, maka kesimpulan yang dapat disimpulkan adalah sebagai berikut:

1. Total perubahan pekerjaan struktur pada kontrak konstruksi terjadi deviasi pengurangan biaya sebesar 2,76% dari kontrak awal.
2. Total perubahan pekerjaan infrastruktur pada kontrak konstruksi terjadi deviasi penambahan biaya sebesar 30,53% dari kontrak awal.
3. Total perubahan pekerjaan infrastruktur dengan pekerjaan struktur pada kontrak konstruksi terjadi deviasi penambahan biaya sebesar 4,12% dari kontrak awal.
4. Terjadi penambahan waktu pekerjaan selama 2 bulan dari rencana waktu awal dikarenakan adanya perubahan pekerjaan (*change order*).

### **SARAN**

1. Sebaiknya sebelum terjadinya perintah atau keputusan mengenai hal-hal perubahan pekerjaan terlebih dahulu harus mendapat persetujuan dari Konsultan Pengawas.
2. Masalah komplain oleh kontraktor seharusnya ada dan tertulis pada klausul kontrak.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan objek penelitian yang lebih luas/ besar sehingga hasil analisa penulisan yang dihasilkan akan lebih akurat.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Awad S. Hanna, Jeffrey S. Russell, Timothy W. Gotzision and Erik V. Nordheim, 1999 *Impact of Change Orders on Labor Efficiency For Mechanical Construction*, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE.
- Awad S. Hanna, Richard Camlic, Pehr A. Peterson, Erik V. Nordheim, *Quantitative Definition of Projects Impacted by Change Order*, ASCE, [www.asce.org](http://www.asce.org).
- Barrie S.B and Paulson, C.B (1992), "*Professional Construction Management*", Third Edition, McGraw Hill, Inc.
- Clarkson H. Oglesby, Henry W. Parker, Gregory A. Howell, 1989, *Productivity Improvement in Construction*, McGraw-Hill Inc, New York, .
- D. S. Barrie, B.C. Paulson, Sudinarto, *Manajemen Konstruksi Profesional*, 1994, edisi kedua, Erlangga, Jakarta.
- D.S. Barrie, B.C. Paulson, Sudinarto, "*Profesional Construction Management*", third edition. Mc Graw-Hill, Inc.
- Harry Hartawan, 1999., *Manajemen Konstruksi, Perencanaan dan Pengendalian Proyek ISTN*, Jakarta,

- H.N. Ahuja, 1976, *Construction Performance Control by Networks*, John Wiley & Sons, New York .
- Iman Soeharto (1998), *"Manajemen Proyek : Dari Konseptual sampai Operasional"*, Jilid dua, Erlangga, Jakarta.
- Ir. H. Nazarkhan Yasin "*Mengenal Kontrak Konstruksi di Indonesia*".
- Ir. Joko Nursapto, *Materi Kuliah Manajemen Konstruksi*, ISTN, Jakarta.
- Istimawan Dipohusodo, 1996 *Manajemen Proyek & Konstruksi*, Kanisius, Yogyakarta,.
- Keppres no 80 tahun 2003 tentang Pedoman Pelaksanaan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah, [www.ri.go.id](http://www.ri.go.id).
- Mahendra sultan syah, Ir, 2004,., "*Manajemen Proyek Kiat Sukses Mengelola Proyek*", PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Stanley Goldhaber, Chandra K. JHA, Manuel C. Macedo Jr, 1977, *Construction Management Principles and Practices*, John Wiley & Sons, New York.
- Undang-undang Republik Indonesia nomor 18 tahun 1999 tentang jasa konstruksi, [www.ri.go.id](http://www.ri.go.id).
- Wulfram I. Ervianto, 2002, *Manajemen Proyek Konstruksi*, Penerbit Andi Yogyakarta, Yogyakarta.
- Waller S. Poage, AIA, CSI, CCS " *Petunjuk Bagi Para Profesional Bangunan dalam Dokumen Kontrak*".

## **PENGARUH PENGGUNAAN PASIR GUNUNG MERAPI TERHADAP KUAT TEKAN BETON MUTU K<sub>250</sub>**

Moh Azhar, Yana Sutisna, Akhmad Dinul Kholis  
Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Sains dan Teknologi Nasional  
Jln. Moch. Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah P.O. Box 7715 JKS LA  
Kelurahan Jagakarsa – Jakarta Selatan 12620, Telp. 78880275  
Email : [mohazhar62@yahoo.co.id](mailto:mohazhar62@yahoo.co.id), [nagineholies@gmail.com](mailto:nagineholies@gmail.com)

### **ABSTRAK**

Dalam bidang konstruksi, campuran beton merupakan objek yang sering dijadikan sebagai penelitian untuk mendapatkan metode konstruksi yang efisien. Salah satu syarat beton adalah mempunyai kuat tekan tinggi tetapi mudah dikerjakan. Pasir Gunung Merapi memiliki ciri menonjol yaitu wujudnya yang berupa butiran kasar berwarna hitam pekat dan mengandung lumpur yang sangat sedikit. Kandungan silika (SiO) yang tinggi membuat kualitasnya menjadi sangat baik. Ujung silika yang runcing membentuk partikel yang memiliki sudut. Pola partikel bersudut itulah yang membuat ikatan pasir gunung api dengan semen menjadi lebih kuat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pasir gunung merapi terhadap kuat tekan beton dan mengetahui pengaruh pasir gunung merapi pada pembuatan beton, sehingga didapatkan komposisi pasir yang tepat. Penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan campuran beton yang menggunakan agregat halus dari pasir gunung merapi dan pasir cimangkok. Benda uji yang digunakan adalah berbentuk kubus (15cm x 15cm x 15cm) dengan mutu beton rencana K<sub>250</sub>. Jumlah benda uji sebanyak 24 buah, terdiri dari 2 variasi dan masing-masing variasi sebanyak 12 buah. Benda uji diuji pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Benda uji akan dirawat dengan cara perendaman di air sebelum diuji. Dari hasil penelitian diperoleh perbedaan jumlah campuran antara beton yang menggunakan pasir gunung merapi lebih sedikit 9,2% dari pasir cimangkok. Serta perbedaan kuat tekan beton yang menggunakan pasir gunung merapi sebagai agregat halus 2,8 % lebih tinggi dibandingkan terhadap beton yang menggunakan campuran pasir Cimangkok sebagai agregat halus pada umur 28 hari.

Kata kunci : Beton, Pasir Gunung Merapi, Kuat Tekan, Slump, Agregat Halus

### **ABSTRACT**

*In the field of construction, concrete mixture is an object often used as research to obtain an efficient construction method. One of the concrete requirements is to have a high compressive strength but it is easy to work. Sand Mount Merapi has a prominent feature of its form in the form of coarse grains of black and contain very little mud. The high content of silica (SiO) makes the quality very good. The pointed silica tip forms a particles having angles. Angle particle pattern is what makes the volcanic sand sand with cement becomes stronger. The purpose of this research is to know the influence of Mount Merapi sand against the compressive strength of concrete and to know the influence of Merapi Mountain sand on the concrete making, so that got the right sand composition. This study was conducted by comparing a mixture of concrete using a fine aggregate of Merapi mountain sand and cimangkok sand. The test piece used is cube-shaped (15cm x 15cm x 15cm) with concrete quality of K<sub>250</sub> plan. The number of test objects as many as 24 pieces, consists of 2 variations and each variation of 12 pieces. The test specimens were tested at 3 days, 7 days, 14 days, 21 days and 28 days. The test piece will be treated by soaking in water before it is tested. From the result of the research, the difference of mix between concrete using Merapi mountain sand is 9,2% from cimangkok sand. As well as the difference in compressive strength of concrete using Merapi mountain sand as a fine aggregate of 2.8% higher than that of concrete using cimangkok sand mixture as fine aggregate at 28 days.*

*Keywords: Concrete, Merapi Mountain Sand, Compressive Strength, Slump, Fine Aggregate*

### **PENDAHULUAN**

Dalam bidang konstruksi, campuran beton merupakan objek yang sering dijadikan sebagai penelitian untuk mendapatkan metode konstruksi yang efisien. Salah satu syarat beton adalah mempunyai kuat tekan tinggi tetapi mudah dikerjakan. Semakin banyak beton yang digunakan sebagai bahan penyusun struktur beton, maka mendorong penelitian untuk mengembangkan material beton.

Karakteristik kualitas agregat halus berupa pasir yang digunakan sebagai komponen struktural beton memegang peranan penting dalam menentukan karakteristik kualitas struktur beton yang dihasilkan, sebab agregat halus mengisi sebagian besar volume beton.

Pasir Gunung Merapi memiliki ciri menonjol yaitu wujudnya yang berupa butiran kasar berwarna hitam pekat dan mengandung lumpur yang sangat sedikit. Pasir yang berasal dari batuan hitam yang melapuk dan mengendap ini memiliki struktur yang tajam dan kasar. Kandungan silika (SiO) yang tinggi membuat kualitasnya menjadi sangat baik. Ujung silika yang runcing membentuk partikel yang memiliki sudut. Pola partikel bersudut itulah yang membuat ikatan pasir gunung api dengan semen menjadi lebih kuat. Menurut hasil penelitian Sudaryo dan Sutjipto dengan menggunakan analisis aktivasi neutron cepat, kandungan logam dalam tanah vulkanik di sekitar wilayah Merapi yaitu untuk logam Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> berkisar 9,238%, CaO sebesar 1,248%, MgO sebesar 0,337%, Si<sub>2</sub>O sebesar 78,235%, dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebesar 8,208%, (Sudaryo dan Sutjipto, 2009). Kualitas pasir yang baik konon dapat memperirit penggunaan semen. Untuk itu dalam penelitian ini penulis mencoba untuk mendapatkan formulasi komposisi pasir yang tepat dengan memanfaatkan pasir dari gunung merapi.

### **Agregat Halus (Pasir)**

Agregat halus adalah agregat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa pasir buatan yang dihalikan oleh alat-alat pemecah batu, dan mempunyai ukuran butir terbesar 5 mm atau lolos saringan no. 4 dan tertahan pada saringan no. 200.

Agregat halus yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

#### a. Susunan Butiran ( Gradasi)

Modulus kehalusan (*fineness modulus*), menurut hasil penelitian (Iarrard, 1990) menunjukkan bahwa pasir dengan modulus kehalusan 2,5 s/d 3,0 pada umumnya akan menghasilkan beton mutu tinggi (dengan fas yang rendah) yang mempunyai kuat tekan dan *workability* yang optimal. Agregat halus yang digunakan harus mempunyai gradasi yang baik, karena akan mengisi ruang-ruang kosong yang tidak dapat diisi oleh material lain sehingga menghasilkan beton yang padat disamping untuk mengurangi penyusutan. Analisa saringan akan memperlihatkan jenis dari agregat halus tersebut. Melalui Organic saringan maka akan diperoleh angka *Fine Modulus*. Melalui *Fine Modulus* ini dapat digolongkan 3 jenis pasir yaitu :

- ✓ Pasir Kasar :  $2.9 < FM < 3.2$
- ✓ Pasir Sedang :  $2.6 < FM < 2.9$
- ✓ Pasir Halus :  $2.2 < FM < 2.6$

Pada agregat untuk pembuatan beton diinginkan suatu butiran yang berkemampuan tinggi, karena volume porinya sedikit maka bahan pengikat yang dibutuhkan juga sedikit. Menurut **SK SNI T-15-1990-03** (Tabel 1), kekasaran pasir dibedakan menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu:

- ZONE I = Pasir Kasar
- ZONE II = Pasir Agak Kasar
- ZONE III = Pasir Agak Halus
- ZONE IV = Pasir Halus

Tabel 1. Syarat Batas Gradasi Agregat Halus (SK SNI T-15-1990-03)

Lubang ayakan (mm)	Berat Tembus Kumulatif (%)							
	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas
10	100	100	100	100	100	100	100	100
4.8	90	100	90	100	90	100	95	100
2.4	60	95	75	100	80	100	95	100
1.2	30	70	55	100	75	100	90	100
0.6	15	34	35	59	60	79	80	100
0.3	5	20	8	30	12	40	15	50
0.15	0	10	0	10	0	10	0	15

Keterangan :
Zone 1 = Pasir Kasar
Zone 2 = Pasir Agak Kasar
Zone 3 = Pasir Halus
Zone 4 = Pasir Agak Ha

- b. Kadar lumpur merupakan fraksi-fraksi halus dalam agregat. Lumpur tersebut harus dibatasi sampai suatu jumlah mutlak yang tidak boleh dilewati. Lumpur menambah kebutuhan akan air dalam suatu campuran beton, sehingga kekuatan tekan dan keawetannya akan menurun. Selain itu lumpur dapat juga merupakan lapisan-lapisan tipis pada agregat halus dan akan mempengaruhi Modulus Elastisitas dari tiap individu agregat halus, sehingga akan menambah penyusutan dan rangkakan (*creep*). Oleh karena itu, kadar lumpur pada agregat halus berdasarkan syarat PBI tidak boleh lebih dari 5%. Apabila lebih dari 5% maka agregat halus tersebut harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai agregat untuk campuran beton.
- c. Agregat halus harus bebas dari pengotoran zat organik yang akan merugikan beton, atau kadar organik jika diuji di laboratorium tidak menghasilkan warna yang lebih tua dari standart percobaan Abrams – Harder dengan batas standarnya pada acuan No 3. Lapisan-lapisan senyawa organik pada agregat halus dapat memperlambat proses pengikatan beton, karena substansi ini biasanya mengandung asam yang dapat mencegah berlangsungnya hidrasi dari semen. Banyaknya senyawa organik yang terkandung pada agregat halus dapat dikontrol dengan larutan NaOH 3%. Warna dari larutan NaOH ini berubah, tergantung banyaknya senyawa organik yang terdapat pada agregat halus tersebut. Jika perubahan warna hanya sedikit atau lebih muda dari pada warna standard, maka agregat halus ini dapat langsung dipergunakan. Tetapi jika warna yang didapat lebih tua dari warna standard, maka pasir tersebut harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai campuran beton.
- d. Agregat halus yang digunakan untuk pembuatan beton dan akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaihan yang berlebihan di dalam mortar atau beton dengan semen kadar alkalinya tidak lebih dari 0,60% atau dengan penambahan yang bahannya dapat mencegah pemuaihan.
- e. Kadar air agregat halus juga perlu diperhitungkan karena jika agregatnya tidak jenuh air, maka agregat akan menyerap air campuran beton. Sebaliknya air bebas pada permukaan agregat akan menjadi bagian dari campuran beton, oleh karena itu dalam perhitungan, keadaan kering permukaan jenuh dipakai dasar. Dengan mengetahui kadar air dari agregat dapat ditaksir penambahan air dalam suatu adukan sehingga kadar air total adukan tersebut tidak terlalu sedikit atau tidak terlalu banyak.
- f. Berat jenis dan penyerapan air agregat halus. Berat jenis agregat adalah rasio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume sama pada suhu yang sama. Sedangkan penyerapan adalah kemampuan agregat untuk menyerap air dalam kondisi kering sampai dengan kondisi jenuh permukaan kering (SSD = *Saturated Surface Dry*). Berat jenis digunakan untuk menentukan volume yang diisi oleh agregat. Berat jenis dari agregat pada akhirnya akan menentukan berat jenis dari beton sehingga secara langsung menentukan banyaknya campuran agregat dalam campuran beton. Penyerapan untuk partikel dari berbagai ukuran pada agregat yang sama mungkin berubah-ubah. Penyerapan dari suatu agregat sering merupakan petunjuk yang berguna terhadap kedapatan air dan daya tahan terhadap pembekuan pada musim dingin dari beton yang menggunakan agregat

ini. Lapisan air yang menyelubungi butir-butir pasir menyatukan butiran tersebut karena adanya tegangan permukaan dari lapisan itu segera sesudah air pada permukaan butir menguap.

g. Sifat kekal (keawetan) diuji dengan larutan garam sulfat :

- Jika dipakai Natrium – Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10 %.
- Jika dipakai Magnesium – Sulfat, bagian yang hancur maksimum 15%.

### **Pengertian Umum Beton**

Beton adalah campuran yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, air dan semen portland dengan semen hidraulis lainnya dengan atau tanpa bahan tambahan (dapat berupa bahan kimia atau non kimia atau bahan non kimia atau bahan lain yang berupa serat, pozzoland dan sebagainya) dengan perbandingan tertentu. Beberapa material pembentuk beton tersebut dicampur merata dengan perbandingan tertentu menghasilkan campuran yang bersifat plastis sehingga dapat dituang ke dalam cetakan untuk mendapatkan bentuk yang diinginkan. Dalam pengaplikasian dalam konstruksi sipil, beton merupakan material konstruksi yang paling umum dan sering digunakan. Beton merupakan material komposit tersusun dari agregat halus, agregat kasar dan terbungkus oleh matrik semen yang mengisi ruang di antara partikel-partikel sehingga membentuk satu-kesatuan.

### **Mutu Bton**

Beton adalah suatu campuran antara semen, air dan agregat yang menyebabkan terjadinya suatu hubungan erat antara bahan – bahan tersebut. Mutu beton mencakup beberapa hal dibawah ini, antara lain :

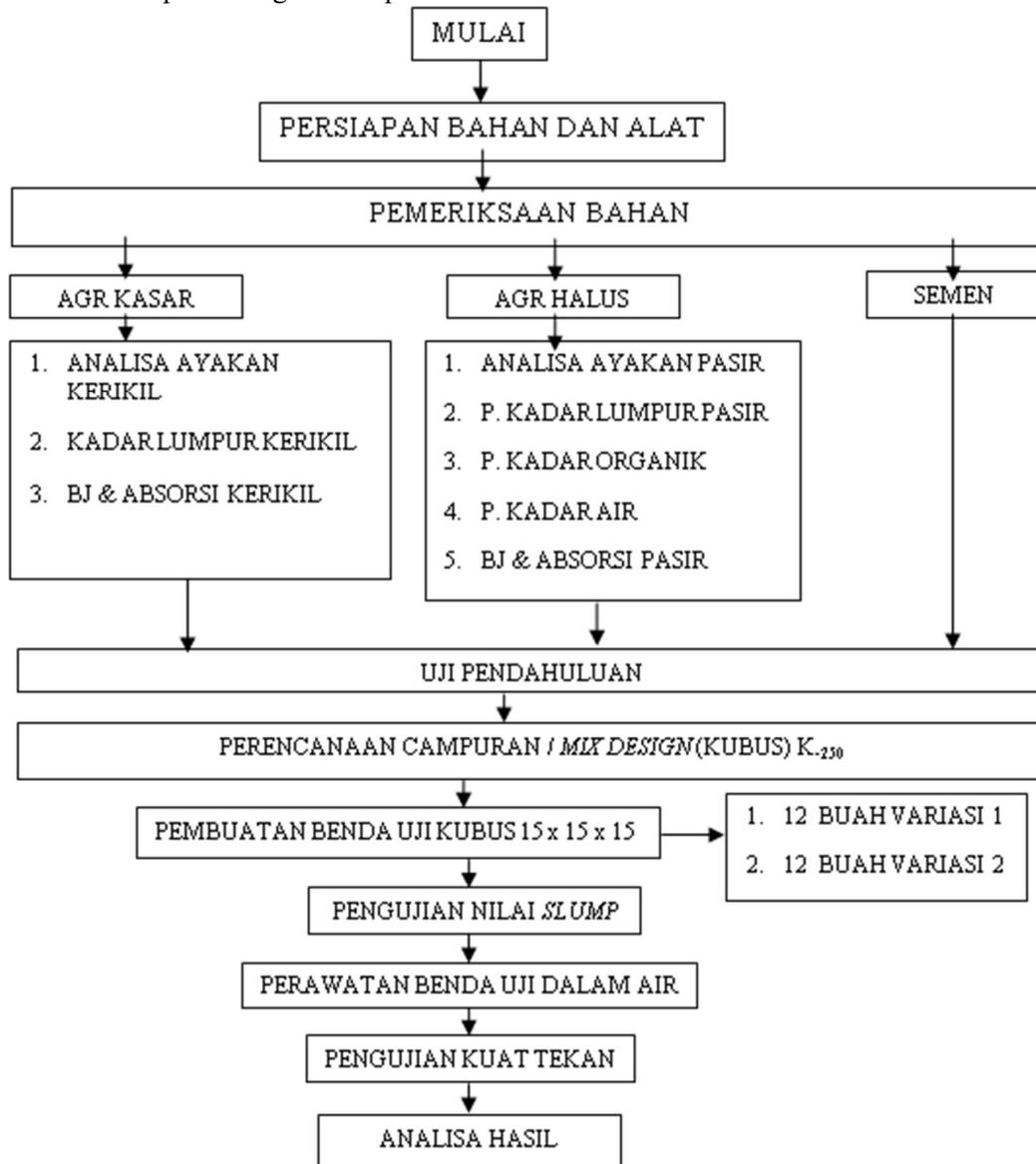
1. Kemudahan Kerja (*workability*)
2. Pemisahan Agregat (*segresi*)
3. Pemisahan Air (*Bleeding*)
4. Penyusutan (*Shrinkage*)
5. Nilai *Slump*
6. Kekuatan Beton (*Strength*)
7. Umur Beton

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Beragam-macam cara untuk merencanakan adukan beton, agar beton yang dihasilkan sesuai dengan yang direncanakan, baik sifat-sifat mekanisnya maupun sifat-sifat yang lainnya. Semen yang merupakan bahan pengikat hidrolis dalam menentukan kekuatan beton tersebut, sehingga banyak orang yang beranggapan bahwa kenaikan kekuatan beton hanya ditentukan oleh penambahan semen saja, namun hal ini tidak benar, karena ada faktor – faktor lain yang mempengaruhi seperti faktor agregat halus. Dalam merencanakan adukan beton penulis menggunakan metode D.O.E (*Department of the Environment*). Metode ini pertama kali diperkenalkan di Inggris tahun 1975. Perhitungan adukan beton dengan metode ini berdasarkan pada perbandingan berat dan penggunaan agregat dalam keadaan kering permukaan dan jenuh dibagian dalamnya (*Saturated surface dry*) yang lebih dikenal dalam keadaan SSD.

**Diagram Alir Penelitian**

Dibawah ini merupakan diagram alir penelitian:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

**Pembuatan Adukan Beton**

Pengujian yang dilakukan menitik beratkan pada saat beton masih segar (*fresh concrete*) yaitu berkenaan dengan tingkat kemudahan kerja (*workabilitas*) adukan beton. Adapun sampel benda uji yang akan diuji kuat tekannya dengan menggunakan 24 buah sampel kubus berukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm. Adukan beton dibuat berdasarkan hasil perencanaan adukan. Dimana dilakukan 2 jenis perencanaan adukan dengan menggunakan pasir merapi dan pasir cimangkok.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam bab ini penulis akan menyajikan data dan hasil analisa yang telah diperoleh dari penelitian di laboratorium menggunakan analisa regresi dengan mencari korelasi dari persamaan yang dihasilkan. Dalam pengolahan data penulis menggunakan program sederhana yaitu MS. Excel. Analisa dalam bab ini menyajikan beberapa persamaan yang ditinjau terhadap kuat tekan, yaitu pengaruh umur, kadar

serbuk kayu, dan berat jenis terhadap kuat tekan beton. Dan disajikan dalam persamaan yang berisi dua variabel. Penulis menyajikan hasil hitungan dalam bentuk tabel, grafik, dan bar chart.

### Hasil *Mix Design* menggunakan Pasir Merapi dan Pasir Cimangkok

Tabel 2. Hasil *Mix Design*

Jenis Pasir	Komposisi (Kg)			
	Air	Semen	Pasir	Split
Merapi	205	341,67	613,78	1102,57
Cimangkok	205	341,67	675,76	1191,45

Berdasarkan hasil mix design menggunakan agregat halus dari pasir merapi didapat komposisi yang lebih ekonomis yakni 613,78 Kg dibandingkan menggunakan pasir cimangkok yang memerlukan bahan sebesar 675,76 Kg.

### Hasil Pengujian *Slump*

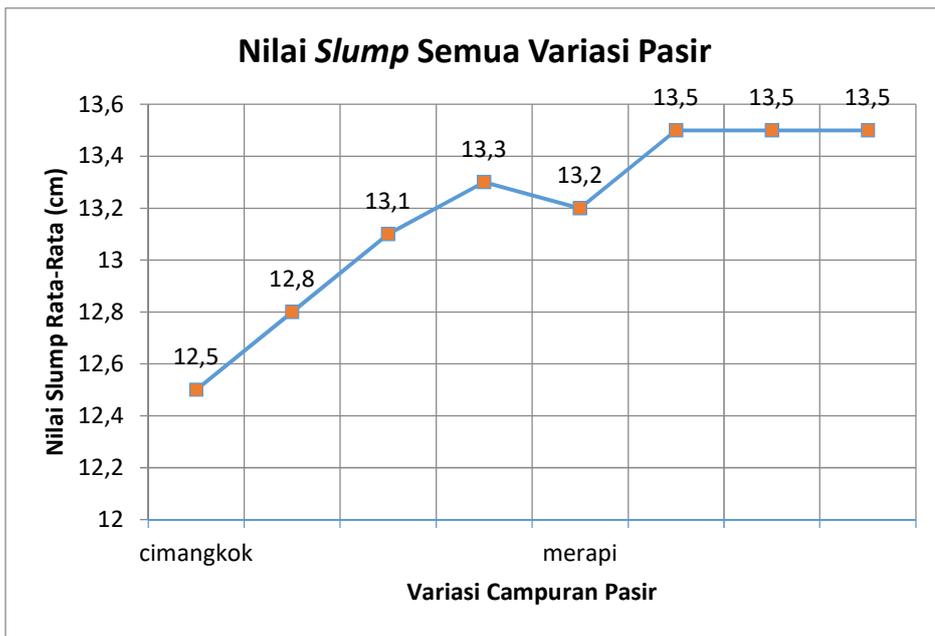
Nilai *slump* selalu dihubungkan dengan kemudahan pengerjaan beton (*workability*), hal ini dipengaruhi beberapa faktor antara lain :

- Gradasi dan bentuk permukaan agregat
- Faktor air semen
- Volume udara pada adukan beton
- Karakteristik semen
- Bahan Tambahan

Hasil pengujian nilai *slump* dapat dilihat pada tabel 3.2

Tabel 3. Nilai *slump* agregat Halus

Jumlah	Jenis	Umur (hari)	Nilai
12 buah	Merapi	1	13,2
		2	13,5
		3	13,5
		4	13,5
12 buah	Cimang kok	1	12,5
		2	12,8
		3	13,1
		4	13,3



Gambar 2. Grafik Peningkatan Nilai *Slump* Terhadap Variasi Pasir

Berdasarkan tabel 3 dan Gambar grafik 2 dapat dilihat bahwa hasil pengujian slump pada beton dengan campuran pasir gunung merapi memiliki slump rata-rata 13,425 cm. Sedangkan pengujian slump beton untuk campuran pasir cimangkok rata-rata sebesar 12,925 cm. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa dengan pemakaian pasir dari gunung merapi, maka nilai *slump* semakin naik. Hal ini disebabkan karena pasir gunung merapi lebih jenuh dari pasir cimangkok. Dengan melihat nilai slump yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa beton memiliki *workability* yang cukup baik karena masih dalam *range* slump yang ditentukan yaitu 6 – 18 cm.

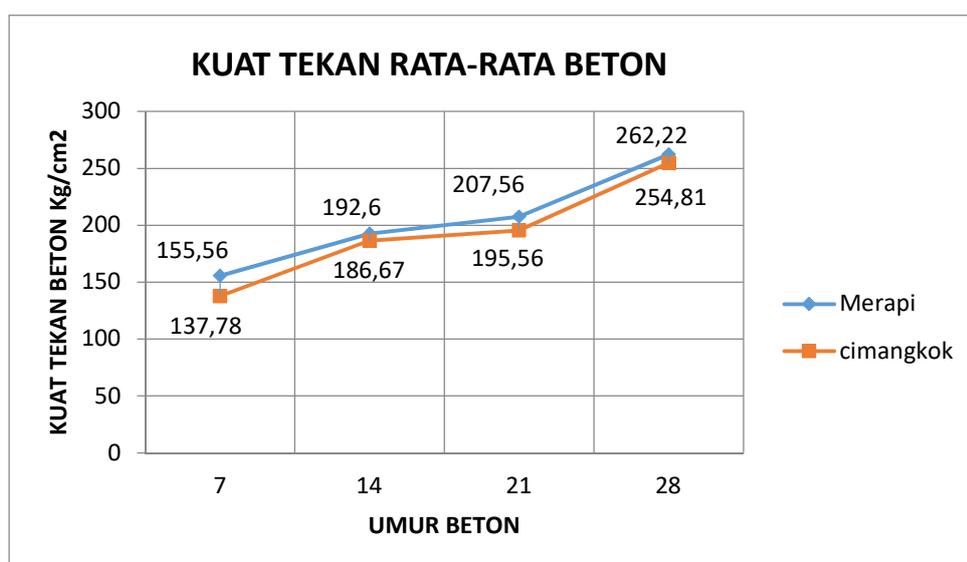
### Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Dalam penelitian yang dilakukan oleh penulis, terdapat 4 jenis umur beton yang direncanakan untuk dilakukan tes kuat tekan beton, yaitu pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Kemudian data tersebut akan dibandingkan dengan hasil kuat tekan beton menggunakan pasir cimangkok.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

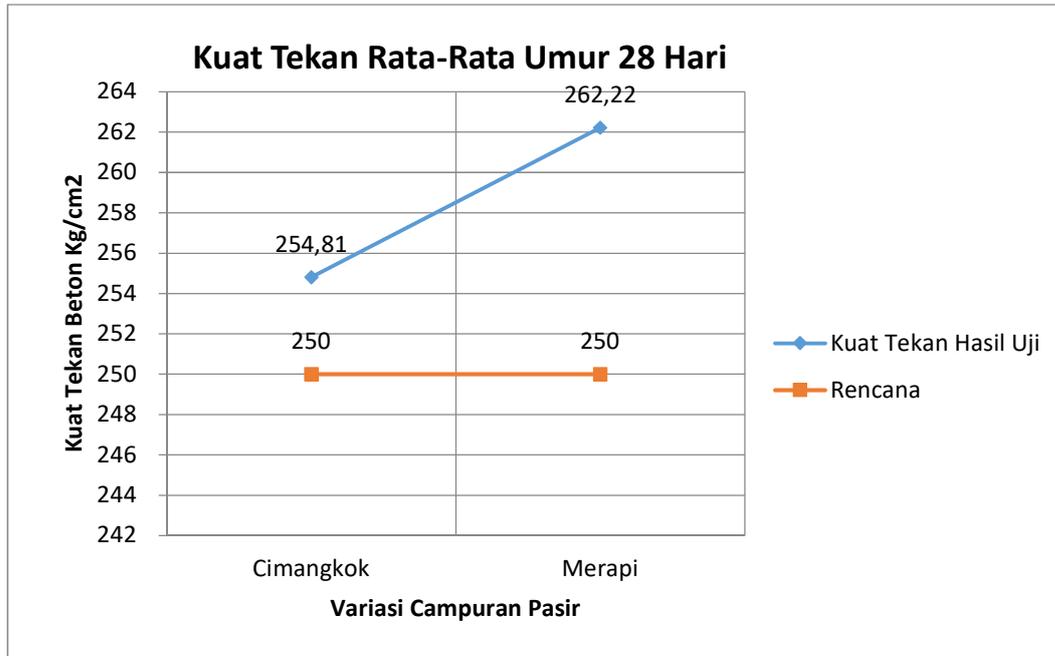
Pasir	Umur (Hari)	Benda Uji	Berat (Kg)	Teg. Tekan (Ton)	L. Penampang (cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )	K. Tkn rata-rata (Kg/cm <sup>2</sup> )
Merapi	7	1	7,815	34	225	151.11	155.56
		2	7,819	36		160	
		3	7,795	35		155.56	
	14	1	7,875	42		186.67	192.60
		2	7,797	44		195.56	
		3	7,809	44		195.56	
	21	1	7,800	49		217.78	207.56
		2	7,802	52		231.11	
		3	7,814	51		173.78	
	28	1	7,900	57		253.33	262.22
		2	7,825	62		275.56	
		3	7,848	58		257.78	
Cimangkok	7	1	7,825	32	225	142.22	137.78
		2	7,810	30		133.33	
		3	7,901	31		137.78	
	14	1	7,997	41		182.22	186.67
		2	7,890	45		200	
		3	7,905	40		177.78	
	21	1	7,927	45		182.22	195.56
		2	7,908	47		208.89	
		3	7,889	44		195.56	
	28	1	7,890	56		248.89	254.81
		2	7,915	59		262.22	
		3	7,928	57		253.33	

Dari data hasil pengujian pada tabel 4 dapat dibuat grafik kuat tekan beton untuk masing-masing variasi campuran beton berdasarkan umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari, sebagaimana terlihat pada Gambar 3 berikut :



Gambar 3. Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton Terhadap Umur Beton

Berdasarkan hasil yang dipaparkan pada Tabel 3.3 dan Gambar grafik 3.2 menunjukkan bahwa kuat tekan beton dengan penggantian agregat halus (pasir) menggunakan pasir gunung merapi menghasilkan kuat tekan beton rata-rata pada usia 28 hari sebesar 262,22 Kg/cm<sup>2</sup>. Lebih tinggi dibandingkan beton yang menggunakan pasir cimangkok dengan kekuatan rata-rata pada usia 28 hari sebesar 254,81 Kg/cm<sup>2</sup>.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Semua Variasi pada Umur 28 Hari

Gambar 4 menunjukkan bahwa hasil pengujian kuat tekan kubus beton pada umur 28 hari. Kuat tekan kubus beton mengalami kenaikan kuat tekan seiring dengan penggunaan pasir gunung merapi. Kuat tekan tertinggi terdapat pada Campuran beon dengan menggunakan pasir gunung merapi yaitu sebesar 262,22 kg/cm<sup>2</sup> pada umur 28 hari.

Berdasarkan data-data hasil pengujian bisa dijelaskan bahwa jika kita menggunakan pasir Merapi sebagai agregat halus untuk pembuatan beton, maka dapat lebih hemat dalam membuat cetakan beton. Hal tersebut ternyata sejalan dengan kuat tekan beton yang dihasilkan semakin meningkat, sehingga timbul tingkat ke ekonomisan yang tinggi dalam pembuatan cetakan beton yang mana hal ini dapat berdampak langsung terhadap perkembangan perekonomian. Dengan menggunakan pasir dari gunung Merapi sebagai agregat halus menjadikan campuran beton lebih ekonomis sehingga semakin memudahkan dalam membuat beton yang berkualitas.

### SIMPULAN

Berdasarkan dari penelitian dan uji lab terkait pengaruh penggunaan pasir Merapi terhadap beton mutu K<sub>250</sub>, maka dapat diambil kesimpulan :

1. Penggunaan pasir Merapi sebagai agregat halus di dalam campuran beton adalah hal yang sangat tepat, karena penggunaan pasir Merapi dapat meningkatkan nilai ke ekonomisan campuran beton. Hal ini terlihat dari hasil mix design pasir Merapi yang 9,2% lebih sedikit penggunaannya dibanding pasir cimangkok.

2. Hasil test kuat tekan rata-rata beton pada hari ke 28 dengan perencanaan beton mutu K<sub>250</sub>. Beton yang menggunakan pasir Merapi kuat tekan rata-ratanya 2,8 % lebih tinggi dari beton yang menggunakan pasir cimangkok, dan 4,7% lebih tinggi dari kekuatan beton yang direncanakan.

#### **SARAN**

Perlu dilakukan penelitian lanjutan bagaimana pengaruh penggunaan pasir Merapi apabila dicampur dengan pasir cimangkok dengan komposisi 50% Pasir Merapi dan 50% Pasir Beton terhadap kuat tekan beton.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Aji, Pujo & Rahmat Purwono, 2010, *Pengendalian Mutu Beton*, Itspress, Surabaya.
- ASTM C33-74a, 1976, *Standard Specification for Concrete Agregate*. Annual Books of ASTM Standards, Philadelphia-USA.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1990, *Spesifikasi Bahan Tambahan Untuk Beton*, SK SNI S-18-1990-03. Yayasan LPMB, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2002, *Tata Cara Perencanaan Beton untuk Bangunan Gedung*, SK SNI 03-2847-2002, Yayasan LPMB, Bandung.
- Mulyono, Tri, 2003, *Teknologi Beton*, CV Andi Offset, Yogyakarta.
- Murdock, L.J, Brook, K.M, Hendarko, Stephanus, 1991, *Bahan dan Praktek Beton*, Erlangga, Jakarta.
- Sarfin Halim, 2015, *Substitusi Agregat Halus Pada Beton Dengan Limbah Produksi Pabrik Pengecoran Logam*, FTSP Universitas Sumetara Utara, Medan.
- Segel, R., Kole, P., dan Kusuma, Gideon, 1993, *Pedoman Pengerjaan Beton*, Erlangga, Jakarta.
- SNI 03-2834-1993, *Tata Cara Pembuatan Rencana Beton Normal*
- SNI 03-1972-1990, *Metode Pengujian Slump Beton*.
- SNI 03-2495-1991, *Spesifikasi Bahan Tambahan untuk Beton*

## **ANALISIS PENGARUH PASIR LAUT DICUCI DAN TANPA DICUCI SEBAGAI AGREGAT HALUS TERHADAP SIFAT MEKANIK, FISIK DAN KIMIA PADA PERENCANAAN CAMPURAN BETON**

Feizal Manaf dan Reska Yulia  
Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Sains dan Teknologi Nasional  
Jln. Moch. Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah P.O. Box 7715 JKS LA  
Kelurahan Jagakarsa – Jakarta Selatan 12620, Telp. 78880275  
Email: feizalmanaf@yahoo.co.id

### **ABSTRAK**

Pemanfaatan pasir laut sebagai agregat halus dalam pembuatan beton ini dilatar belakangi oleh ketersediaan pasir pantai di alam dalam jumlah yang sangat besar. Pasir laut yang digunakan berasal dari daerah pantai Batuhiu, kabupaten Pangandaran-Ciamis-Jawa Barat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kuat tekan beton yang dihasilkan ketika menggunakan beberapa perlakuan terhadap pasir laut ini. Perlakuan yang digunakan terhadap pasir laut adalah : tanpa dicuci dan dicuci. Selain untuk mengetahui kuat tekan beton, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui apa saja yang terkandung pada pasir laut ini, pengujian ini dilakukan di laboratorium dengan uji XRD (X-Ray Diffraction). Selain itu dilakukan uji fisik yaitu dengan melakukan pengujian SEM (Scanning Electron Microscopy) yang bertujuan untuk mengetahui perilaku permukaan pada butir pasir yang dicuci dan tanpa dicuci. Pembuatan sampel berjumlah 18 buah pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Selisih perbandingan antara kuat tekan pasir tanpa dicuci dan pasir dicuci pada umur 7 hari adalah sebesar 0,13% pada umur 14 hari adalah sebesar 0,26% dan pada umur 28 hari sebesar 0,15%. Hasilnya kuat tekan beton dengan agregat halus pasir laut dicuci lebih rendah dari kuat tekan beton dengan agregat halus pasir laut tanpa dicuci. Pada hasil XRD (X-Ray Diffraction) Kandungan kimia terhadap pasir dicuci dan tanpa dicuci keduanya sama-sama tidak memiliki kandungan kimia yang berbahaya (dapat merusak pada beton). Pada hasil pengujian SEM (Scanning Electron Microscopy) sampel pasir laut dicuci seperti rata dan licin Sedangkan permukaan pada pasir tanpa dicuci terlihat tajam dan banyaknya lekukan disetiap butirnya. Sehingga Pasir laut ini dapat direkomendasikan sebagai agregat halus pada campuran beton.

Kata Kunci : pasir laut, slump, kuat tekan beton, SEM, XRD

### **ABSTRACT**

*Research on the utilization of sea sand as a fine aggregate in the manufacture of concrete is backed by the availability of natural beach sand in a very large amount. The used sea sand comes from Batuhiu beach area, Pangandaran district. This study aims to find out how much compressive strength of concrete produced when using some treatment of this sea sand. The treatments used against sea sand are: without treatment (unwashed), and washed. In addition to knowing the compressive strength of concrete, this study also aims to determine what content is contained in this sea sand so that sea sand is not widely used in concrete mixture, this test is done in the laboratory with XRD (X-Ray Diffraction) test. In addition, testing is done on physical test that is by testing in the laboratory by SEM (Scanning Electron Microscopy) which aims to determine the surface behavior on each grain of sand washed and without washing. Preparation of the sample amounted to 18 pieces at the age of 7 days, 14 days and 28 days. The difference between the compressive strength of sand without washing and sand washed at 7 days was 0.13% at 14 days was 0.26% and at 28 days at 0.15%. Then the compressive strength of concrete with fine aggregate of washed sand sand is lower than the compressive strength of concrete with fine aggregate of the sand of the sea without washing. In XRD results (X-Ray Diffraction) The chemical content of sand washed and unwashed both have no harmful chemical content (can damage the concrete). In the SEM (Scanning Electron Microscopy) test results the sand-washed sand samples are flat and slippery. While the surface of the sand without washing looks sharp and the number of indentations in each grain. So this Sea Sand can be recommended as fine aggregate on concrete mixture.*

*Keywords: sea sand, slump, concrete compressive strength, SEM, XRD.*

## PENDAHULUAN

Pada saat ini perkembangan penduduk Indonesia mengalami peningkatan yang sangat pesat. Ini mengakibatkan meningkatnya kebutuhan akan perumahan yang berarti meningkatnya pula kebutuhan akan bahan bangunan. Bangunan banyak membutuhkan beton yang kuat, hemat bahan baku dan ramah lingkungan.

Wilayah Indonesia yang sebagian besar terdiri atas daerah kepulauan yang memiliki keanekaragaman pasir, baik pasir laut, pasir gunung, pasir sungai maupun jenis pasir lainnya yang begitu melimpah. Pemanfaatan beberapa jenis pasir untuk pembuatan beton jarang sekali digunakan apa lagi pada pasir laut, Pasir laut umumnya memiliki karakteristik butiran yang halus dan bulat, gradasi (susunan besar butiran) yang seragam serta mengandung garam-garaman yang tidak menguntungkan bagi beton, sehingga banyak disarankan untuk tidak digunakan dalam pembuatan beton. Butiran yang halus dan bulat serta gradasi yang seragam, dapat mengurangi daya lekat antar butiran dan berpengaruh terhadap kekuatan dan ketahanan beton. Akan tetapi masyarakat yang tinggal di pesisir pantai masih menggunakan pasir laut sebagai salah satu agregat halus pada beton dengan alasan mudah didapat (contohnya di daerah sumba, NTT). Dilatarbelakangi hal tersebut, maka perlu dilakukan penelitian terhadap penggunaan pasir laut dengan beberapa perlakuan sebagai agregat halus pada campuran beton.

## METODOLOGI PENELITIAN

Pembuatan sampel, pemeliharaan sampel, dan pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Beton Kampus Institut Sains Dan Teknologi Nasional selama 1,5 bulan., pengujian morfologi agregat dengan menggunakan uji SEM (Scanning Electron Microscopy) di Pusat Laboratorium Forensik, dan Pengujian Kandungan Kimia pada agregat menggunakan uji XRD (X-Ray Diffraction) di LIPI FISIKA Serpong, Tangerang selatan.

Penelitian pada beton ini menggunakan pasir laut sebagai material pengganti agregat halus. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan kuat tekan beton dengan menggunakan pasir laut sebagai agregat halus dan mengetahui kandungan kimia apa saja yang terkandung pada pasir laut. Pada penelitian ini pasir laut menggunakan 2 perlakuan, yaitu tanpa dicuci dan dicuci.

### Beton

Beton didefinisikan sebagai bahan campuran antara semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*) yang membentuk massa padat. Semua material pembentuk beton tersebut setelah dicampur akan bersifat plastis untuk sementara waktu dan kemudian akan berubah mengeras semakin padat sebagai akibat reaksi kimia antara semen dan air yang berlangsung selama jangka waktu panjang atau dengan kata lain campuran beton akan bertambah keras sejalan dengan umurnya.

Penggunaan beton normal umumnya pada industri konstruksi yang dapat dijumpai dalam pembuatan gedung-gedung, jalan, bendung, saluran, dan lainnya. Agregat alam yang dipakai berupa agregat halus yaitu pasir dan agregat kasarnya yaitu krikil, keduanya merupakan hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu. Agregat ini biasanya berasal dari granit, kuarsa, dan sebagainya. Beton normal yang dihasilkan mempunyai berat 2.200-2.500 kg/m<sup>3</sup> dan kuat tekan sekitar 15-40 Mpa (150-400 kg/cm<sup>2</sup>). Karakteristik beton yang baik dapat ditinjau dari kepadatan, kekuatan, faktor air semen, dan tekstur. Dalam keadaan yang mengeras, beton bagaikan batu dengan kekuatan tinggi. Dalam keadaan segar, beton dapat dibentuk dengan berbagai macam bentuk.

### Semen Portland

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi akan aktif setelah berhubungan dengan air. Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat sehingga membentuk suatu masa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat tersebut. Walaupun komposisi

semen dalam beton hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi sangat penting

Tabel 1. Susunan oksida semen

Oksida	% rata-rata
Kapur (cao)	63
Silika (sio <sub>2</sub> )	22
Alumunia (al <sub>2</sub> o <sub>3</sub> )	7
Besi (fe <sub>2</sub> o <sub>3</sub> )	3
Magnesia (mgo)	2
Sulfur (so <sub>3</sub> )	2

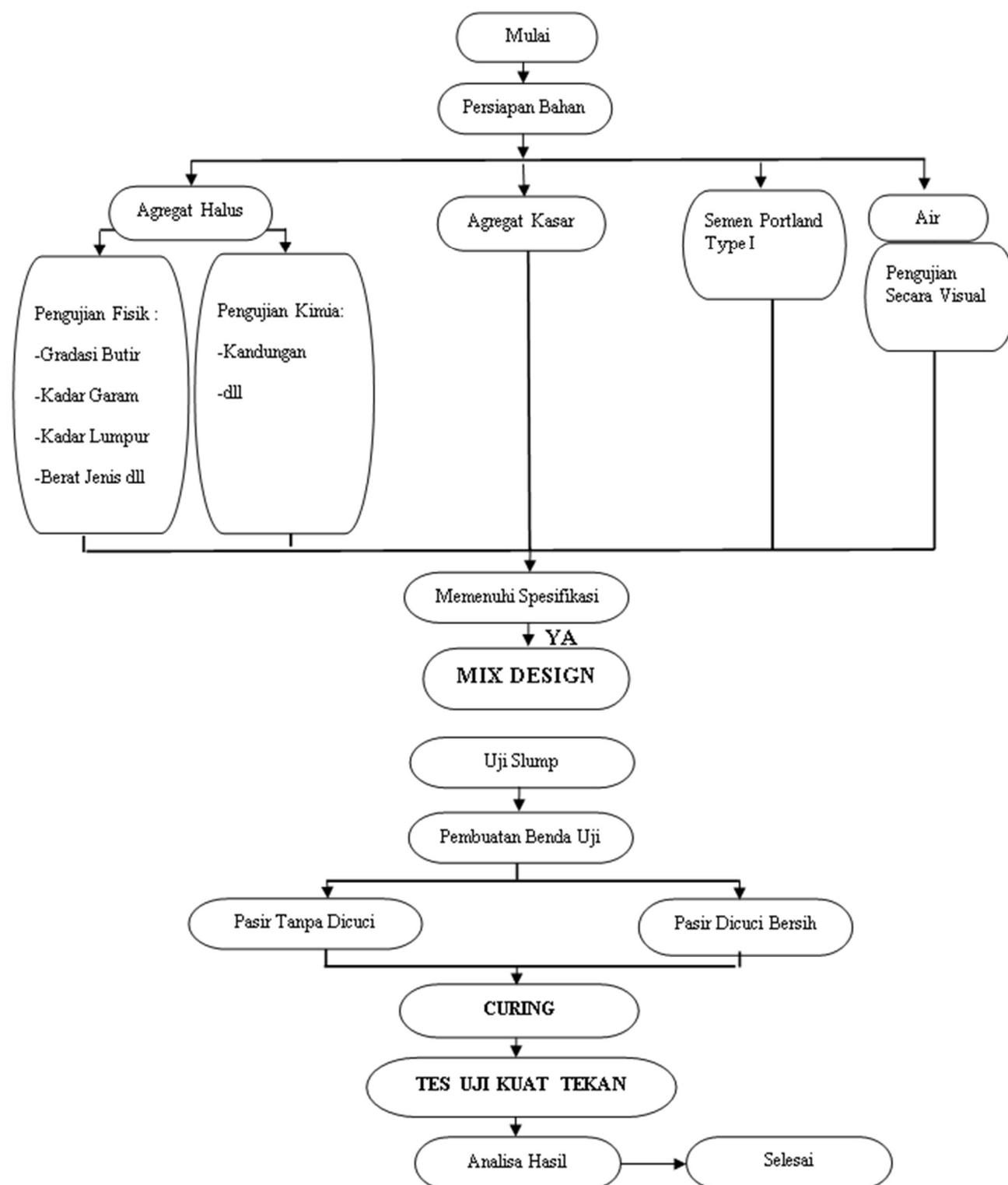
### Uji Slump

*Slump test* atau uji *slump* adalah salah satu cara untuk mengukur workability beton segar, yang dipakai pula untuk memperkirakan tingkat kemudahan dalam pengerjaannya. Keleccakan (sifat plastis, *consistency*, yaitu sifat kekentalan beton segar, antara cair dan padat) pada beton segar penting dipelajari karena merupakan ukuran kemudahan beton segar (adukan beton) untuk diaduk dalam bejana pengaduk ke cetakan beton, dan dipadatkan setelah beton segar berada dalam cetakan. Secara umum, dapat dikatakan bahwa semakin encer beton segar maka semakin mudah beton tersebut dikerjakan.

Adukan beton segar adalah campuran bahan-bahan beton yaitu air, semen Portland, agregat halus, dan agregat kasar dengan perbandingan masing-masing bahan tersebut sebanyak yang telah ditentukan sebelumnya. Suatu campuran berasal dari beberapa bahan, maka sifat campurannya tergantung pada sifat bahanbahan pencampurannya dan banyaknya masing-masing bahan pencampur tersebut.

### Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (SNI 03-1974-1990). Hasil pengujian ini dapat digunakan dalam pekerjaan perencanaan campuran beton dan pengendalian mutu beton pada pelaksanaan pembetonan.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

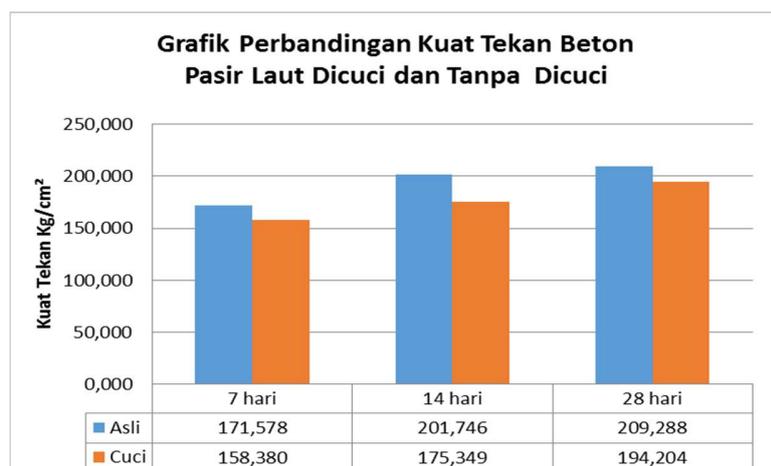
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berikut ini adalah tabel hasil uji kuat tekan dari semua sampel penelitian yang dibuat.

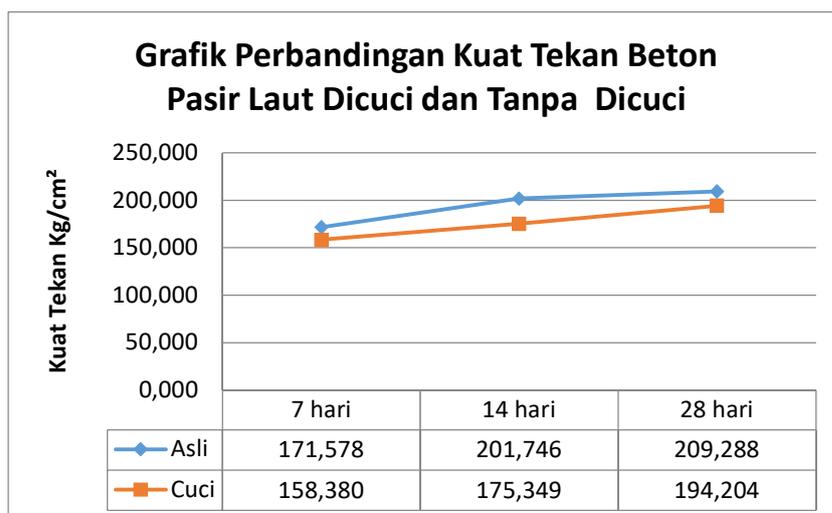
Tabel 2. Data Hasil Uji Kuat Tekan Pasir Laut dicuci dan Tanpa dicuci

No	Tanggal		Umur (hari)	Code	Berat (kg)	Luas Penampang (cm)	Kekuatan Hancur (ton)	Tegangan Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )
	Cor	Test						
1	19/7/2017	26/7/2017	7	Asli	12956	176.79	30	169.693
2	19/7/2017	26/7/2017	7	Asli	13063	176.79	32	181.006
3	19/7/2017	26/7/2017	7	Asli	12968	176.79	29	164.036
4	19/7/2017	2/8/2017	14	Asli	13040	176.79	36	203.631
5	19/7/2017	2/8/2017	14	Asli	13030	176.79	36	203.631
6	19/7/2017	2/8/2017	14	Asli	13076	176.79	35	197.975
7	19/7/2017	16/8/2017	28	Asli	12860	176.79	37	209.288
8	19/7/2017	16/8/2017	28	Asli	12825	176.79	34	192.319
9	19/7/2017	16/8/2017	28	Asli	12815	176.79	40	226.257
10	21/7/2017	28/7/2017	7	Cuci	12815	176.79	28	158.380
11	21/7/2017	28/7/2017	7	Cuci	12780	176.79	29	164.036
12	21/7/2017	28/7/2017	7	Cuci	12845	176.79	27	152.724
13	21/7/2017	4/8/2017	14	Cuci	12870	176.79	28	158.380
14	21/7/2017	4/8/2017	14	Cuci	12670	176.79	29	164.036
15	21/7/2017	4/8/2017	14	Cuci	12955	176.79	36	203.631
16	21/7/2017	18/8/2017	28	Cuci	12765	176.79	37	209.288
17	21/7/2017	18/8/2017	28	Cuci	12770	176.79	32	181.006
18	21/7/2017	18/8/2017	28	Cuci	12620	176.79	34	192.319

Dari data hasil pengujian kuat tekan pada tabel 5 maka dibuat grafik kuat tekan beton terhadap hari pada beton pasir laut dicuci dan beton pasir laut tanpa dicuci sebagai berikut :



Gambar 2. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Pasir Laut Dicuci dan Tanpa Dicuci



Gambar 3. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Pasir Laut Dicuci dan Tanpa Dicuci

Berdasarkan data yang dipaparkan diatas, kuat tekan beton dengan agregat halus pasir laut dicuci lebih rendah dari kuat tekan beton dengan agregat halus pasir laut tanpa dicuci. Pada umur 7 hari beton dengan agregat halus pasir laut dicuci memiliki kuat tekan sebesar 158,38 kg/cm<sup>2</sup> sedangkan beton dengan agregat halus pasir laut tanpa dicuci memiliki kuat tekan sebesar 171,57 kg/cm<sup>2</sup>. Pada umur 14 hari beton dengan agregat halus pasir laut dicuci memiliki kuat tekan sebesar 175,34 kg/cm<sup>2</sup> sedangkan beton dengan agregat halus pasir laut tanpa dicuci memiliki kuat tekan sebesar 201,74 kg/cm<sup>2</sup>. Pada umur 28 hari beton dengan agregat halus pasir laut dicuci memiliki kuat tekan sebesar 194,204 kg/cm<sup>2</sup> sedangkan beton dengan agregat halus pasir laut tanpa dicuci memiliki kuat tekan sebesar 209,288 kg/cm<sup>2</sup>. Selisih perbandingan antara kuat tekan pasir tanpa dicuci dan pasir dicuci pada umur 7 hari adalah sebesar 0,13% pada umur 14 hari adalah sebesar 0,26% dan pada umur 28 hari sebesar 0,15%.

## SIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

- Pasir laut tanpa dicuci memiliki kuat tekan beton yang lebih tinggi dibanding dengan pasir laut dicuci, pada umur 28 hari beton dengan agregat halus pasir laut dicuci memiliki kuat tekan sebesar 194,204kg/cm<sup>2</sup> sedangkan beton dengan agregat halus pasir laut tanpa dicuci memiliki kuat tekan sebesar 209,288 kg/cm<sup>2</sup> dan selisih perbandingan keduanya sebesar 0,15%.
- Pasir laut ini dapat direkomendasikan sebagai agregat halus pada campuran beton, karena kandungan kimia yang tidak terlalu berbahaya serta nilai slump dan karakteristik agregat yang masuk pada syarat ketentuan.

## SARAN

Untuk penelitian berikutnya disarankan untuk melakukan pengujian unsur kimia yang terkandung pada pasir dengan menggunakan pengujian XRF (X-Ray Fluorescence) untuk pengetahuan kandungan pasir yang lebih mendalam dan melakukan pengujian SEM (Scanning Electron Microscopy) pada permukaan beton agar diketahui angka pori yang dihasilkan oleh campuran tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- DPU, 1977, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971/NI-2*, Yayasan LPMB, Jakarta.  
 Dipohusodo, I., 1993, *Struktur Beton Bertulang, Berdasarkan SK SNI T-151991-03*, Departemen Pekerjaan Umum RI, PT Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.

- DPU, 1986, SK SNI M-08-1989-F, 1986, *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*, Badan Penerbit P.U. Jakarta.
- DPU, 1989, SK SNI M-14-1989-F:, 1989, *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*, Badan Penerbit P.U. Jakarta
- DPU, 1990, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal SK-SNI-T-1990-03*, Departemen Pekerjaan Umum Yayasan Lembaga Penyelidikan
- Kalman, M., 2008, *Pemanfaatan Pasir Laut Tanjung sebagai Agregat Halus pada Campuran HRS (Hot Rolled Sheet)*, laporan tugas akhir, Universitas Unidayan, Baubau.
- Siregar, A.,H., 2005, *Pemanfaatan Pasir Semempang dan Batu Pecah asal Ranai sebagai Bahan Pembuatan Beton Normal*, laporan tugas akhir, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

# ANALISA DAMPAK PERLINTASAN SEBIDANG JALAN DENGAN JALAN REL TERHADAP PANJANG ANTREAN DAN DERAJAT KEJENUHAN (STUDI KASUS : PERLINTASAN KERETA API JALAN LENTENG AGUNG BARAT ARAH JAKARTA DEPAN KAMPUS IISIPOL)

Endang Widjajanti dan Rachman Fatoni  
Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Sains dan Teknologi Nasional  
Jln. Moch. Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah P.O. Box 7715 JKS LA  
Kelurahan Jagakarsa – Jakarta Selatan 12620, Telp. 78880275  
Email: [wiwin62@gmail.com](mailto:wiwin62@gmail.com)

## ABSTRAK

Perlindungan sebidang antara jalan dengan jalan rel mengakibatkan penurunan kecepatan kendaraan dan peningkatan derajat kejenuhan pada lalu lintas jalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh durasi penutupan pintu kereta api terhadap panjang antrean kendaraan dan derajat kejenuhan lalu lintas jalan. Pengumpulan data melalui metode survei lalu lintas meliputi survei durasi penutupan, panjang antrean, arus dan kecepatan lalu lintas menggunakan alat bantu kamera perekam yang diletakkan pada perlindungan kereta dan sebelum perlindungan kereta.

Hasil penelitian pada hari kerja menunjukkan model hubungan panjang antrean kendaraan dan durasi penutupan pintu perlindungan di Jl. Lenteng Agung Barat adalah  $Y = 0,2783x + 0,6251$  dimana  $R^2 = 0,6251$ , sedangkan hubungan peningkatan derajat kejenuhan dan durasi penutupan pintu perlindungan adalah  $Y = 0,001x + 0,0796$  dimana  $R^2 = 0,6671$ . Sedangkan hasil penelitian pada hari libur menunjukkan model hubungan panjang antrean kendaraan dan durasi penutupan pintu perlindungan di Jl. Lenteng Agung Barat adalah  $Y = 0,575x + 0,2373$  dimana  $R^2 = 0,7235$ , sedangkan hubungan peningkatan derajat kejenuhan dan durasi penutupan pintu perlindungan adalah  $Y = 0,0007x + 0,2711$  dimana  $R^2 = 0,6654$ .

Kata Kunci : perlindungan sebidang, durasi penutupan, antrean kendaraan, derajat kejenuhan

## ABSTRACT

*The railway crossing between a road and a railway line causing a vehicle speed decrease and an increase in the degree of saturation in road traffic. This research aims to know the influence of the duration of the closure of the railway crossing to the queue of vehicles and the degree of saturation of road traffic. Data collection through survey method of traffic include the duration of the closure, the length of the queue, the flow and speed of traffic using the tools of the camera recorder, placed on a train crossing and before the train crossing.*

*Research results on weekdays shows that relationship model between the length of vehicle queued and duration of the closure of the railway crossing is  $Y = 0.2783x + 0.6251$  where  $R^2 = 0.6251$  and on weekend is  $Y = 0.575x + 0.2373$  where  $R^2 = 0.7235$ , while the relationship model between the increasing of the degree of saturation of road traffic. Data collection through survey method of traffic include the duration of the closure, the length of t and duration of the closure of the railway crossing is  $Y = 0.001x + 0.0796$  where  $R^2 = 0.6671$ . and on weekend is  $Y = 0.0007x + 0.2711$  where  $R^2 = 0.6654$ .*

*Keywords: passing field, closing duration, vehicle queue, degree of saturation*

## PENDAHULUAN

Kereta api merupakan salah satu jenis moda angkutan yang efektif dan efisien khususnya untuk daerah perkotaan. Kereta api memiliki kelebihan dibandingkan dengan moda angkutan darat yang lain yaitu memiliki jalur jalan sendiri dan di setiap perlindungan kereta api mendapat prioritas utama untuk lebih dahulu melintas sehingga waktu tempuh kereta api ke tempat tujuan lebih cepat

dibandingkan dengan moda angkutan darat yang lain. sesuai dengan Undang-Undang No.23 Tahun 2007 pasal 124 tentang Perkeretaapian dan Undang-Undang No.22 Tahun 2009 pasal 114 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, pemakai jalan wajib mendahulukan perjalanan kereta api.

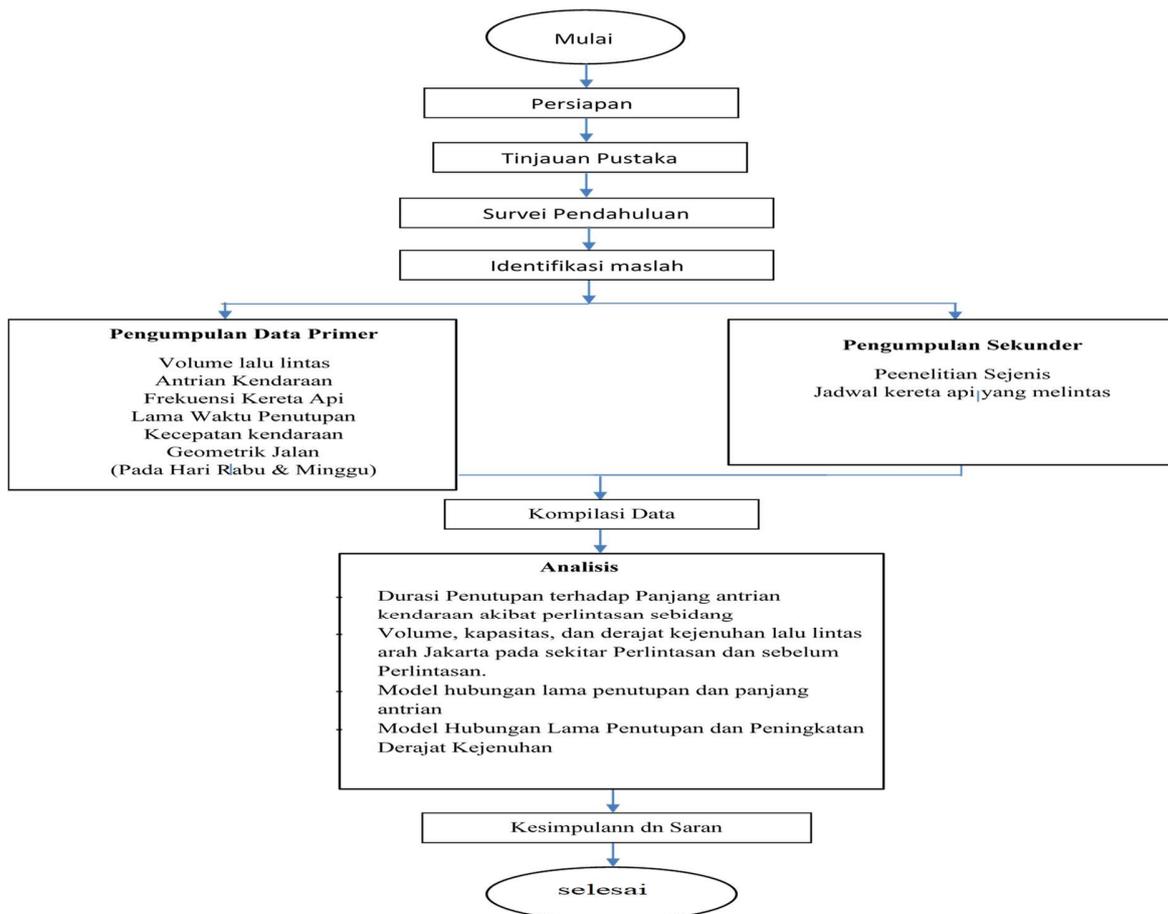
Salah satu permasalahan transportasi adalah perlintasan sebidang antara jalan dengan jalan rel kereta api. Di Indonesia, pertemuan antara dua jenis prasarana transportasi ini telah dioperasikan secara semi otomatis dengan menggunakan palang pintu perlintasan. Walaupun telah dioperasikan dengan semi otomatis, perlintasan sebidang ini sangat berpengaruh terhadap lalu lintas di jalan raya. Pada salah satu perlintasan sebidang yang berada pada daerah di Lenteng Agung Barat Jakarta, . pengemudi harus menurunkan kecepatan dan antre pada saat akan melewati perlintasan sebidang tersebut. Hal ini diakibatkan karena frekuensi melintas kereta api listrik yang cukup padat. Penurunan kecepatan mengakibatkan antrean yang cukup panjang untuk kendaraan baik yang akan melintas ke Lenteng agung Barat arah pasar minggu, ataupun ke arah sebaliknya yang kearah depok.

Batasan masalah pada penelitian yang dilakukan adalah

1. Pengukuran Volume dan kecepatan akibat perlintasan sebidang rel kereta api pada daerah jl. Lenteng Agung Barat arah Jakarta yaitu jalan yang terdampak oleh penutupan perlintasan sebidang jalan arah Jakarta.
2. Pengumpulan data dan analisa dilakukan selama dua hari yaitu pada hari libur (Minggu) dan hari kerja (Rabu) pada jam sibuk pagi hari (08.00 – 11.00)

## METODOLOGI

Metodologi penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penampang melintang pada jalan Lenteng Agung Barat Arah Jakarta yang berlokasi pada sebelum Perlintasan disajikan pada Gambar 2. Pada gambar 2 tersebut terdapat 3 lajur satu arah dengan lebar lajur kendaraan sebesar 9,3 meter. Penampang melintang pada jalan Lenteng Agung Barat Arah Jakarta pada segmen Perlintasan disajikan pada 3, yang merupakan jalan 4 lajur satu arah. Akibat dari antrean kendaraan yang berada pada perlintasan kereta api maka lajur efektif yang tersisa adalah 2 lajur kendaraan yaitu sebesar 6,2 m yang menuju kearah Jakarta. sedangkan 2 lajur yang tersisa dipakai untuk antrian kedaraan yang menuju ke perlintasan.



Gambar 2. Potongan Melintang Jalan pada Lokasi Sebelum Perlintasan



Gambar 3. Potongan Melintang Jalan Pada Lokasi Perlintasan

### Hasil Pengumpulan Data dan Perhitungan

Hasil pengumpulan data waktu penutupan perlintasan, durasi penutupan, frekuensi kereta yang melintas, volume lalu lintas, rata-rata kecepatan kendaraan dan Derajat Kejenuhan untuk hari kerja (Rabu) dan hari libur (Minggu) disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Pada Jalan Lenteng Agung Barat Arah Jakarta, volume lalu lintas rata rata pada hari Minggu sebesar 2217 smp/ jam pada perlintasan dan 2396 smp/ jam sebelum perlintasan. Sedangkan volume lalu lintas rata rata pada hari Rabu sebesar 3273,8 smp/ jam pada perlintasan dan 3396,2 smp/ jam sebelum perlintasan

Kecepatan rata rata kendaraan yang melintas di Jalan Lenteng Agung Barat arah Jakarta pada hari Minggu sebesar 40,2 km/jam sebelum perlintasan dan 34,7 km/jam pada perlintasan.dengan rata-rata derajat kejenuhan sebelum perlintasan sebesar 0,6. dan pada perlintasan sebesar 0,8.

Sedangkan pada Hari Rabu, kecepatan rata rata kendaraan sebesar 24,7 km/jam sebelum perlintasan dan 25,6 km/jam pada perlintasan. dengan rata-rata derajat kejenuhan sebelum perlintasan sebesar 0,76. dan pada perlintasan sebesar 1,18.

Tabel 1. Hasil Pengumpulan Data dan Perhitungan pada Hari Kerja (Rabu)

No	Waktu Penutupan	Durasi penutupan	Panjang Antrean	Jumlah Kereta Api Yang Melintas	Volume LL sebelum perlintasan	Volume LL pada perlintasan	Kecepatan rata-rata kendaraan sebelum perlintasan	Kecepatan rata-rata kendaraan pada perlintasan	Derajat Kejenuhan Sebelum Perlintasan	Derajat Kejenuhan Pada Perlintasan
	Awal-akhir	detik	kendaraan		Smp/jam	Smp/jam	Km/jam	Km/jam		
1	8:03:15 - 8:04:54	99	50	1	3721,2	3435,0	19,8	23,89	0,87	1,20
2	8:05:35 - 8:07:56	141	70	1	3120,6	3450,6	23,7	25,76	0,73	1,21
3	8:08:58 - 8:11:13	135	83	2	3120,6	3450,6	23,7	25,76	0,73	1,21
4	8:15:46 - 8:17:06	80	18	1	4164,6	3469,2	19,3	25,30	0,97	1,21
5	8:19:16 - 8:20:43	87	11	1	4221,6	4057,8	22,0	23,21	0,98	1,42
6	8:23:36 - 8:26:26	170	18	2	4221,6	4057,8	22,0	23,21	0,98	1,42
7	8:27:11 - 8:29:51	160	21	1	3885,0	4332,6	22,6	21,84	0,91	1,52
8	8:33:11 - 8:35:41	150	17	2	4313,4	3559,2	25,0	21,50	1,01	1,24
9	8:36:45 - 8:40:35	230	26	2	3660,6	3822,0	39,7	21,70	0,85	1,34
10	8:41:50 - 8:44:24	154	35	1	3693,6	3726,0	37,8	24,15	0,86	1,30
11	8:45:28 - 8:48:06	158	26	1	3282,0	3377,4	29,9	23,67	0,77	1,18
12	8:48:55 - 8:54:21	326	42	3	3310,2	3851,4	37,6	40,55	0,77	1,35
13	8:55:25 - 8:58:52	207	65	2	3310,2	3851,4	37,6	40,55	0,77	1,35
14	8:59:50 - 9:03:12	202	58	2	2935,2	3774,6	42,7	25,97	0,68	1,32
15	9:03:40 - 9:08:46	306	68	3	3566,4	4203,6	41,1	26,58	0,83	1,47
16	9:10:15 - 9:12:46	151	63	1	3566,4	4203,6	41,1	26,58	0,83	1,47
17	9:13:19 - 9:15:01	102	69	1	3435,6	3714,0	42,4	27,51	0,80	1,30
18	9:16:56 - 9:19:43	167	75	2	3358,2	3759,0	38,8	26,72	0,78	1,31
19	9:20:17 - 9:22:10	113	69	1	3328,2	3123,0	34,9	22,66	0,78	1,09
20	9:42:11 - 9:44:57	166	68	2	3328,2	3123,0	34,9	22,66	0,78	1,09
21	9:46:03 - 9:48:27	144	64	1	3124,2	3514,8	24,2	26,47	0,73	1,23
22	9:50:30 - 9:53:07	157	63	2	2907,0	3301,2	15,2	27,53	0,68	1,15

No	Waktu Penutupan	Durasi penutupann	Panjang Antrean	Jumlah Kereta Api Yang Melintas	Volume LL sebelum perlintasan	Volume LL pada perlintasan	Kecepatan rata-rata kendaraan sebelum perlintasan	Kecepatan rata-rata kendaraan pada perlintasan	Derajat Kejenuhan Sebelum Perlintasan	Derajat Kejenuhan Pada Perlintasan
	Awal-akhir	detik	kendaraan		Smp/jam	Smp/jam	Km/jam	Km/jam		
23	9:54:24 - 9:56:47	143	50	2	3171,6	3382,8	18,8	22,63	0,74	1,18
24	9:59:51 - 10:01:34	103	9	1	3319,8	2861,4	23,2	26,34	0,77	1,00
25	10:02:04 - 10:18:27	983	115	7	3168,0	3526,8	23,9	19,00	0,74	1,23
26	10:20:44 - 10:23:37	173	88	2	3243,6	3377,4	33,4	23,01	0,76	1,18
27	10:24:29 - 10:26:32	123	63	1	3243,6	3377,4	33,4	23,01	0,76	1,18
28	10:28:11 - 10:29:11	60	68	1	3695,4	3689,4	40,3	25,37	0,86	1,29
29	10:31:14 - 10:32:18	64	63	1	2332,8	2125,2	17,5	26,04	0,54	0,74
30	10:32:49 - 10:35:32	163	73	2	2320,8	2364,0	18,9	28,76	0,54	0,83
31	10:38:15 - 10:40:20	185	45	1	2320,8	2364,0	18,9	28,76	0,54	0,83
32	10:42:49 - 10:45:01	132	25	1	3175,2	3032,4	11,7	24,97	0,74	1,06
33	10:46:04 - 10:48:17	133	50	1	3175,2	3032,4	11,7	24,97	0,74	1,06
34	10:48:56 - 10:50:00	64	17	1	2846,4	2899,8	19,2	25,81	0,66	1,01
35	10:50:53 - 10:52:00	67	19	1	2919,0	3124,8	36,1	23,88	0,68	1,09
36	10:53:58 - 10:56:21	143	40	1	2902,2	3056,4	38,8	24,67	0,68	1,07

Tabel 2. Hasil Pengumpulan Data dan Perhitungan pada Hari Libur (Minggu)

No	Waktu Penutupan	Durasi penutupann	Panjang Antrean	Jumlah Kereta Api Yang Melintas	Volume LL sebelum perlintasan	Volume LL pada perlintasan	Kecepatan rata-rata kendaraan sebelum perlintasan	Kecepatan rata-rata kendaraan pada perlintasan	Derajat Kejenuhan Sebelum Perlintasan	Derajat Kejenuhan Pada Perlintasan
	Awal-akhir	detik	kendaraan		Smp/jm	Smp/jm	Km/jam	Km/jam		
1	8:00:00 - 8:05:09	309	14	3	1933,8	2001,6	51,7	34,2	0,5	0,7
2	8:08:15 - 8:09:41	86	5	1	2559,6	2316,6	38,1	34,4	0,6	0,8

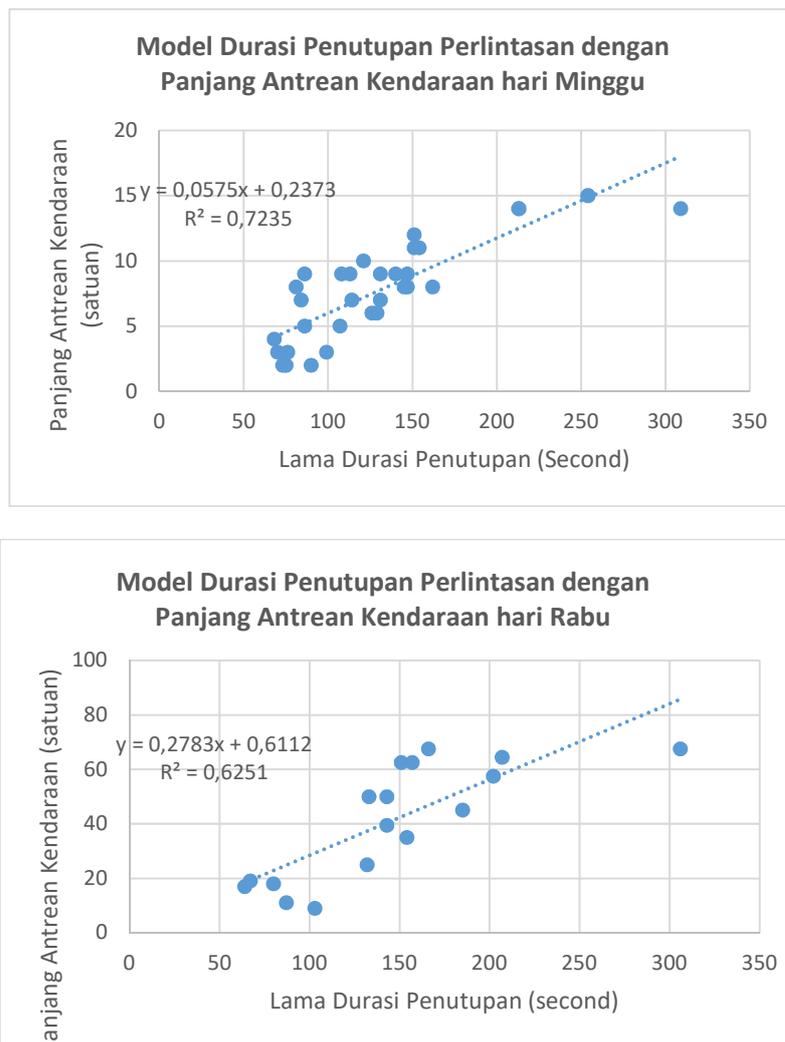
No	Waktu Penutupan	Durasi penutupann	Panjang Antrean	Jumlah Kereta Api Yang Melintas	Volume LL sebelum perlintasan	Volume LL pada perlintasan	Kecepatan rata-rata kendaraan sebelum perlintasan	Kecepatan rata-rata kendaraan pada perlintasan	Derajat Kejenuhan Sebelum Perlintasan	Derajat Kejenuhan Pada Perlintasan
	Awal-akhir	detik	kendaraan		Smp/jm	Smp/jm	Km/jam	Km/jam		
3	8:14:33 - 8:15:53	200	7	1	2299,2	2279,4	39,3	31,2	0,5	0,8
4	8:17:41 - 8:18:49	68	4	1	2091,6	1918,2	37,2	30,9	0,5	0,7
5	8:20:25 - 8:22:12	107	5	1	1933,2	1956,0	42,4	43,0	0,5	0,7
6	8:25:57 - 8:27:10	73	2	1	2461,8	2200,2	38,2	36,2	0,6	0,8
7	8:27:42 - 8:30:02	140	9	1	2461,8	2200,2	39,7	40,7	0,6	0,8
8	8:32:17 - 8:34:44	147	8	2	2712,0	2365,2	43,6	32,3	0,6	0,8
9	8:37:28 - 8:39:39	131	7	2	2194,2	2095,8	38,3	38,0	0,5	0,7
10	8:40:09 - 8:41:51	102	12	1	2369,4	2453,4	42,1	37,6	0,6	0,9
11	8:45:49 - 8:47:28	99	3	1	2423,4	2196,6	30,1	35,1	0,6	0,8
12	8:48:50 - 8:50:43	113	9	1	2423,4	2196,6	42,4	33,6	0,6	0,8
13	8:51:24 - 8:52:48	84	7	1	2317,2	2340,0	54,9	33,8	0,5	0,8
14	8:57:02 - 8:59:36	154	11	2	2495,4	2273,4	35,5	29,7	0,6	0,8
15	9:03:10 - 9:04:25	75	2	1	2080,8	1996,8	46,4	34,6	0,5	0,7
16	9:06:04 - 9:08:15	131	9	2	2503,8	1995,0	45,3	41,0	0,6	0,7
17	9:10:18 - 9:12:49	151	12	1	2365,2	2275,8	43,4	33,7	0,6	0,8
18	9:14:34 - 9:16:35	121	10	1	2365,2	2275,8	51,2	29,0	0,6	0,8
19	9:17:41 - 9:18:56	75	2	1	2374,2	2238,0	42,2	37,7	0,6	0,8
20	9:20:13 - 9:22:10	117	12	1	2600,4	2313,0	45,4	41,0	0,6	0,8
21	9:23:47 - 9:26:14	147	9	2	2334,6	2053,2	36,9	31,0	0,5	0,7
22	9:27:18 - 9:29:32	134	17	2	2334,6	2053,2	45,0	36,0	0,5	0,7
23	9:31:49 - 9:33:02	73	7	1	2298,6	2469,6	41,2	31,4	0,5	0,9
24	9:34:13 - 9:36:07	114	7	1	2298,6	2469,6	38,3	37,8	0,5	0,9
25	9:36:42 - 9:37:55	73	13	1	2542,2	2211,6	32,6	33,1	0,6	0,8

No	Waktu Penutupan	Durasi penutupan	Panjang Antrean	Jumlah Kereta Api Yang Melintas	Volume LL sebelum perlintasan	Volume LL pada perlintasan	Kecepatan rata-rata kendaraan sebelum perlintasan	Kecepatan rata-rata kendaraan pada perlintasan	Derajat Kejenuhan Sebelum Perlintasan	Derajat Kejenuhan Pada Perlintasan
	Awal-akhir	detik	kendaraan		Smp/jm	Smp/jm	Km/jam	Km/jam		
26	9:38:46 - 9:40:58	132	15	2	2542,2	2211,6	32,6	33,1	0,6	0,8
27	9:42:24 - 9:43:36	72	8	1	2593,8	2140,8	43,3	31,1	0,6	0,7
28	9:45:41 - 9:47:50	129	6	1	2470,2	2447,4	42,5	37,5	0,6	0,9
29	9:49:34 - 9:51:40	126	6	1	2470,2	2447,4	38,3	36,4	0,6	0,9
30	9:53:00 - 9:54:30	90	2	1	2458,2	2383,2	38,8	27,0	0,6	0,8
31	9:55:03 - 9:56:51	108	9	1	2254,2	2380,2	42,4	43,0	0,5	0,8
32	9:57:13 - 9:58:34	81	15	1	2254,2	2380,2	31,3	41,1	0,5	0,8
33	10:00:21 - 10:02:52	151	11	1	2119,2	1891,8	46,1	37,6	0,5	0,7
34	10:05:41 - 10:08:06	145	8	2	2412,6	2150,4	38,8	27,2	0,6	0,8
35	10:10:45 - 10:12:01	76	3	1	2832,0	2038,8	41,1	30,9	0,7	0,7
36	10:12:31 - 10:14:32	121	3	1	2832,0	2038,8	41,8	40,7	0,7	0,7
37	10:16:15 - 10:17:36	81	8	1	2560,2	2367,0	42,6	38,1	0,6	0,8
38	10:23:24 - 10:26:25	181	19	2	2782,2	2370,0	38,3	33,9	0,6	0,8
39	10:30:36 - 10:32:02	86	9	1	2209,8	2464,2	34,6	26,4	0,5	0,9
40	10:35:05 - 10:36:15	70	3	1	2194,8	2233,8	34,2	36,1	0,5	0,8
41	10:38:16 - 10:40:58	162	8	2	2034,6	1999,2	60,7	30,8	0,5	0,7
42	10:43:21 - 10:47:35	254	15	3	2034,6	1999,2	23,9	32,1	0,5	0,7
43	10:54:36 - 10:58:09	254	14	2	2617,8	2149,8	35,0	31,0	0,6	0,8

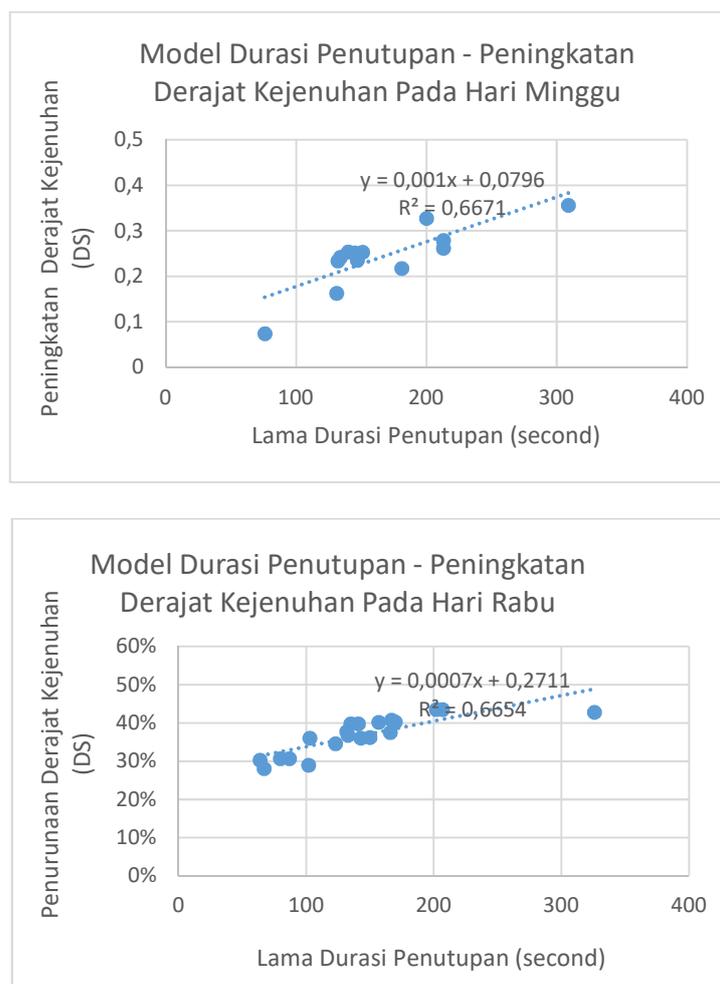
**Hubungan Panjang Antrean Kendaraan dan Derajat Kejenuhan dengan Durasi Penutupan Perlintasan Jalan Rel**

Dari data pada Tabel 1 dan Tabel 2, didapatkan persamaan hubungan antara panjang antrean kendaraan dengan durasi penutupan pintu perlintasan pada Jl. Lenteng Agung Barat arah Jakarta pada hari Rabu adalah  $Y = 0,2783x + 0,6251$  dimana  $R^2 = 0,6251$  dan pada hari Minggu :  $Y = 0,0575x + 0,2373$  dimana  $R^2 = 0,7235$ .

Dari data yang sama didapatkan didapatkan persamaan hubungan antara peningkatan Derajat Kejenuhan dengan durasi penutupan pintu perlintasan pada Jl. Lenteng Agung Barat arah Jakarta pada hari Rabu adalah  $Y = 0,001x + 0,0796$  dimana  $R^2 = 0,6671$ . dan pada hari minggu :  $Y = 0,0007x + 0,2711$  dimana  $R^2 = 0,665$ .



Gambar 4. Hubungan Panjang Antrean Kendaraan dengan Durasi Penutupan Pada Jalan Lenteng Agung Barat Arah Jakarta



Gambar 5. Hubungan Peningkatan Derajat Kejenuhan dengan Durasi Penutupan Pada Jalan Lenteng Agung Barat Arah Jakarta

## SIMPULAN

Dari Hasil analisis dan pembahasan yang sudah dilakukan dalam penelitian yang berokasi pada Jalan Lenteng Agung Barat Arah Jakarta dapat disimpulkan :

1. Hasil penelitian pada hari Rabu untuk :
  - a. Durasi Penutupan pintu kereta Kereta Api rata-rata pada hari rabu sebesar 105 detik. Durasi penutupan terbesar pada hari rabu sebesar 160 detik, sedangkan durasi yang terpendek yaitu sebesar 60 detik untuk satu kali kereta api melintas.
  - b. Antrean Kendaraan yang terpanjang sebesar 115 kendaraan dari perlintasan dengan durasi penutupan 983 detik. Sedangkan antrean terpendek yang terjadi pada hari rabu sebesar 9 kendaraan dengan durasi penutupan sebesar 103 detik. Rata-rata antrean kendaraan yang terjadi yaitu sebesar 50 kendaraan dari perlintasan sebidang pada Lenteng Agung Barat arah Jakarta.
  - c. Arus lalu lintas rata-rata yang terjadi pada hari Rabu pada perlintasan adalah 3273,8 smp/jam dan sebelum perlintasan adalah 3369,2 smp/jam.
  - d. Pada hari Rabu model hubungan panjang antrean kendaraan dan durasi penutupan pintu perlintasan di Jl. Lenteng Agung Barat adalah  $Y = 0,2783x + 0,6251$  dimana  $R^2 = 0,6251$ , dimana y adalah panjang antrean (kendaraan) dan x adalah durasi penutupan (detik). Sedangkan hubungan peningkatan derajat kejenuhan dan durasi penutupan pintu

perlintasan adalah  $Y = 0,001x + 0,0796$  dimana  $R^2 = 0,6671$ , dimana  $y$  adalah peningkatan derajat kejenuhan (% peningkatan DS) dan  $x$  adalah durasi penutupan pintu perlintasan. Persamaan tersebut hanya berlaku pada Arus kendaraan yang sama dengan arus pada hari Rabu yang dijelaskan pada point diatas. Baik itu arus pada hari rabu dan arus pada hari minggu mengalami perbedaan sebesar 29,5 % Sebelum perlintasan dan 32,6% Pada Perlintasan.

2. Hasil penelitian hari Minggu untuk :

- a. Durasi Penutupan pintu kereta Kereta Api rata-rata pada hari Minggu sebesar 92 detik. Durasi penutupan terbesar pada hari rabu sebesar 152 detik, sedangkan durasi yang terpendek yaitu sebesar 65 detik untuk satu kali kereta api melintas.
- b. Panjang antrean akibat penutupan perlintasan pada hari Minggu rata-rata sebesar 8 kendaraan. Antrean terpanjang yang terjadi pada hari Minggu sebesar 19 kendaraan dengan durasi penutupan selama 181 detik dan yang terpendek 2 kendaraan dari perlintasan dengan durasi penutupan selama 90 detik.
- c. Arus lalu lintas rata-rata yang terjadi pada hari Minggu pada perlintasan adalah 2204,9 smp/jam dan sebelum perlintasan adalah 2374,5 smp/jam.
- d. Pada hari Minggu model hubungan panjang antrean kendaraan dan durasi penutupan pintu perlintasan di Jl. Lenteng Agung Barat adalah  $Y = 0,575x + 0,2373$  dimana  $R^2 = 0,7235$ , dimana  $y$  adalah panjang antrean (kendaraan) dan  $x$  adalah durasi penutupan (detik). Sedangkan hubungan peningkatan derajat kejenuhan dan durasi penutupan pintu perlintasan adalah  $Y = 0,0007x + 0,2711$  dimana  $R^2 = 0,6654$ ., dimana  $y$  adalah peningkatan derajat kejenuhan (% peningkatan DS) dan  $x$  adalah durasi penutupan pintu perlintasan. Persamaan tersebut hanya berlaku pada Arus kendaraan hari Minggu yang dijelaskan pada point diatas. Baik itu arus pada hari rabu dan arus pada hari minggu mengalami perbedaan sebesar 29,5 % Sebelum perlintasan dan 32,6% Pada Perlintasan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Amal, A.S. (2003). *Pengaruh Penutupan Pada Jalan Raya Malang-Surabaya KM.10*. Tesis S2 Universitas Diponegoro. Semarang
- Boediono, 2001, *Teori dan Aplikasi Statistika dan Probabilitas*, Remaja Rosdakarya, Bandung
- Departemen Pekerjaan Umum, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Jakarta
- Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah, 2004, *Pedoman Perencanaan Perlintasan Jalan Dengan Jalur Kereta Api*, Jakarta
- Hadis, C.S., 2013, *Hubungan Tundaan dan Panjang Antrean Terhadap Konsumsi*, Jakarta
- Sitorus, dkk, 2013, *Studi Pengaruh Perlintasan Sebidang Jalan Dengan Rel Kereta Api Terhadap Karakteristik Lalu Lintas (studi Kasus : Perlintasan Kereta Api Jalan Sisingamangaraja Medan)*, Universitas Sumatra Utara. Medan

## **EVALUASI STRUKTUR JETTY DAN TRESTLE DRMAGA KILANG ASPAL CURAH AKIBAT PERUBAHAN KAPASITAS KAPAL TANKER DARI 5000 DWT MENJADI 10000 DWT**

Harry Hartawan dsn Tri Anggi Purnomo  
Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Sains dan Teknologi Nasional  
Jln. Moch. Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah P.O. Box 7715 JKS LA  
Kelurahan Jagakarsa – Jakarta Selatan 12620, Telp. 78880275  
Email: [purnomo.anggi50@gmail.com](mailto:purnomo.anggi50@gmail.com)

### **ABSTRAK**

Kapal sebagai sarana pengangkut muatan mempunyai ciri-ciri tersendiri dalam menangani muatannya. Muatan tersebut dapat berbentuk gas, padat, dan cair. Kapasitas angkut kapal biasanya diukur dengan satuan DWT (*dead weight tonnage*) yaitu selisih dari *displacement* kapal yang bermuatan penuh (*extrem weight*) dan kapal kosong (*light weight*) dihitung dalam satuan ton metrik. Dalam penelitian ini akan membahas mengenai evaluasi kinerja struktur dari *breasting* dan *mooring dolphin* akibat perubahan kapasitas kapal tanker dari 5000 DWT menjadi 10000 DWT. Penelitian atau analisa mengenai kinerja struktur *jetty trestle* dan *jetty head platform* ini bertujuan untuk mengetahui apakah struktur *jetty trestle* dan *jetty head platform* yang sudah di rencanakan dengan beban kapal rencana 5000 DWT masih mampu menahan beban peningkatan kapal menjadi 10000 DWT. Dalam penelitian ini dilakukan pengumpulan data-data struktur existing berupa beban-beban yang bekerja pada struktur dan spesifikasi struktur existing dan data peningkatan kapasitas dari kapal tanker untuk dievaluasi dengan perangkat lunak SAP2000 19. Dari hasil analisis evaluasi ini dapat disimpulkan bahwa struktur dari *jetty trestle* dan *jetty head platform* yang direncanakan dengan kapasitas kapal 5000 DWT masih mampu menahan beban akibat peningkatan kapal tanker menjadi 10000 DWT dengan mengecek kemampuan tiang pancang, tegangan tiang pancang dan balok eksisting yang terjadi tidak melebihi tegangan izin dari kondisi existing struktur.

Kata Kunci: Kapal tanker, DWT, *Jetty trestle*, *Jetty head platform*, Tegangan ijin.

### **ABSTRACT**

*Freighter has some specific characteristic in tackling its contents. These contents could be gas, solid, or fluid. Freighter capacity usually measured in DWT (dead weight tonnage), DWT is the variance between the extrem weight and the light weight of the freighter displacement. This research would talk about the evaluation of performance of breasting and mooring dolphin due to alteration of oil tanker capacity from 5000 DWT to 10000 DWT. Analisis about structural performance of jetty trestle and jetty head platform has an objective to find out does the jetty trestle and the jetty head platform as planned for load 5000 DWT able to hold increasing load 10000 DWT. This research would be collecting the existing structural load data and specification, and the data of increasing load. These data would be evaluated by using application SAP2000 V19. The result of this analysis shows that existing planning 5000 DWT is able to tackling the increasing load 10000 DWT by checking the capacity of piles and existing beams which is not more than the allowable stress of the existng structure.*

*Keywords: Oiltanker, DWT, Jetty trestle, Jetty head platform, Allowable stress.*

### **PENDAHULUAN**

Pembangunan dermaga memakan biaya yang sangat besar. Oleh karena itu diperlukan suatu perhitungan dan pertimbangan yang matang untuk memutuskan pembangunan suatu dermaga. Keputusan pembangunandermaga biasanya didasarkan pada pertimbangan-pertimbangan ekonomi, politik dan teknis. Ketiga dasar pertimbangan tersebut saling berkaitan, tetapi biasanya yang paling menentukan adalah pertimbangan ekonomi.

Dalam penulisan ini penulis membahas tentang struktur dermaga yang menjorok ke laut (*Jetty/Pier*), yaitu struktur *jetty* dan *trestle*. *Jetty* berfungsi untuk tempat bersandar kapal yang akan

melakukan bongkar-muat barang dan untuk menambatkan kapal saat kapal bersandar agar tidak menghasilkan banyak gerakan, sedangkan trestle berfungsi sebagai penghubung antara jetty dengan daratan dan sebagai jalan untuk truk angkut.

Struktur tersebut sangat dibutuhkan karena pada saat kapal melakukan bongkar-muat, pada saat melakukan bongkar muat kapal tidak boleh melakukan banyak gerakan. Dalam mendesain dermaga sangat perlu untuk memperkirakan pengaruh angin, pasang surut air laut, gelombang dan arus air laut. Oleh karena itu, penulis tertarik membahas judul ini karena ingin mempelajari bagaimana proses penganalisaan sebuah perencanaan struktur trestle dan jetty terhadap peningkatan kapasitas kapal tanker dari 5.000 DWT menjadi 10.000 DWT. Masih kurangnya literatur-literatur dan pengetahuan tentang analisis perencanaan trestle dan jetty bagi penulis menjadi tantangan untuk bisa menyajikan suatu tulisan yang mungkin suatu saat nanti bisa dijadikan acuan untuk membuat suatu karya yang lebih detail dan terperinci.

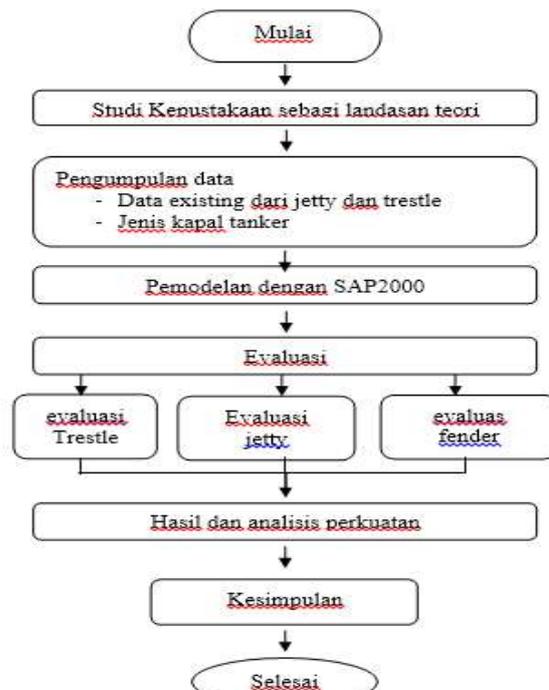
Maksud dari penulisan tugas akhir ini adalah menegvaluasi dan menganalisa struktur dermaga terutama terhadap struktur trestle dan jetty akibat peningkatan kapasitas kapal tanker dari 5.000 DWT menjadi 10.000 DWT.

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini untuk mengevaluasi kuat tidaknya struktur dari jetty trestle dan jetty head platform akibat peningkatan kapasitas kapal tanker dari 5.000 DWT menjadi 10.000 DWT.

Berdasarkan identifikasi masalah diatas maka perlu adanya batasan masalah sebagai berikut :

- Hanya mengevaluasi kemampuan kekuatan struktur existing jetty main platform dan jetty trestle dengan penambahan kapasitas kapal tanker dari 5.000 DWT menjadi 10.000 DWT.
- Perhitungan evaluasi hanya berdasarkan data existing.
- Tidak menyelidiki dan meneliti tanah, data tanah menggunakan data yang sudah ada sebelumnya.
- Data pasang surut, gelombang angin dan arus laut menggunakan data yang sudah ada.
- Menggunakan dimensi struktur existing.
- Menggunakan spesifikasi material existing.
- Pemodelan struktur menggunakan software SAP2000.

## METODE PENELITIAN



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam BAB ini tersusun data-data yang diaplikasikan dalam tahap perhitungan juga susunan dari analisa dan perhitungan untuk evaluasi kinerja struktur dari jetty dan trestle akibat perubahan kapasitas kapal tanker dari 5000 DWT menjadi 10000 DWT. Dimensi dan property struktur jetty trestle didapat berdasarkan data existing. Dimensi dan property struktur jetty head platform didapat berdasarkan data existing.

### Beban Pada Jetty Trestle

Beban yang bekerja pada jetty trestle diantaranya adalah beban mati, beban hidup, beban gelombang, beban arus, beban angin dan beban gempa.

### Beban Pada Jetty Head Platform

Beban yang bekerja pada jetty head platform diantaranya adalah beban mati, beban hidup, beban piping dan equipment, beban marine loading arm, beban gelombang, beban arus, beban angin, beban gempa, dan beban berthing kapal.

### Analisa Reaksi Perletaka Tiang Pancang.

Kapasitas ijin tiang pancang (mengacu pada desain spesifikasi) :

Diameter tiang pancang	= 812 mm
Kapasitas tekan Qall	= 200 ton
Kapasitas lateral Hall	= 20 ton
Kapasitas tarik Tall	= 100 ton

Dari output SAP2000 beban dan momen diperoleh berdasarkan gaya terbesar yang terjadi akibat kombinasi pembebanan :

$(\sum v)$ beban vertikal maks	= 4790.8 ton
$(\sum M)$ momen total	= 0 ton.m
$(\sum E)$ beban lateral maks	= 167.7 ton
$(\sum M)$ momen lateral	= 537.3 ton.m

- Cek kebutuhan tiang pancang

$$n = \sum v / Q_{all}$$

$$= 4790.8 \text{ ton} / 200$$

$$= 23.95 \sim 24 \text{ tiang} < 72 \text{ tiang (OK!)}$$

- Cek kapasitas vertikal tiang pancang

$$\text{Beban per tiang pancang}$$

$$= \sum v / n \text{ tiang}$$

$$= 4790.8 / 72$$

$$= 66.54 \text{ ton} < 200 \text{ ton (OK!)}$$

- Tegangan pada tiang pancang

$$\sigma = P/A$$

$$= 66.54 / 0.518$$

$$= 128.45 \text{ ton/m}^2$$

- Cek kapasitas lateral tiang pancang

$$= \sum E / n \text{ tiang}$$

$$= 167.7 / 72$$

$$= 2.32 \text{ ton} < 20 \text{ ton (OK!)}$$

### Rasio Tegangan Tiang Pancang

Hasil output rasio tegangan tiang pancang dari SAP2000 V.19 didapat rasio maksimum sebesar 0.834, rasio tersebut terjadi di tiang pancang 142.

**Pengecekan Balok Existing**

Tabel 1. Cek Tulangan Balok Trestle

No. Beam	Luas Tulangan Perlu		Tulangan Existing	Rasio	Cek
	Tumpuan (mm <sup>2</sup> )	Lapangan (mm <sup>2</sup> )	Luas Tul. Existing (mm <sup>2</sup> )		
634		1599	1983.695	0.806	OK
634	1481		1983.695	0.746	OK

**Analisa Perletakan Reaksi Tiang Pancang**

Kapasitas ijin tiang pancang (mengacu pada desain spesifikasi) :

- Diameter tiang pancang = 812 mm
- Kapasitas tekan Qall = 200 ton
- Kapasitas lateral Hall = 20 ton
- Kapasitas tarik Tall = 100 ton

Dari output SAP2000 beban dan momen diperoleh berdasarkan gaya terbesar yang terjadi akibat kombinasi pembebanan :

- ( $\sum v$ ) beban vertikal maks = 2442.4 ton
- ( $\sum M$ ) momen total = -0.54 ton.m
- ( $\sum e$ ) beban lateral maks = 183.28 ton
- ( $\sum Me$ ) momen lateral = 234.5ton.m

- Cek kebutuhan tiang pancang

$$n = \sum v / Q_{all} = 2442.42 \text{ ton} / 200 = 12.21 \sim 13 \text{ tiang} < 32 \text{ tiang (OK!)}$$

- Cek kapasitas vertikal tiang pancang

$$\begin{aligned} \text{Beban per tiang pancang} &= \sum v / n \text{ tiang} \\ &= 2442.42 / 32 \\ &= 76.32 \text{ ton} < 200 \text{ ton (OK!)} \end{aligned}$$

- Tegangan pada tiang pancang

$$\begin{aligned} \sigma &= P/A \\ &= 76.32 / 0.518 \\ &= 147.35 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

- Cek kapasitas lateral

$$\begin{aligned} &= \sum E / n \text{ tiang} \\ &= 183.28 / 32 \\ &= 5.73 \text{ ton} < 20 \text{ ton (OK!)} \end{aligned}$$

**Rasio Tegangan Tiang Pancang**

Hasil output rasio tegangan tiang pancang dari SAP2000 V.19 didapat rasio maksimum sebesar 0.944, rasio tersebut terjadi di tiang pancang 987.

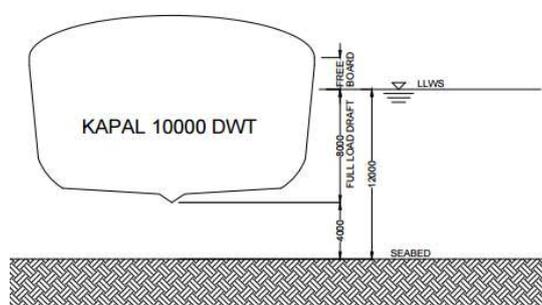
### Pengecekan Balok Existing

Tabel 2. Cek Tulangan Balok Jetty.

No. Beam	Luas Tulangan Perlu		Tulangan Existing	Rasio	Cek
	Tumpuan (mm <sup>2</sup> )	Lapangan (mm <sup>2</sup> )	Luas Tul. Existing (mm <sup>2</sup> )		
1023		1194	1406.72	0.848	OK
1021	1158		1406.72	0.823	OK

### Kedalaman Perairan Dermaga

Kedalaman air diukur terhadap muka air referensi yang biasanya muka air referensi ini ditentukan berdasarkan nilai rata-rata dari muka air surut terendah pada saat pasang besar (spring tide) dalam periode panjang, yang disebut LLWS (Lowes Low Water Spring).



Gambar 2. Kedalaman Perairan Terhadap Draft Kapal 1000 DWT.

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa kedalaman perairan masih bisa untuk bersandarnya kapal 10000 DWT. Karena pada keadaan full load draft masih ada ruang bebas sedalam 4 meter antara kapal dan seabed.

### SIMPULAN

Dari hasil analisa jetty trestle dan jetty head platform dapat disimpulkan bahwa struktur existing dari jetty trestle dan jetty head platform masih sanggup untuk menahan beban tumbukan kapal akibat penambahan kapasitas kapal yang bersandar, yaitu kapal dari 5000 DWT menjadi 10000 DWT dengan hasil analisa :

- **Jetty Trestle**

- Cek kebutuhan tiang pancang

$$n = \sum v / Q_{all}$$

$$= 4790.8 \text{ ton} / 200$$

$$= 23.95 \sim 24 \text{ tiang} < 72 \text{ tiang (OK!)}$$

- Cek kapasitas vertikal tiang pancang

Beban per tiang pancang

$$= \sum v / n \text{ tiang}$$

$$= 4790.8 / 72$$

$$= 66.54 \text{ ton} < 200 \text{ ton (OK!)}$$

- Tegangan pada tiang pancang

$$\sigma = P/A$$

$$= 66.54 / 0.518$$

$$= 128.45 \text{ ton/m}^2$$

- Cek kapasitas lateral tiang pancang

$$= \sum E / n \text{ tiang}$$

$$= 167.7 / 72$$

$$= 2.32 \text{ ton} < 20 \text{ ton} \quad (\text{OK!})$$

- Rasio Tegangan Tiang Pancang  
 $0.834 < 1 \quad (\text{OK!})$
- Cek Tulangan Balok Existing Trestle

No. Beam	Luas Tulangan Perlu		Tulangan Existing	Rasio	Cek
	Tumpuan (mm <sup>2</sup> )	Lapangan (mm <sup>2</sup> )	Luas Tul. Existing (mm <sup>2</sup> )		
634		1599	1983.695	0.806	OK
634	1481		1983.695	0.746	OK

• **Jetty Head Platform**

- Cek kebutuhan tiang pancang  
 $n = \sum v / Q_{all}$   
 $= 2442.42 \text{ ton} / 200$   
 $= 12.21 \sim 13 \text{ tiang} < 32 \text{ tiang} \quad (\text{OK!})$
- Cek kapasitas vertikal tiang pancang  
 Beban per tiang pancang  
 $= \sum v / n \text{ tiang}$   
 $= 2442.42 / 32$   
 $= 76.32 \text{ ton} < 200 \text{ ton} \quad (\text{OK!})$
- Tegangan pada tiang pancang  
 $\sigma = P/A$   
 $= 76.32 / 0.518$   
 $= 147.35 \text{ ton/m}^2$
- Cek kapasitas lateral  
 $= \sum E / n \text{ tiang}$   
 $= 183.28 / 32$   
 $= 5.73 \text{ ton} < 20 \text{ ton} \quad (\text{OK!})$
- Rasio Tegangan Tiang Pancang  
 $0.944 < 1 \quad (\text{OK!})$
- Cek Tulangan Balok Existing Jetty

No. Beam	Luas Tulangan Perlu		Tulangan Existing	Rasio	Cek
	Tumpuan (mm <sup>2</sup> )	Lapangan (mm <sup>2</sup> )	Luas Tul. Existing (mm <sup>2</sup> )		
1023		1194	1406.72	0.848	OK
1021	1158		1406.72	0.823	OK

**SARAN**

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada struktur existing terhadap penambahan kapasitas kapal yang lebih besar.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada struktur dengan metode analisa gempa yang berbeda.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Alonzo DeF. Quinn. *Design & Construction of Ports & Marine Structures* Second Edition. Mc Graw-Hill Book Company, America, 1961.
- American Institute of Steel Construction (AISC) Code of Standard Practice for Steel Building and Bridges*. 2005.
- API RP 2A-LRFD Load and Resistance Factor Design*. 1997.
- Asiyanto. *Metode Konstruksi Bangunan Pelabuhan*. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), Jakarta, 2008.
- Kramadibrata, Soedjono. *Perencanaan Pelabuhan*. ITB, Bandung, 2002
- Ricky Lukman Tawekal. 2011. *Bangunan Lepas Pantai 1*. Bandung: Penerbit ITB.
- SNI 1729-2015 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*. 2015.
- Triatmojo, Prof. Dr. Ir Bambang. *Perencanaan Pelabuhan*. Beta Offset Yogyakarta, Yogyakarta, 2009.
- Wiryanto, Dewobroto. *Aplikasi Rekayasa Konstruksi Dengan SAP2000*. Alex Media Komputindo, Jakarta, 2013.

## **ANALISIS STRUKTUR *STORAGE TANK* PELAT BAJA YANG PALING EKONOMIS AKIBAT BEBAN FLUIDA**

Ari Mulyo Diah Utami dan Yosua Manaek Pardamean Siagian  
Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Sains dan Teknologi Nasional  
Jln. Moch. Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah P.O. Box 7715 JKS LA  
Kelurahan Jagakarsa – Jakarta Selatan 12620, Telp. 78880275  
Email: [arimulyodiahutami@gmail](mailto:arimulyodiahutami@gmail.com)

### **ABSTRAK**

Kebutuhan akan sumber energi yang berasal dari minyak semakin meningkat. Oleh karena itu pemerintah giat melakukan pembangunan kilangminyak. Pada kawasan kilang minyak terdapat infrastruktur guna menyimpan minyak yang akan diolah atau didistribusikan yang biasa disebut *Storage tank* atau tangki penyimpanan. Untuk membangun tangki penyimpanan minyak secara masal, dibutuhkan perhitungan desain yang efisien dan ekonomis. Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah agar dapat menentukan desain tangki penyimpanan minyak yang paling ekonomis melalui analisa beban fluida terhadap dinding tangki. Dalam penelitian ini, akan dibahas bagaimana proses mendesain sebuah tangki minyak pelat baja, dan menganalisa perilakunya terhadap beban fluida. Sebagai bahan analisa, dibuat variasi perbandingan antara diameter dan tinggi tangki, untuk mendapatkan desain yang paling efektif dan ekonomis. Acuan desain menggunakan standar "*Welded Steel Tank for Oil Storage API 650, 10th edition, addendum 4, Desember 2005*". Hasil penelitian ini adalah tangki penyimpanan yang didesain melebar mempunyai berat material pelat baja mencapai selisih 46,3% dari pada tangki yang didesain meninggi. Hal ini menjadikan tangki penyimpanan yang didesain melebar lebih ekonomis dari jumlah material pelat baja yang digunakan jika dibandingkan dengan dimensi tangki meninggi dengan kapasitas volume fluida yang sama.

Kata kunci : Tangki penyimpanan, Pelat Baja, Desain Ekonomis

### **ABSTRACT**

*The need for a source of energy that comes from oil. Therefore the Government aggressively development kilangminyak. In the region there are oil refinery infrastructure in order to save the oil to be processed or distributed are commonly called Storage tanks or storage tank. To build oil storage tanks en masse, it takes the design calculation is efficiently and economically. The purpose of the writing of this thesis is to be able to determine the oil storage tank design is the most economical through analysis of the fluid load against the wall of the tank. In this research, it will be discussed how the process of designing an oil tank steel plates, and analyze their behaviour against load fluid. As materials analysis, made a comparison between the variation in diameter and height of the tank, to get design the most effective and economical. Reference design using the standard "Welded Steel Tanks for Oil Storage API 650, 10th edition, addendum 4, December 2005". The results of this research are storage tanks designed to widen the material weight of steel plate has reached 46.3% of the difference in the tank rises designed. It makes storage tanks designed to widen lebih ekonomis of pelat baja the amount of material that is used in comparison with the dimensions of the tank rises with the same fluid volume kapasitas.*

*Keyword: storage tanks, steel plates, Economical Design*

### **PENDAHULUAN**

Pertumbuhan kapasitas kilang dalam negeri bertahun-tahun tidak pernah tumbuh, bersamaan kebutuhan masyarakat terhadap bahan bakar minyak terus tumbuh seiring tumbuh nya pertumbuhan ekonomi. Menurut Menteri ESDM, Ignasius Jonan, dalam diskusi di Menara MNC, hanya dengan kemampuan sekitar 800.000 barrel per hari, konsumsi bahan bakar minyak (BBM) Indonesia mencapai 1.570.000 barrel per hari. Dampaknya, 50% kebutuhan BBM Indonesia bergantung pada impor. Maka, tidak ada acara lain, Indonesia harus segera membangun kilang baru agar tak terus bergantung pada BBM impor. Menjawab kebutuhan nasional, dibutuhkan *storage tank* atau tangki penyimpanan minyak

yang efisien dan ekonomis guna menunjang program pemerintah dalam mengembangkan pembangunan kilang minyak di Indonesia. Oleh karena persoalan tersebut, diperlukan penelitian agar dapat diketahui bagaimana cara menentukan desain tangki penyimpanan minyak yang paling ekonomis.

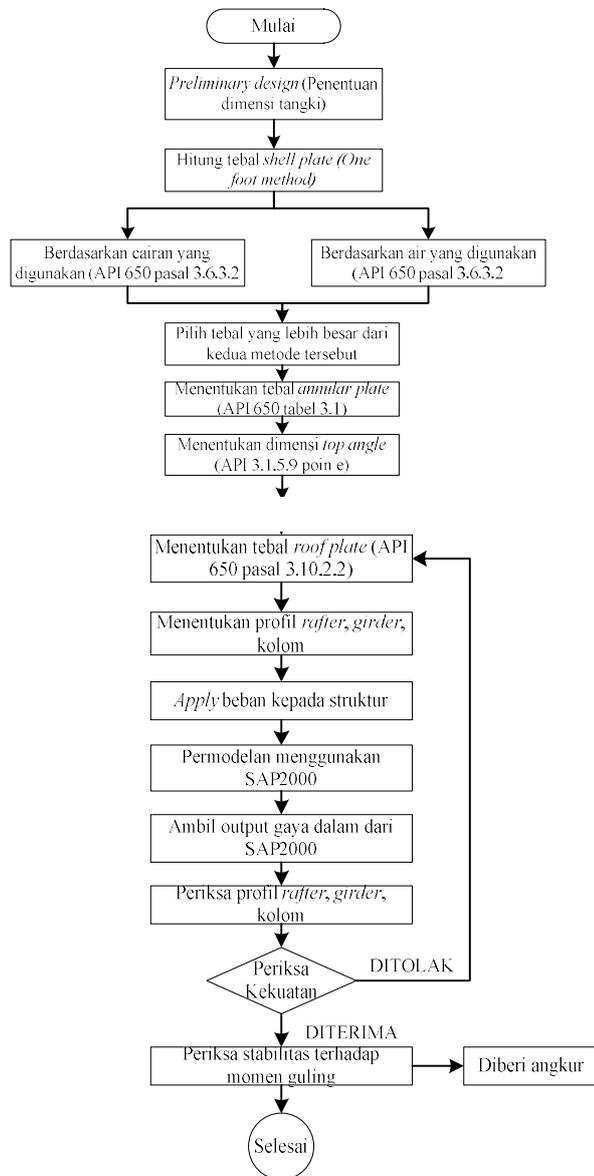
Maksud dari permasalahan ini adalah agar mengetahui pengaruh hubungan tebal dan tinggi terhadap berat jenis fluida.

Tujuan dari permasalahan ini adalah agar dapat memilih tangki minyak yang paling efisien dan paling ekonomis.

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Beban internal menggunakan pertalite dengan  $\gamma = 770 \text{ Kg/m}^3$  sebagai fluida yang akan disimpan.
2. Material yang digunakan adalah baja dengan mutu A 572 (50) untuk pelat dan A36 untuk struktur pendukung.
3. Proses perancangan dan analisa perilaku dibatasi pada bagian dinding tangki saja.
4. Penentuan tebal dinding tangki dengan membandingkan perhitungan air dan pertalite. (diambil yang paling tebal)
5. Asumsi tangki dibangun di atas tanah yang stabil.
6. Acuan yang digunakan dalam menentukan ukuran tangki adalah "*Welded Steel Tank for Oil Storage API 650, 10th edition, addendum 4, Desember 2005*"
7. Jenis tangki yang akan didesain adalah *Aboveground tank, fixed cone roof with support*.
8. Perilaku dianalisa berdasarkan beban fluida saja.
9. Hasil output perhitungan gaya dalam menggunakan bantuan *software* SAP 2000

## METODE PENELITIAN



Gambar 1. Bagan alur desain

## METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan variabel berupa perbandingan Diameter dan Tinggi. Variabel berupa perbandingan diameter dan tinggi tangki ini digunakan dikarenakan variabel ini dapat membantu menentukan jumlah material, dengan menghitung gaya dalam yang terjadi akibat penggunaan variabel tersebut, dapat diketahui perbandingan diameter dan tinggi yang seperti apa yang menghasilkan gaya dalam terkecil atau bisa dikatakan yang menghasilkan struktur terstabil.

Dari variabel yang telah disebutkan di atas, maka dibuat *preliminary design* untuk 3 perbandingan tinggi dan diameter. Dari variabel tersebut didapatkan 3 dimensi tangki yang berbeda beda dengan detail sebagai berikut :

**HASIL DAN ANALISA STRUKTUR**

Sesuai yang tertera dalam API 650 tabel 3-2, nilai  $S_d$  (tekanan yang diijinkan untuk kondisi desain) sebesar 147 Mpa, dan nilai  $S_t$  (tekanan yang diijinkan untuk kondisi *hydrostatic test*) sebesar 165 Mpa.

Dengan menggunakan rumus berdasarkan cairan ( $t_d$ ) yang digunakan dan dibantu dengan *microsoft excel* maka didapatkan nilai ketebalan pelat dinding :

Kapasitas	Satuan	Perbandingantinggi : diameter	Jenis Model	Tinggi (m)	Diameter (m)	Volume <i>real</i> (barrel)
140. 000	Barrel ( <i>oil</i> )	1 : 4	(A) Melebar	12	48	136.511,81
		1 : 1	(B) Sama	30	30	133.312,31
		4 : 1	(C) Meninggi	76	19	135.465,06

$1 \text{ m}^3 = 1 \text{ kiloliter} = 6,29 \text{ barrel (oil)}$

Tabel 1. Hasil Perhitungan Ketebalan Dinding Pelat Baja Tangki

h (m)	td	tebal (mm)	berat (kg)	td	tebal (mm)	berat (kg)	td	tebal (mm)	berat (kg)
2	5.09	8.00	18,928.14	4.31	8.00	11,830.09	3.83	8.00	7,492.39
4	7.56	8.00	18,928.14	5.85	8.00	11,830.09	4.80	8.00	7,492.39
6	10.02	11.00	26,026.19	7.39	8.00	11,830.09	5.78	8.00	7,492.39
8	12.49	13.00	30,758.23	8.93	9.00	13,308.85	6.76	8.00	7,492.39
10	14.95	15.00	35,490.26	10.47	11.00	16,266.37	7.73	8.00	7,492.39
12	17.41	18.00	42,588.32	12.01	13.00	19,223.89	8.71	9.00	8,428.94
total berat			172,719.29						
luas shell (m2)			1,808.64						
berat per unit (Kg/m)			95.50						
14			13.55	14.00	20,702.65	9.68	10.00	9,365.49	
16			15.09	16.00	23,660.18	10.66	11.00	10,302.04	
18			16.63	17.00	25,138.94	11.63	12.00	11,238.58	
20			18.17	19.00	28,096.46	12.61	13.00	12,175.13	
22			19.71	20.00	29,575.22	13.58	14.00	13,111.68	
24			21.25	22.00	32,532.74	14.56	15.00	14,048.23	
26			22.79	23.00	34,011.50	15.53	16.00	14,984.78	
28			24.33	25.00	36,969.03	16.51	17.00	15,921.33	
30			25.87	26.00	38,447.79	17.48	18.00	16,857.88	
					total berat	353,423.88			
					luas shell (m2)	2,826.00			
					berat per unit	125.06			
32						18.46	19.00	17,794.42	
34						19.43	20.00	18,730.97	
36						20.41	21.00	19,667.52	
38						21.39	22.00	20,604.07	
40						22.36	23.00	21,540.62	
42						23.34	24.00	22,477.17	
44						24.31	25.00	23,413.72	
46						25.29	26.00	24,350.26	
48						26.26	27.00	25,286.81	
50						27.24	28.00	26,223.36	
52						28.21	29.00	27,159.91	
54						29.19	30.00	28,096.46	
56						30.16	31.00	29,033.01	
58						31.14	32.00	29,969.56	
60						32.11	33.00	30,906.11	
62						33.09	34.00	31,842.65	
64						34.06	35.00	32,779.20	
66						35.04	36.00	33,715.75	
68						36.02	37.00	34,652.30	
70						36.99	37.00	34,652.30	
72						37.97	38.00	35,588.85	
74						38.94	39.00	36,525.40	
76						39.92	40.00	37,461.95	
							total berat	806,368.38	
							luas shell (m2)	4,534.16	
							berat per unit	177.84	

**Beban Hidrostatik**

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama, didapatkan nilai beban hidrostatik untuk tangki model A, B dan C.

Tabel 2. Tabel perbandingan nilai beban hidrostatik pada pelat dinding model A (melebar), B (sama), C (meninggi)

	Model A	Model B	Model C
G (Kg/m <sup>3</sup> )	770	770	770
h	12	30	76
P (N/m <sup>2</sup> )	9240	23100	58520
(Kpa)	9.24	23.1	58.52
(Kg/cm <sup>2</sup> )	0.094	0.236	0.597
Ashell (m <sup>2</sup> )	1808.64	2826	4534.16
Abottom (m <sup>2</sup> )	1808.64	706.5	283.385
Pshell (Kg)	1704132.77	6656768.62	27057052.4
Pbottom (Kg)	1704132.77	1664192.16	1691065.78
Ptotal (Kg)	3408265.53	8320960.78	28748118.2

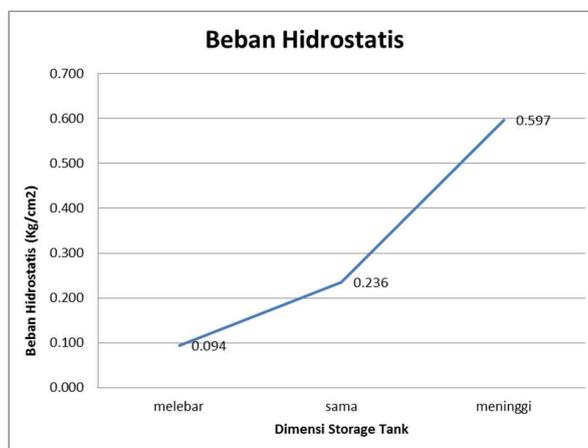
## Analisa

Analisa perbandingan penggunaan pelat baja



Gambar 2. Grafik berat material baja untuk pelat dinding.

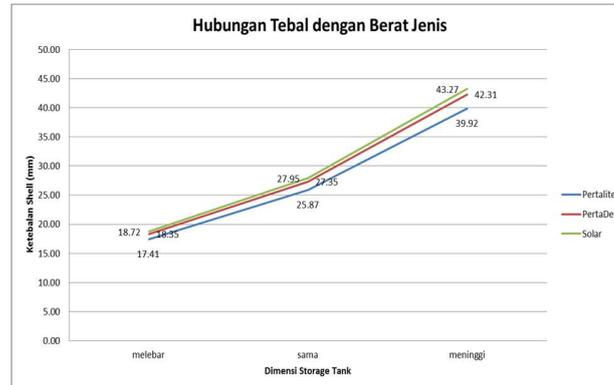
Grafik di atas merupakan perbandingan antara banyak material pelatbaja yang digunakan terhadap dimensi tangki. Dari grafik dapat dilihat bahwa, semakin meninggi desain sebuah tangki maka semakin banyak material pelatbaja yang digunakan. Jika ditinjau dari berat per unit ( $\text{Kg/m}^3$ ) yang dapat dilihat pada tabel 4.2, desain model A (melebar) dapat menghemat penggunaan berat pelat baja hingga 46,30% dari pada tangki desain model C (meninggi).



Gambar 3 Grafik beban hidrostatik.

Pada grafik di di atas, dapat dilihat bahwa desain tangki A (melebar) mempunyai beban hidrostatik paling kecil dengan persentase sebesar 84,21% daripada desain model C (meninggi).

Analisa perbandingan hubungan tebal dengan berat jenis.



Gambar 4. Grafik hubungan tebal dengan berat jenis.

Grafik di atas merupakan perbandingan antara tebal material pelat baja untuk *shell* dan percobaan perhitungan dengan menggunakan jenis beban cairan yang berbeda. Disini dicoba menggunakan perbandingannya itu dengan menggunakan Solar dan Perta Dex. Solar mempunyai berat jenis seharga 840 Kg/m<sup>3</sup> dan Perta Dex mempunyai berat jenis seharga 820 Kg/m<sup>3</sup>.

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa, solar yang mempunyai berat jenis paling berat sebesar 840 Kg/m<sup>3</sup> membutuhkan tebal dinding setebal 18,72 mm untuk model A (melebar) dan membutuhkan tebal dinding setebal 43,27 mm. Sedangkan untuk pertalite yang merupakan fluida yang berat jenisnya paling ringan yaitu 770 Kg/m<sup>3</sup> membutuhkan tebal dinding setebal 17,41 mm untuk model A (melebar) dan membutuhkan tebal dinding setebal 39,92 mm.

## SIMPULAN

Pertalite menghasilkan nilai ketebalan dinding tangki model A setebal 17,41 mm, model B setebal 25,87 mm dan model C setebal 39,92 mm. Lalu Pertadex untuk model A setebal 18,35 mm, model B setebal 27,35 mm dan model C setebal 42,31 mm. Dan Solar untuk model A setebal 18,72 mm, model B setebal 27,95 mm dan model C setebal 43,27 mm. Beban hidrostatis model A sebesar 0.094 Kg/cm<sup>2</sup>, model B sebesar 0.236 Kg/cm<sup>2</sup>, model C sebesar 0.597 Kg/cm<sup>2</sup>. Berat pelat dinding model A seberat 172.719,29 Kg, model B seberat 353.423,88 Kg, dan untuk model C seberat 806.368,38 Kg.

1. Berat jenis mempengaruhi ketebalan dinding tangki. Semakin berat beban fluida yang disimpan semakin tebal pelat dinding tangki yang dibutuhkan.
2. Semakin meninggi desain sebuah tangki maka semakin besar beban hidrostatisnya.
3. Semakin meninggi desain sebuah tangki minyak pelat baja pada volume yang sama maka semakin banyak material pelat baja yang dibutuhkan.
4. Desain tangki melebar merupakan desain tangki yang paling ekonomis dari segi penggunaan jumlah material.

## SARAN

1. Hati-hati dalam penggunaan *One Foot Method* (Metode Satu Kaki) dalam menentukan ketebalan dinding pelat baja karena pada penelitian ini didapatkan bahwa menghitung ketebalan pelat dinding berdasarkan *one foot method* tidak lebih ekonomis dengan perhitungan menggunakan Variabel *Design Point Method* (Metode Titik Variabel).
2. Karena pada penelitian ini belum memperhitungkan hal lain seperti metode konstruksi, perilaku tanah, dan lain-lain, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memastikan hal ini sehingga didapat kesimpulan yang lebih menyeluruh.

3. Untuk selanjutnya dapat dibandingkan keekonomisan penggunaan tangki berbentuk persegi atau persegi panjang lalu dibandingkan dengan bentuk tangki silindris dengan ketentuan daya tampung volume yang sama.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- AISC-ASD (2010). *Manual of Steel Construction, Allowable Stress Design, 9<sup>th</sup> Edition*, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, Illinois.
- Annual Book of ASTM.(2006). *Standard Vol 01.03 "Steel Plate, Sheet, Strip, Stainless Steel Bar*. ASTM International, United States of America.
- API Standard 650. (2002). *Welded Steel Tank For Oil Storage 10th Edition*. American Petroleum Institute, Washington, D.C.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Standar Nasional Indonesia : SNI 03-1726-2002*.
- Bustraan. (1981), *Daftar – Daftar Untuk Konstruksi Baja*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Krakatau Steel.(2015). *Product Specification*. PT. Krakatau Steel (Persero) Tbk, Banten.
- S. P. Timoshenko dan S. Woinowsky-Krieger. (1959). *Theory of Plates and Shell, 2nd ed*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Wahyudi, L., dan Rahim, Sjahril A. (1992), *Metode Plastik Analisis dan Desain*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

## **IMPLEMENTASI *EARNED VALUE MANAGEMENT* (EVM) PADA PENGENDALIAN PELAKSANAAN PROYEK KONSTRUKSI PADA INDUSTRI PERTAMBANGAN BAWAH TANAH**

Hotma Sitohang dan Ridwan Wibiksana  
Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Sains dan Teknologi Nasional  
Jln. Moch. Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah P.O. Box 7715 JKS LA  
Kelurahan Jagakarsa – Jakarta Selatan 12620, Telp. 78880275  
Email: [sitohanghotma@uyahoo.co.id](mailto:sitohanghotma@uyahoo.co.id), [rwibi@yahoo.com](mailto:rwibi@yahoo.com)

### **ABSTRAK**

Kegiatan proyek konstruksi pada tambang bawah tanah merupakan pekerjaan yang kompleks dimana sisi perencanaannya memegang peranan yang sangat penting dalam keberhasilan proyek. Keterlambatan penyelesaian proyek tidak dapat dengan mudah dikejar atau dipulihkan karena keterbatasan akses, sehingga pengawasan yang melekat pada tahapan proyek harus senantiasa dilakukan. Maksud penelitian ini adalah untuk mengkaji implementasi metodologi Earned Value Management (EVM) dalam kegiatan proyek berbasis operasi yang bertujuan untuk: (1) Memberikan informasi status kegiatan proyek dalam waktu nyata (real time) guna membantu pengelola proyek dalam mengambil keputusan yang tepat dan cepat. (2) Mengoptimalkan kinerja waktu dan biaya pada pekerjaan konstruksi fasilitas tambang bawah tanah dalam mendukung kinerja produksi pertambangan. Metode penelitian yang dilakukan berdasarkan tujuannya adalah merupakan penelitian terapan, dimana penulis menggunakan metode *ex post facto* yaitu penulisan dilakukan setelah implementasi EVM ini dilakukan di proyek konstruksi pada pertambangan bawah tanah. Metode EVM ini telah diimplementasikan selama beberapa tahun dan telah dapat memenuhi harapan dari pihak manajemen dalam upaya memastikan proyek-proyeknya memenuhi target yang direncanakan. Hal ini terbukti dari peningkatan kinerja proyek berupa kenaikan jumlah penyelesaian proyek Drawpoint sebesar 40% sejak diimplementasikannya metodologi ini.

Keywords: CPI, Drawpoint, Earned Value Management (EVM), Proyek, SPI

### **ABSTRACT**

*The construction of underground mining activities is a complex task in which the planning side plays a very important role in the success of the project. Delays in project completion can not be easily pursued or restored due to limited access, so supervision inherent in the project stage should always be undertaken. The purpose of this study is to examine the implementation of the Earned Value Management (EVM) methodology in operational-based project activities aimed at: (1) Providing real-time project activity status information to assist project managers in making timely and prompt decisions. (2) Optimizing time and cost performance in underground mining facility construction work in support of mining production performance. The research method is based on the goal is an applied research, where the authors use *ex post facto* method of writing in doing after the implementation of EVM is done in construction projects in underground mining. This EVM method has been implemented for several years and has been able to meet the expectations of the management in an effort to ensure its projects meet the planned targets. This is evident from the increase in project performance in the form of increasing the number of Drawpoint project completion by 40% since the implementation of this methodology.*

Keywords: CPI, Drawpoint, Earned Value Management (EVM), Project, SPI

### **PENDAHULUAN**

Kegiatan proyek konstruksi pada tambang bawah tanah merupakan pekerjaan yang kompleks dimana sisi perencanaan memegang peranan yang sangat penting dalam keberhasilan proyek. Faktor lokasi proyek merupakan tantangan tersendiri dalam menjalankan proyek konstruksi bawah tanah, dimana keterbatasan akses jalan menuju lokasi sangat terbatas selain faktor-faktor penghambat lainnya seperti ketersediaan alat berat yang harus berbagi pakai dengan proyek lain serta tuntutan ketepatan jadwal pelaksanaan yang berhubungan dengan operasi tambang bawah tanah.

Keterlambatan penyelesaian proyek tidak dapat dengan mudah dikejar atau dipulihkan karena keterbatasan akses, sehingga pengawasan yang melekat pada tahapan proyek harus senantiasa dilakukan.

Proyek pembangunan Drawpoint, Grizzly dan LP Chute bertujuan untuk memenuhi kebutuhan proses penambangan dengan metode Block Caving di PT.Freeport Indonesia. Sehingga batuan yang mengandung mineral seperti emas, tembaga dan perak dapat ditambang dan diolah lebih lanjut.

Kinerja pekerjaan konstruksi sebelum dilakukannya pengawasan melekat dengan mengimplemen-tasikan EVM untuk proyek Drawpoint masih dibawah harapan yaitu berkisar antara 8 s/d 11 drawpoint equivalent per bulan dari rencana minimal 12 drawpoint equivalent perbulan. Rendahnya pencapaian ini sangat berpengaruh pada jumlah produksi tambang yang dihasilkan.

Dalam penelitian ini akan menjelaskan bagaimana *Earned Value Management* (EVM) dapat menjadi alat bantu dalam mendukung proses pengendalian biaya dan waktu serta untuk menentukan strategi pelaksanaan konstruksi yang senantiasa berubah pada proyek-proyek konstruksi fasilitas pertambangan bawah tanah dengan metode Block Caving.

## **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian, dilakukan yang berdasarkan tujuannya adalah merupakan penelitian terapan dimana penulis menggunakan metode *ex post facto* dimana penulisan di lakukan setelah implementasi EVM ini dilakukan di proyek konstruksi pada pertambangan bawah tanah.

### **• Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi karena reknik pengumpulan data ini cocok digunakan untuk penelitian yang bertujuan untuk mempelajari proses kerja, dimana peneliti terlibat secara langsung dalam kegiatan sehari-hari orang atau situasi yang diamati sebagai sumber data. Selain dari itu data juga dikumpulkan melalui studi dokumen yaitu jenis pengumpulan data yang meneliti berbagai macam dokumen yang berguna untuk bahan analisis.

Adapun data yang dikumpulkan berupa, data engineering, data-data perencanaan proyek berupa jadwal proyek dan estimasi biaya, organisasi proyek dan data-data perencanaan serta data pelaksanaan proyek yang telah berjalan.

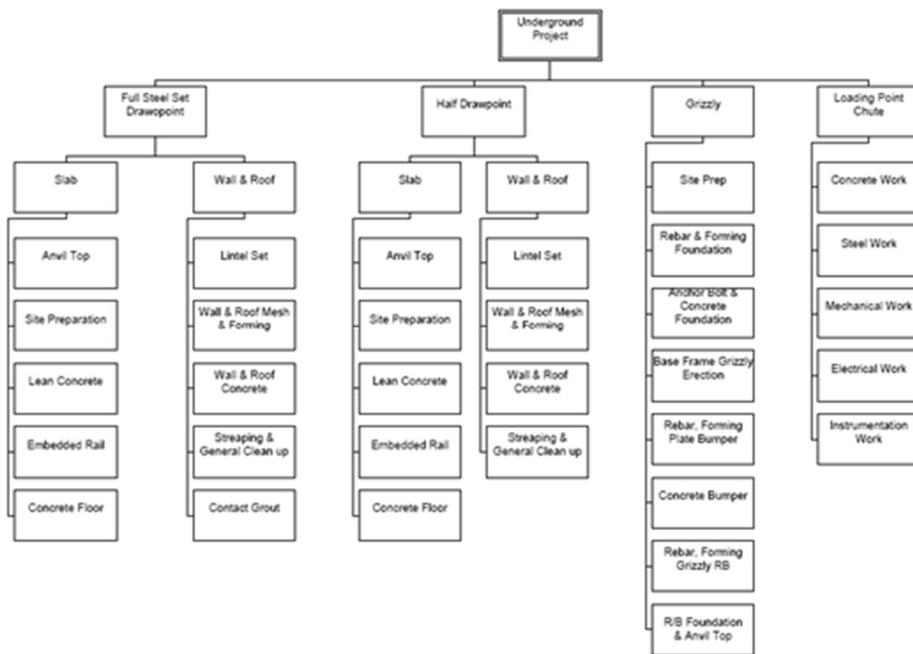
### **• Lokasi Proyek**

Lokasi proyek yang dijadikan penelitian dalam proyek Drawpoint yang merupakan fasilitas tambang bawah tanah milik PT. Freeport Indonesia (PTFI) yang merupakan perusahaan afiliasi dari Freeport-McMoRan. PTFI menambang, memproses dan melakukan eksplorasi terhadap bijih yang mengandung tembaga, emas dan perak. Beroperasi di daerah dataran tinggi di Kabupaten Mimika Provinsi Papua, Indonesia.

## **PEMBAHASAN**

### **• *Work Breakdown Structure(WBS)* Proyek**

Proyek pembangunan fasilitas pertambangan bawah tanah ini terdiri dari beberapa jenis proyek yang dapat di uraikan dalam bentuk WBS seperti dibawah ini. Proyek drawpoint ini adalah murni pekerjaan Sipil yaitu pekerjaan Beton (concrete works) dan Struktur baja (steel structure works).



Gambar 1 Drawpoint WBS

• **Estimasi Biaya Proyek**

Estimasi biaya proyek drawpoint diperoleh dari perhitungan biaya barang (material), upah (labor) dan peralatan (equipment). Perhitungan material tersebut dilakukan dengan mengacu pada gambar design proyek drawpoint yang dikeluarkan oleh departemen engineering.

Hasil dari perhitungan berdasarkan gambar tersebut, diperoleh susunan biaya estimasi biaya seperti table 1 dibawah ini.

Tabel 1 Estimasi Biaya Konstruksi Drawpoint

WBS	Budget \$		
	Half DP	Full DP	Full Steel Set
Site Preparation	\$ 2,018	\$ 2,018	\$ 2,018
Lean Concrete	\$ 2,306	\$ 2,306	\$ 2,306
Embedded Rail	\$ 3,460	\$ 3,460	\$ 3,460
Concrete Floor	\$ 2,883	\$ 2,883	\$ 2,883
Anvil Top	\$ 2,595	\$ 2,595	\$ 2,595
Lintel Set	\$ 2,883	\$ 2,883	\$ 28,829
Wall & Roof Meshing & Forming	\$ 4,901	\$ 8,332	\$ 8,332
Wall & Roof Concrete	\$ 4,324	\$ 7,351	\$ 7,351
Stripping & General Clean-Up	\$ 3,460	\$ 5,881	\$ 5,881
<b>Total</b>	<b>\$ 28,829</b>	<b>\$ 37,709</b>	<b>\$ 63,655</b>

• **Jadwal Proyek**

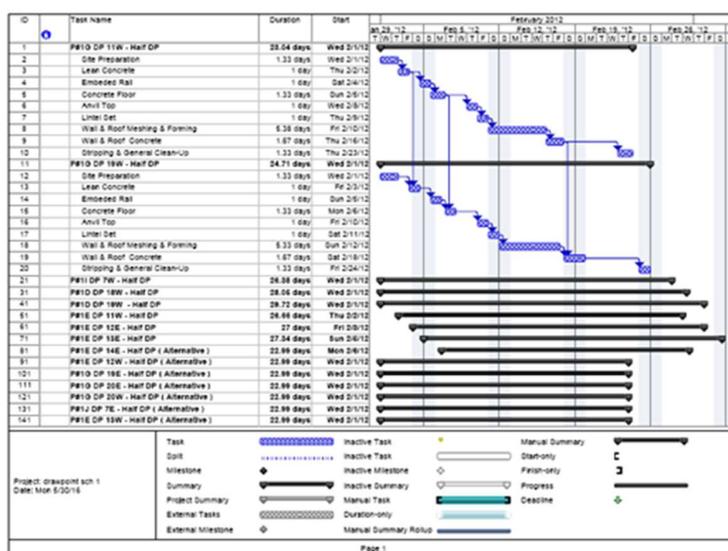
Jadwal proyek drawpoint yang menjadi acuan pekerjaan konstruksi dilapangan adalah seperti dalam gambar dibawah ini. Drawpoint yang menjadi target pada bulan tersebut adalah seperti tercantum dalam deskripsi aktifitas pekerjaan (task name).

Nama drawpoint di notasikan dalam bentuk kode huruf dan angka yang mengindikasikan lokasi drawpoint tersebut. Sebagai contoh: P#1G DP11 W – Half DP , P#1G= Panel No 1G, DP11 W = Drawpoint no 11 – Barat, Half DP = Type konstruksi Drawpoint adalah Half DP (setengah drawpoint).

Target nyelesaian drawpoint setiap bulan yang menjadi target adalah sebanyak 12 Equivalent Half Drawpoint pada kandidat drawpoint yang telah ditentukan, oleh karena pekerjaan ini adalah pekerjaan rutin dengan konstruksi pekerjaan typical (sama dan sejenis) maka pendekatan target

konstruksi menggunakan pendekatan produksi, yaitu berapa drawpoint yang di produksi (dibangun) dalam waktu 1 bulan (30 hari). Namun demikian untuk acuan kerja dilapangan project schedule tetap harus digunakan.

Dibawah ini adalah jadwal proyek drawpoint yang juga mencantumkan alternatif drawpoint yang dapat dikerjakan mana kala ada kendala teknis atau operasi pada drawpoint yang direncanakan, drawpoint alternatif tersebut bukan merupakan prioritas yang harus dikerjakan pada periode tersebut.



Gambar 2 Jadwal Proyek Drawpoint dalam 1 bulan tertentu

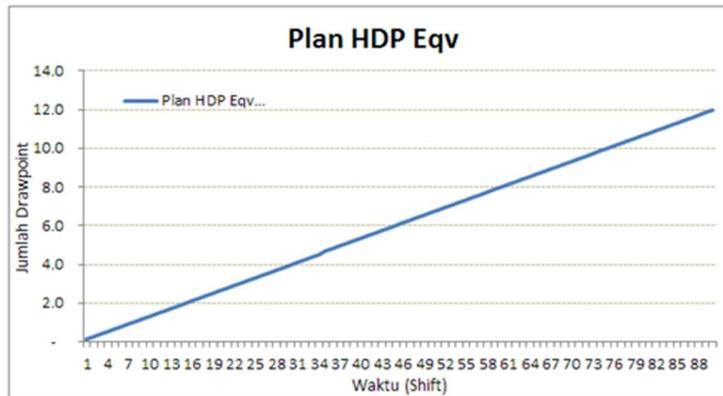
### • Penugasan Proyek

Penugasan pekerjaan didasarkan pada organisasi proyek yang dibentuk untuk menjalankan semua lingkup pekerjaan dalam WBS proyek, baik tim yang bekerja secara langsung pada proyek maupun tim pendukung. Dalam ilustrasi dibawah ini memperlihatkan level yang memperlihatkan tanggung jawab setiap bagian dalam organisasi terhadap jenis proyek.

Adapun jadwal pekerjaan proyek adalah 24 jam sehari dan 7 hari seminggu, dengan jam kerja 8 jam/hari dengan 3 gilir kerja perhari, dengan gilir hari kerja 7-2, 7-3 yaitu 7 hari kerja 2 hari off dan 7 hari kerja 3 hari off.

### • Project Baseline

Baseline Jadwal proyek Drawpoint adalah target pencapaian jumlah drawpoint dalam 1 bulan yang merupakan target yang diberikan oleh manajer proyek, yaitu sebanyak 12 Half Drawpoint Equivalent per bulan. Sehingga % Half Drawpoint equivalent per hari adalah  $12\text{HDP Eqv} / 30 \text{ hari}$ . Karena jadwal yang dipantau adalah dalam skala waktu gilir kerja (shift) dimana 1 hari terdapat 3 shift, maka target per shift adalah  $12 \text{HDP Eqv} / (30 \text{ hari} \times 3 \text{ shift})$ , sehingga diperoleh target rencana adalah sebesar  $0.133 \text{HDP Eqv} / \text{Shift}$ , yang secara kumulatif dapat digambarkan dalam gambar dibawah ini.



Gambar 3 Grafik rencana progress Half Drawpoint Equivalen

• **Membuat Target Rencana Drawpoint Bulanan.**

Dalam menentukan target bulanan drawpoint, dari pimpinan proyek menetapkan target pencapaian konstruksi drawpoint adalah sebanyak 12 half drawpoint equivalent.

Untuk menentukan drawpoint mana saja yang harus dikerjakan pada bulan tersebut, maka dibuatlah table perencanaan drawpoint bulanan seperti pada tabel 2 dibawah.

Pada table 2 diatas level aktifitas dicontoh kan hanya untuk DP P#1G DP 11W – HDP saja, karena setiap drawpoint memiliki level aktivitas yang sama (typical) sehingga sengaja disembunyikan untuk memudahkan. Walaupun demikian pada kenyataannya dilapangan level aktivitas ini perlu dimunculkan agar dapat di update realisasi pencapaian pekerjaanya.

Tabel tersebut tersebut terdiri dari beberapa kolom yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

Tabel 2 Penentuan target Drawpoint bulanan

WBS#	Drawpoint Name	Weight	Last Month Progress	% Progress To Complete	Plan This Month	Plan This Month (HDP Eqv)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g=c x f)
P1G-11W	P#1G DP 11W - HDP	100%	0%	100%	100%	1.00
P1G-11W-1	Site Preparation	7%	0%	100%	100%	0.07
P1G-11W-2	Lean Concrete	8%	0%	100%	100%	0.08
P1G-11W-3	Embeded Rail	12%	0%	100%	100%	0.12
P1G-11W-4	Concrete Floor	10%	0%	100%	100%	0.10
P1G-11W-5	Anvil Top	9%	0%	100%	100%	0.09
P1G-11W-6	Lintel Set	10%	0%	100%	100%	0.10
P1G-11W-7	Wall & Roof Meshing & Forming	17%	0%	100%	100%	0.17
P1G-11W-8	Wall & Roof Concrete	15%	0%	100%	100%	0.15
P1G-11W-9	Stripping & General Clean-Up	12%	0%	100%	100%	0.12
P1G-19W	P#1G DP 19W - HDP	100%	0%	100%	100%	1.00
P1I-7W	P#1I DP 7W - HDP	100%	0%	100%	100%	1.00
P1E-11W	P#1E DP 11W - HDP	100%	50%	50%	50%	0.50
P1E-12E	P#1E DP 12E - HDP	100%	50%	50%	50%	0.50
P1E-13E	P#1E DP 13E - HDP	100%	0%	100%	100%	1.00
P1E-14E	P#1E DP 14E - HDP	100%	0%	100%	100%	1.00
P1E-12V	P#1E DP 12W - HDP	100%	0%	100%	100%	1.00
P1G-19E	P#1G DP 19E - HDP	100%	0%	100%	100%	1.00
P1G-20E	P#1G DP 20E - HDP	100%	0%	100%	100%	1.00
P1G-20W	P#1G DP 20W - HDP	100%	0%	100%	100%	1.00
P1J-7E	P#1J DP 7E - HDP	100%	0%	100%	100%	1.00
P1E-13W	P#1E DP 13W - HDP	100%	0%	100%	100%	1.00
P1E-14W	P#1E DP 14W - HDP (Alternative)	100%	0%	100%	0%	-
P1E-14E	P#1E DP 14E - HDP (Alternative)	100%	0%	100%	0%	-
P1E-15E	P#1E DP 15E - HDP (Alternative)	100%	0%	100%	0%	-
P1E-13W	P#1E DP 15W - HDP (Alternative)	100%	0%	100%	0%	-
<b>Total HDP Eqv Target</b>						<b>12.00</b>

Weight\_ adalah bobot yang dihitung berdasarkan estimasi biaya aktifitas-aktifitas pekerjaan Half Drawpoint terhadap biaya keseluruhan drawpoint, sebagai contoh dalam tabel 3 dibawah ini.

Sebagai contoh: Bobot Site Preparation Half DP sebesar 0.07 diperoleh dari perhitungan Budget Site Preparation Half DP sebesar \$2,018 / Total Estimasi biaya Half DP sebesar \$28,829.

Tabel 3 Bobot aktifitas drawpoint.

WBS	Budget \$			Weight		
	Half DP	Full DP	Full Steel Set	Half DP	Full DP	Full Steel Set
Site Preparation	\$ 2,018	\$ 2,018	\$ 2,018	0.07	0.05	0.03
Lean Concrete	\$ 2,306	\$ 2,306	\$ 2,306	0.08	0.06	0.04
Embed Rail	\$ 3,460	\$ 3,460	\$ 3,460	0.12	0.09	0.05
Concrete Floor	\$ 2,883	\$ 2,883	\$ 2,883	0.10	0.08	0.05
Anvil Top	\$ 2,595	\$ 2,595	\$ 2,595	0.09	0.07	0.04
Lintel Set	\$ 2,883	\$ 2,883	\$ 28,829	0.10	0.08	0.45
Wall & Roof Meshing & Forming	\$ 4,901	\$ 8,332	\$ 8,332	0.17	0.22	0.13
Wall & Roof Concrete	\$ 4,324	\$ 7,351	\$ 7,351	0.15	0.19	0.12
Stripping & General Clean-Up	\$ 3,460	\$ 5,881	\$ 5,881	0.12	0.16	0.09
<b>Total</b>	<b>\$ 28,829</b>	<b>\$ 37,709</b>	<b>\$ 63,655</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>

Last Month Progress adalah progress pekerjaan drawpoint pada bulan sebelumnya, apabila drawpoint tersebut sudah diselesaikan sebagian dibulan sebelumnya, jika drawpoint itu baru dikerjakan di periode/bulan tersebut, maka progress bulan lalu adalah nol (0)%. % Progress to Complete adalah progress yang harus diselesaikan namun belum tentu harus menjadi target progress bulan berjalan, untuk drawpoint alternative tidak menjadi target pada bulan tersebut, namun dapat dikerjakan bila memungkinkan, sehingga pekerja memiliki peluang untuk mengerjakan pekerjaan lebih dari yang ditargetkan.

• **Penilaian Kemajuan Proyek Drawpoint**

Penilaian kemajuan drawpoint dibuat dalam satuan waktu shift (gilir kerja) dimana dalam satu hari ada 3 gilir kerja, yaitu Day Shift (Siang), Swing Shift (Peralihan) dan Night Shift (Malam). Adapun target pekerjaan mengacu pada target yang telah disetujui oleh pihak-pihak terkait.

Tabel 4 Perhitungan EVM dan Kemajuan Proyek Drawpoint Harian

WBS #	Drawpoint Name	Last Month Progress	% Progress To Complete	Actual Progress This Month	Weight	Total Prog	Day 1			Day 2			Day 3		
							DS	SF	NS	DS	SF	NS	DS	SF	NS
PRG-TH	PRG DP TH - HDP	0%	100%	56%	100%	56%	2%	2%	2%	2%	2%	4%	0%	0%	0%
PRG-TH-1	Site Preparation	0%	100%	7%	7%	100%	2%	2%	2%	2%	2%	4%	0%	0%	0%
PRG-TH-2	Lean Concrete	0%	100%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PRG-TH-3	Embed Rail	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PRG-TH-4	Concrete Floor	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PRG-TH-5	Anvil Top	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PRG-TH-6	Lintel Set	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PRG-TH-7	Wall & Roof Meshing & Forming	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PRG-TH-8	Wall & Roof Concrete	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PRG-TH-9	Stripping & General Clean-Up	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PRG-TW	PRG DP TW - HDP	0%	100%	100%	100%	88%	2%	2%	2%	2%	4%	4%	0%	0%	0%
PRG-TW-1	Site Preparation	0%	100%	88%	100%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PRG-TW-2	Lean Concrete	50%	100%	50%	100%	50%	5%	3%	3%	5%	5%	2%	0%	0%	0%
PRG-TW-3	Embed Rail	50%	100%	50%	100%	44%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PRG-TW-4	Concrete Floor	0%	100%	100%	100%	88%	2%	2%	2%	2%	4%	4%	0%	0%	0%
PRG-TW-5	Anvil Top	0%	100%	6%	100%	37%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PRG-TW-6	Lintel Set	0%	100%	37%	100%	52%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PRG-TW-7	Wall & Roof Meshing & Forming	0%	100%	6%	100%	37%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PRG-TW-8	Wall & Roof Concrete	0%	100%	27%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PRG-TW-9	Stripping & General Clean-Up	0%	100%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PRG-TM	PRG DP TM - HDP	0%	100%	27%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PRG-TM-1	Site Preparation	0%	100%	4%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PRG-TM-2	Lean Concrete	0%	100%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PRG-TM-3	Embed Rail	0%	100%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PRG-TM-4	Concrete Floor	0%	100%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PRG-TM-5	Anvil Top	0%	100%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PRG-TM-6	Lintel Set	0%	100%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PRG-TM-7	Wall & Roof Meshing & Forming	0%	100%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PRG-TM-8	Wall & Roof Concrete	0%	100%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PRG-TM-9	Stripping & General Clean-Up	0%	100%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Actual Progress HDP Equi							0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	-	-	-
Actual Progress HDP Equi Cum							0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7
Plan HDP Equi							0.133	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Plan HDP Equi Cum							0.1	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	1.1	1.1	
Earned Value							\$ 2,555	\$ 5,333	\$ 7,827	\$ 10,811	\$ 15,665	\$ 20,523	\$ 24,100	\$ 24,100	\$ 24,100
Plan Value							\$ 3,644	\$ 7,688	\$ 11,532	\$ 15,376	\$ 19,220	\$ 23,063	\$ 26,907	\$ 26,907	
Budget HDP Equivalent							\$ 28,829								

Pada setiap gilir kerja, team project control bekerja sama dengan penanggung jawab pekerjaan dilapangan (kepala mandor) akan membuat laporan kemajuan proyek yang dilaporkan setiap akhir gilir kerja. Untuk memudahkan pencatatan dibuatlah format pencatatan kemajuan proyek yang harus diisi dilapangan berupa check list daftar pekerjaan berikut pembobotannya, sehingga pada saat akhir gilir kerja dapat dimasukkan tabel 4 diatas.

Check list pada tabel 5 diatas setelah diisi oleh penanggung jawab pekerjaan dilapangan pada akhir gilir kerja perlu ditandatangani dan disetujui oleh penanggungjawab gilir kerja berikutnya.

Setelah laporan kemajuan proyek dari table5 dimasukan dalam format pada table 4, maka tibalah saatnya kita menghitung EVM harian proyek hasil dari laporan harian masing-masing gilir kerja.

Tabel 5 *Check List* Kemajuan Pekerjaan Harian

Half Drawpoint Shift Progress Check List													
Date :													
Shift :		(Day, Swing, Night)											
No	Drawpoint Name	Weight	DP Name										
1	<b>Site Preparation</b>	<b>7%</b>											
2	Complete Install Lighting	10%											
3	Complete Install Ventilation	10%											
4	Complete Site Clean Up Draw Arcs	35%											
5	Complete Site Clean Up Panel Arcs	45%											
6	<b>Lean Concrete</b>	<b>8%</b>											
7	Complete Pour Concrete Draw Arcs	40%											
8	Complete Pour Concrete Panel Arcs	60%											
9	<b>Embed Rail</b>	<b>12%</b>											
10	Complete Setup Rail	100%											
11	<b>Concrete Floor</b>	<b>10%</b>											
12	Complete form work Draw Point Arcs	20%											
13	Dot												
31	<b>Stripping &amp; General Clean-Up</b>	<b>12%</b>											
32	Complete form stripped Draw Arcs	40%											
33	Complete form stripped Panel Arcs	40%											
34	Complete Clean Up	10%											

Measured by \_\_\_\_\_

Approved by \_\_\_\_\_

Next Shift Acceptance \_\_\_\_\_

• **Menghitung Prakiraan Biaya Akhir Periode (EAC)**

Dengan EVM kita dapat menghitung prakiraan kemajuan proyek pada akhir periode atau pada akhir sebuah proyek dengan mempertimbangkan kinerja pada saat ini. Yaitu dengan menggunakan persamaan 14 dan 15 namun persamaan itu dapat digunakan untuk periode proyek yang masih memungkinkan kita dapat memperoleh data realisasi biaya (Actual Cost) untuk pekerjaan yang telah kita selesaikan sampai dengan saat tersebut.

Sedangkan untuk proyek konstruksi yang pelaporannya lebih singkat sehingga tidak memungkinkan kita memperoleh data actual cost kita dapat memperhitungkan jumlah produk/deliverable

• **Membuat grafik S-Curve Drawpoint**

Dalam membuat S-curve pencapaian kinerja proyek diperlukan data-data yang di plot pada grafik. Grafik S-Curve EVM biasanya terdiri dari 3 garis, yaitu garis EV (BCWP), PV (BCWS) dan AC (ACWP). Namun khusus untuk S-Curve EVM yang memantau kegiatan per gilir kerja atau harian dan mingguan data atau garis ACWP belum memungkinkan untuk ditampilkan, karena data ACWP untuk bulan berjalan pada proyek ini hanya dapat diperoleh pada minggu ke-2 dibulan berikutnya.

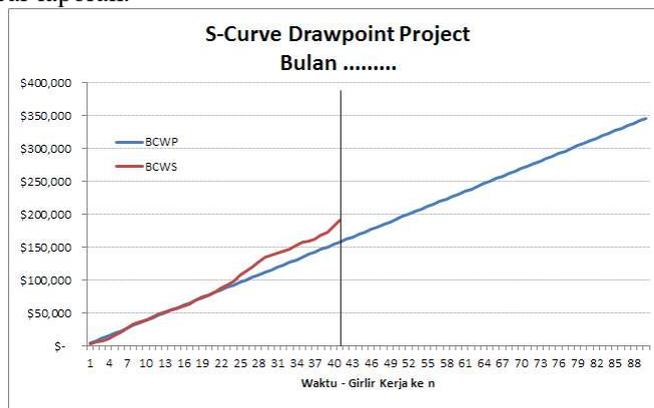
Membuat S-Curve dapat memanfaatkan fungsi grafik pada Ms Excel dengan masukan data-data EV (BCWP) dan PV (BCWS). Adapun data PV (BCWS) untuk bulan berjalan sudah dapat kita peroleh sejak awal, yaitu merupakan data kumulative BCWS selama 1 bulan dengan nilai incremental sebesar US\$3,844 setiap gilir kerja.

Oleh karena incremental value PV(BCWS) sama setiap gilir kerjanya sampai dengan akhir bulan, maka garis yang dibentuk oleh PV (BCWS) merupakan garis lurus, hal ini berbeda dengan garis S-Curve pada umumnya untuk pekerjaan konstruksi yang mempunyai nilai incremental yang berbeda-beda setiap periode waktunya, sehingga PV (BCWS) umumnya akan membentuk garis serupa huruf "S".

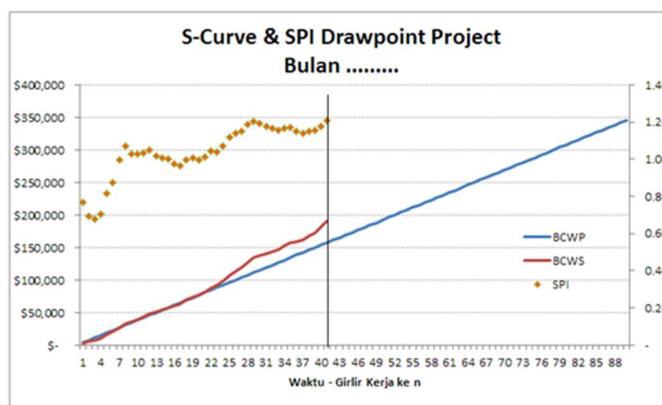
Sedangkan nilai dari EV(BCWP) ditentukan oleh kemajuan actual dari masing-masing gilir kerja, oleh karena itu bentuk garis EV(BCWP) akan berfluktuasi menyesuaikan nilai incremental EV(BCWP) selama pekerjaan proyek berlangsung.

Selain membuat S-Curve drawpoint untuk EV (BCWP) dan PV (BCWS) kita juga dapat menampilkan grafik untuk kinerja jadwal (SPI) dan biaya (CPI), namun untuk khusus untuk proyek yang pemantauannya dilakukan lebih periode waktu yang singkat (kurang dari 1 bulan) maka data CPI belum dapat di tampilkan, karena untuk mendapatkan data CPI membutuhkan data AC (ACWP) yang baru dapat diperoleh dari bagian keuangan (accounting) pada minggu ke-2 bulan berikutnya.

Untuk menyederhanakan tampilan grafik laporan proyek, data SPI dan CPI dapat juga digabung pada grafik S-Curve dengan data axis secondary bila dikehendaki atau dapat pula dibuat dalam grafik terpisah. Tampilan grafik biasanya diserahkan kepada selera dari pembuat laporan, namun pada intinya laporan yang dibuat harus dapat menggambarkan kinerja yang dilaporkan dan mudah untuk dipahami pembacar laporan.



Gambar 11 Grafik S-Curve Drawpoint



Gambar 12 Grafik S-Curve & SPI Drawpoint

- **Membuat Dashboard Proyek**

Dashboard Proyek dari namanya dapat dianalogikan sebagai dashboard pada kendaraan mobil, dimana dashboard mobil menampilkan kinerja dari kendaraan tersebut, baik berupa informasi kecepatan kendaraan, rpm, indikator temperature mesin, jumlah bahan bakar, kelistrikan dan lampu-lampu indikator lainnya. Dashboard proyek biasanya dibuat berupa grafik, gambar dan indikator dalam satu halaman yang merupakan kumpulan dari beberapa indikator yang mencerminkan kesehatan dari proyek atau gabungan beberapa proyek.

Dasboard Proyek merupakan alat yang digunakan pimpinan proyek, manajemen, pemilik proyek atau orang-orang yang berkepentingan terhadap keberhasilan proyek tersebut. Oleh karena itu

data yang ditampilkan dalam dashboard proyek harus benar dan akurat serta merupakan data up to date.

Dashboard proyek dapat dibuat dengan menggunakan Ms Excel dengan memanfaatkan fungsi-fungsi grafik dan data serta fungsi lainnya yang mendukung pembuatan dashboard proyek.

- **Membuat System Pelaporan Secara Online**

Untuk membuat laporan secara online, yang pertama harus dilakukan adalah membuat dashboard proyek berikut format-format pengisian data yang diperlukan seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

Setelah bentuk dashboard proyek jadi dan final, kemudian dilakukan uji coba terlebih dahulu dengan variasi contoh data yang beragam untuk memastikan bahwa perhitungan dan dashboard proyek telah berjalan dengan baik dan siap digunakan.

Langkah berikutnya adalah menyimpan file EVM dalam sebuah server / sharing folder yang dapat di akses oleh team yang akan terlibat dalam pengisian data EVM proyek serta men-setting sistim penggunaan Ms Excel.

File dashboard yang akan ditampilkan harus ditempatkan dalam folder tertentu yang telah disetup akses nya pada pihak-pihak yang berkepentingan, serta menginformasikan alamat dari file EVM tersebut agar dapat dibuka melalui Web Browser seperti Internet Explorer, Chrome dll.

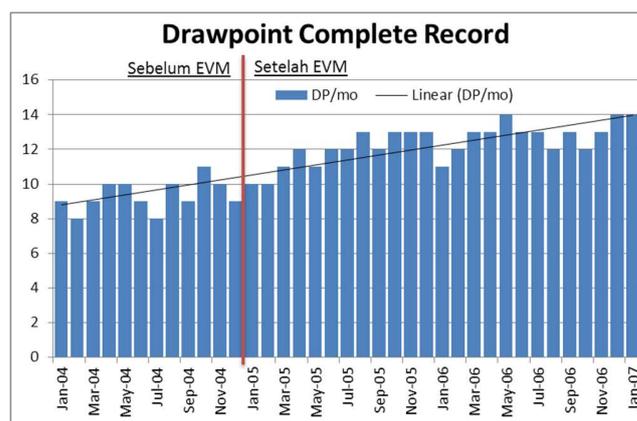
- **Interpretasi Laporan Dashboard**

Interpretasi laporan proyek dashboard sangat penting untuk dipahami oleh pihak-pihak yang berkepentingan sehingga laporan proyek dapat diterjemahkan dengan benar dan dapat digunakan untuk menentukan tindakan-tindakan yang diperlukan dalam rangka memperbaiki kinerja proyek.

Pemahaman laporan EVM dapat dipahami dengan cara mengetahui konteks dari perhitungan EVM itu sendiri, seperti memahami apa yang dimaksud dengan CPI, SPI, EV, EAC, ETC dll, dengan demikian layaknya seorang dokter, tim manajemen proyek dapat mengetahui penyakit dari suatu proyek dengan indikator EVM dan dapat memberikan obat agar penyakitnya tersebut dapat disembuhkan.

## SIMPULAN

Metode EVM ini telah di implementasikan selama beberapa tahun dan dapat memenuhi harapan dari pihak manajemen yang bertujuan untuk memastikan proyek-proyeknya memenuhi target yang direncanakan. Hal ini terbukti dari hasil jumlah penyelesaian proyek dalam kurun waktu tertentu sebelum dan sesudah mengimplementasikan sistem EVM pada proyek-proyeknya naik sebesar 40%.



Gambar 13. Peningkatan Jumlah Konstruksi Drawpoint

Penelitian ini telah menjawab hipotesa tentang implementasi EVM yang dapat meningkatkan produktifitas pekerjaan proyek konstruksi drawpoint.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Butcher, R. J., Steffen, Robertson, & Kirsten. (1999, May/June). Design rules of avoiding draw horizon damage in deep level block cave. *The South African Institute of Mining and Metallurgy*.
- Calizaya, F., & Mutama, K. R. (2004). Comparative evaluation of block cave ventilation systems. In Ganguli, & Bandopadhyay, *Mine Ventilation* (p. 3). London: Taylor & Francis Group.
- de la Vergne, J. N. (2000). *The Hard Rock Miner's Handbook* (1st ed.). McIntosh Redpath Engineering.
- Humphreys, G. C. (2011). *Project Management Using Earned Value* (2nd ed.). Humphreys & Associates, Inc.
- Memon, Z. A., Majid, M. Z., & Mustaffar, M. (2006). A Systematic Approach For Monitoring and Evaluating The Construction Project Progress. *The Institution of Engineers Malaysia*, 67.
- Orczyk, J. J. (2004). Progress Measurement and Earned Value. In S. J. Amos, *Skill & Knowledge of Cost Engineering 5th Edition* (p. 14). Morgantown.
- Richardson, B., & Rogers, P. (2011). *Earned Value & Scheduling Best Practices : A Competitive Advantage*. Brisbane, QLD, Australia.
- Rubio, E., & Dunbar, S. W. (2005). Integrating Uncertainty in Block Cave Production Scheduling. *APCOM*.
- Sullivan, W. G., Wicks, E. M., & Koelling, C. P. (2012). *Engineering Economy* (15th ed.). Pearson.
- Utomo, PMP, T. (2006). "Implementing Earned Value Under Conditions of Variable Budget Using The PMP Concept - A Strategy Approach. *Presentation*.

# **PENILAIAN KERUSAKAN JALAN PADA LAPIS PERMUKAAN JALAN DENGAN *PAVEMENT CONDITION INDEX* (PCI) DAN PENANGANANNYA (STUDI KASUS RUAS JALAN RAYA PANGKAL JATI KOTA DEPOK)**

Ismono Kusmaryono dan Neneng Daniati Ulpah  
Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Sains dan Teknologi Nasional  
Jln. Moch. Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah P.O. Box 7715 JKS LA  
Kelurahan Jagakarsa – Jakarta Selatan 12620, Telp. 78880275  
Email : [ikusmaryono@istn.ac.id](mailto:ikusmaryono@istn.ac.id), [nenengdaniyati@gmail.com](mailto:nenengdaniyati@gmail.com)

## **ABSTRAK**

Jalan raya Pangkalan Jati adalah salah satu akses penting yang menghubungkan antara Kota Depok dengan Provinsi DKI Jakarta. Kondisi perkerasan jalan yang baik akan berdampak pada kelancaran lalu lintas dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Penelitian ini bertujuan menginventarisir jenis- jenis kerusakan yang ada di ruas jalan Pangkalan Jati serta menetapkan nilai- nilai tingkat kerusakan jalan dengan metode PCI (*Pavement condition Index*).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerusakan yang terjadi pada Jalan Raya Pangkalan Jati adalah retak sudut (4,41%), pelepasan agregat (4,41%), tambalan (10,29%), kerusakan pengisi sambungan (11,76%), keausan akibat lepasnya mortar dan agregat (10,29%), keausan agregat (45,59 %), keausan akibat lepasnya agregat di sudut (4,41 %), retak sudut (1,47%), lepasnya agregat sambungan (1,47%), penurunan bahu (2,94%), remuk (1,47%) dan retak lurus (1,47%). Nilai indeks kondisi perkerasan (PCI) rata-rata ruas Jalan Raya Pangkalan Jati, Depok adalah 92,21% termasuk dalam kategori baik.

Kata Kunci: Kerusakan Jalan, Indeks Kondisi Perkerasan

## **ABSTRACT**

*Jalan Raya Pangkalan Jati is one of the important access connecting between Depok City and DKI Jakarta Province. Good road pavement conditions will have an impact on traffic and comfort for road users. This research is intended to inventory the types of road damage that exist in Pangkalan Jati road and determine the value by PCI method (Pavement condition Index).*

*The result of research shows that the damage happened at Jalan Raya Pangkalan Jati is corner crack (4.41%), aggregate popouts release (4.41%), patching and utility cuts (10.29%), joint seal damage (11.76% %), scalling (10.29%), polished aggregate (45.59%), spalling corner (4.41%), spalling joint (1.47%), shoulder (2.94%), punchout (1, 47%) and line cracking (1.47%). Pavement conditions index (PCI) of Jalan Raya Pangkalan Jati, Depok is 92.21% included in the good category.*

*Keyword: Road damage, Pavement Condition Index*

## **PENDAHULUAN**

Fungsi jalan raya sangat penting dalam menunjang laju pertumbuhan ekonomi masyarakat. Mengingat manfaat jalan raya begitu penting, maka perlu diperhatikan perencanaan, pelaksanaan, serta pemeliharannya. Jalan yang terbebani oleh volume lalu lintas yang tinggi dan berulang- ulang akan menyebabkan terjadinya penurunan kualitas sebagaimana indikatornya dapat diketahui dari kondisi permukaan jalan, baik kondisi struktural maupun fungsional.

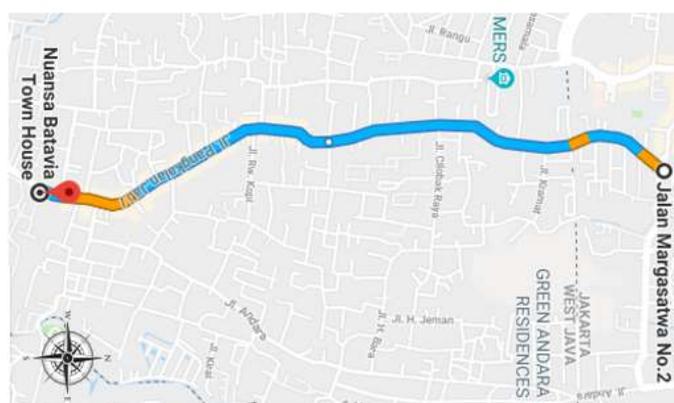
Jalan raya Pangkalan Jati merupakan salah satu akses penting yang menghubungkan antara Kota Depok dengan Provinsi DKI Jakarta. Ruas jalan ini menjadi pilihan bagi masyarakat Depok maupun Jakarta yang melakukan aktivitas sekolah, kerja, perdagangan dan lain-lain. Kondisi perkerasan jalan yang baik akan berdampak pada kelancaran lalu lintas dan kenyamanan bagi pengguna jalan.

Atas hal tersebut di atas, maka dibutuhkan penelitian guna mengetahui kondisi perkerasan berdasarkan jenis-jenis kerusakan yang terjadi pada ruas jalan tersebut. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah menginventarisir jenis-jenis kerusakan di sepanjang ruas jalan Pangkalan Jatiserta menetapkan nilai-nilai tingkat kerusakan dengan metode PCI (*Pavement condition Index*).

## METODOLOGI PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di ruas Jalan Pangkalan Jati, Kota Depok mulai dari Nuansa Batavia Town House hingga Jalan Margasatwa dengan panjang  $\pm 1,95$  km. Adapun perkerasan ruas jalan yang ditinjau adalah jalan dengan perkerasan kaku.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

### Data Penelitian

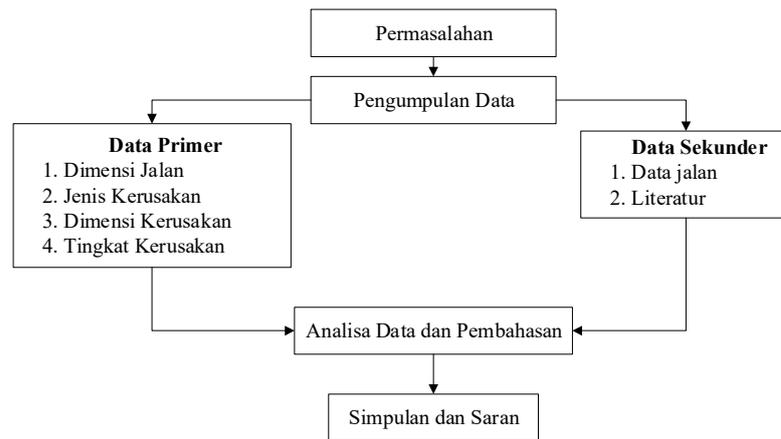
Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer berupa jenis kerusakan dan dimensi kerusakan (panjang, lebar, kedalaman). Sedangkan data sekunder berupa pendukung dari instansi terkait serta literatur terkait.

### Metode Pengumpulan Data dan Analisis

Dalam melaksanakan penelitian, terdapat beberapa tahapan yang dilakukan untuk menghasilkan penilaian yang pada akhirnya digunakan untuk menghasilkan suatu simpulan. Tahapan tersebut adalah:

1. Melaksanakan survei lapangan serta penentuan tingkat kerusakan, yang terdiri dari beberapa kegiatan seperti:
  - Membagi ruas jalan menjadi beberapa segmen.
  - Mengidentifikasi jenis kerusakan jalan yang ada (*distress type*).
  - Mendokumentasikan tiap jenis kerusakan jalan yang ada.
  - Menghitung dan mengukur dimensi kerusakan tiap segmen jalan.
  - Menentukan jumlah kerusakan jalan yang ada (*distress amount*).
  - Menentukan tingkat kerusakan jalan yang ada (*distress severity*).
2. Melakukan analisis kondisi jalan dengan menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI), dengan langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut:
  - Menghitung kadar kerusakan (*density*).
  - Menentukan nilai *deduct value* tiap jenis kerusakan.
  - Menghitung *allowable maximum deduct value* (m).
  - Menentukan nilai total *deduct value* (TDV).
  - Menentukan nilai *corrected deduct value* (CDV).
  - Menghitung nilai PCI (*Pavement Condition Index*).

Secara ringkas, bagan alir metodologi pelaksanaan penelitian adalah seperti tersaji pada gambar berikut ini.



Gambar 2. Bagan Alir Metodologi Pelaksanaan Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan pengamatan jenis kerusakan dan pengukuran dimensi kerusakan di ruas jalan yang ditinjau, maka selanjutnya adalah menentukan tingkat kerusakan yang terdiri dari *low severity level* (L), *medium severity level* (M) dan *high severity level* (H). Tahap berikutnya adalah menghitung *Density*, *deduct value*, *total deduct value*, nilai *allowable maximum deduct value*, *corrected deduct value* dan terakhir adalah nilai PCI.

### 1. Kadar kerusakan (*density*)

Kadar kerusakan merupakan persentase jumlah dari suatu jenis kerusakan terhadap jumlah slab dalam suatu unit sampel.

$$Density = \frac{A_d}{A_s} \times 100\%$$

Keterangan:

$A_d$  = total jenis kerusakan untuk tiap tingkat kerusakan

$A_s$  = jumlah slab dalam unit sampel

### 2. Nilai pengurangan (*deduct value*)

*Deduct value* adalah nilai pengurangan untuk tiap jenis kerusakan yang diperoleh dari grafik hubungan antara *distress density* dan *deduct value*.

### 3. *Total deduct value* (TDV)

TDV adalah nilai total dari *individual deduct value* untuk tiap jenis kerusakan dan tingkat kerusakan yang ada pada suatu unit sampel.

### 4. Nilai *allowable maximum deduct value* (*m*)

Sebelum ditentukan nilai TDV dan CDV, nilai *deduct value* perlu diperiksa untuk mengetahui apakah nilai tersebut dapat digunakan dalam perhitungan selanjutnya.

Nilai *m* dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$m = 1 + \frac{9}{8} (100 - HDV_i)$$

Keterangan :

*m* = nilai koreksi untuk *deduct value*

$HDV_i$  = nilai terbesar *deduct value* dalam satu unit sampel

Nilai-nilai yang digunakan perhitungan adalah DV (*deduct value*) harus memiliki nilai  $\geq 2$ . Jika hanya ada satu nilai atau tidak ada nilai yang memenuhi, maka nilai pengurangan total TDV (*total deduct value*) digunakan sebagai pengurangan pada PCI (*Pavement Condition Index*) dan bukan menggunakan CDV (*Corrected Deduct Value*).

### 5. *Corrected deduct value* (CDV)

Diperoleh dari kurva hubungan antara nilai TDV dengan nilai CDV dengan pemilihan lengkung kurva sesuai dengan jumlah *deduct value* yang mempunyai nilai lebih besar dari 2. Jika nilai CDV diketahui, maka nilai PCI untuk tiap unit sampel dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$PCI(s) = 100 - CDV_{maks}$$

Keterangan :

PCI(s) = nilai kondisi untuk tiap unit sampel

CDVmaks = nilai CDV terbesar untuk tiap unit sampel

untuk nilai PCI secara keseluruhan :

$$PCI = \frac{\sum PCI(s)}{N}$$

Keterangan :

PCI = nilai kondisi perkerasan secara keseluruhan

N = jumlah data

Rekapitulasi hasil perhitungan nilai-nilai kadar *density*, *deduct value*, *total deduct value*, *corrected deduct value* serta *pavement condition index* tersaji pada Tabel 1 berikut ini.

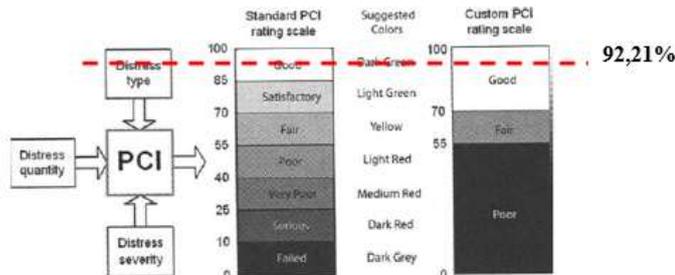
Tabel 1. Rekapitulasi Nilai Density, Deduct Value, TDV, CDV dan PCI

STA	Jenis Kerusakan	Tingkat Kerusakan	Jumlah Kerusakan	Density (%)	Deduct Value	TDV	CDV	PCI
STA 0+000 – 0+100	Retak susut	Tidak ada derajat kerusakan	2	10	0	1	-	99
	Popouts	Tidak ada derajat kerusakan	1	5	0			
	patching	L	1	5	1			
0+100 – 0+200	Joint seal damage	M	1	5	4	12	6	90
	scalling	M	1	5	6		8	
	Polished Agregate	Tidak ada derajat kerusakan	2	10	2		10	
0+ 200 – 0+ 300	Polished Agregate	Tidak adaderajat kerusakan	20	100	10	10	-	90
0+ 300 – 0+ 400	Joint seal damage	M	1	5	4	12	8	90
0 + 400 – 0+500	scalling	M	1	5	6	22	11	84
	scalling	L	1	5	2		12	
	Agregat Licin	-	20	100	10		16	
	Joint seal damage	M	1	5	4		16	
0+500 – 0+600	Agregat Licin	-	3	15	1,5	6,5	-	93,5
	spalling corner	H	1	5	5			
0+ 600 – 0+ 700	scalling	L	1	5	2	8	2	94
	Joint Seal Damage	M	1	5	4		4	
	Retak Sudut	M	1	5	2		6	
0+ 700 – 0+800	Patching large	L	1	5	1	1	-	99
0+900 – 1+000	Scalling	L	1	5	2	5	-	95
	spalling joint	L	1	5	2			
	Patching large	L	1	5	1			
1+000 - 1+100	lane /	L	1	5	1	3	-	97

STA	Jenis Kerusakan	Tingkat Kerusakan	Jumlah Kerusakan	Density (%)	Deduct Value	TDV	CDV	PCI
	<i>shoulder</i>							
	<i>Patching large</i>	L	1	5	2			
1+ 100 – 1+200	<i>utility cut</i>	L	1	5	0	9	-	91
	<i>Corner Break</i>	M	1	5	9			
1+200 – 1+ 300	Remuk ( <i>Punchout</i> )	H	1	5	20	21	-	79
	<i>Patching large</i>	M	1	5	1			
1+ 300 – 1+ 400	<i>Patching large</i>	L	1	5	1	3	-	97
	Joint seal damage	L	1	5	2			
1+ 400 – 1+ 500	<i>scalling</i>	M	1	5	6	10	6	92
	<i>Spalling</i>	M	1	5	2		8	
	Joint seal damage	L	1	5	2			
1+ 500 – 1+600	<i>Spalling</i>	H	1	5	7	17	13	87
	Retak Lurus	H	1	5	10		12	
1+600 – 1+ 700	<i>Patching large</i>	L	1	5	7	4	-	96
	Joint seal damage	M	1	5	4			
1+ 700 – 1+800	<i>Scalling</i>	L	1	5	6	6	-	94
1+800 - 1+ 900	Tidak ada kerusakan	-	-	-	-	-	-	-

Sumber: Hasil Analisa, 2017

Dari hasil perhitungan tersebut di atas diperoleh bahwa nilai kondisi perkerasan keseluruhan (PCI) adalah 92,21. Berdasarkan *paving condition index rating scale* menunjukkan bahwa ruas jalan Pangkalan Jati dalam kategori “Baik” seperti terlihat pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. *Paving Condition Index Rating Scale*

Meskipun secara keseluruhan nilai PCI ruas jalan Pangkalan Jati dinyatakan baik, namun guna mempertahankan kondisi kemampuan pelayanan jalan yang layak sehingga dapat memberikan kelancaran, kenyamanan dan keamanan bagi pengguna jalan, maka perlu dilakukan pekerjaan pemeliharaan pada masing-masing kerusakan yang terjadi. Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan adalah sebagaimana tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Usulan Penanganan

STA	NO	Jenis Kerusakan	Usulan Penanganan
0+000 –0+100	1	Retak susut	Tidak perlu dilakukan teknik perbaikan, karena masih dalam tingkat kerusakan <i>Low</i> dan tidak mengganggu pengguna jalan raya.
	2	Retak susut	Tidak perlu dilakukan teknik perbaikan, karena masih dalam

STA	NO	Jenis Kerusakan	Usulan Penanganan
			tingkat kerusakan <i>Low</i> dan tidak mengganggu pengguna jalan raya.
	3	Pelepasan Agregat ( <i>Popouts</i> )	Tidak perlu dilakukan teknik perbaikan
	4	<i>patching large &amp; utility cuts</i> (0,616 m <sup>2</sup> )	Tidak perlu dilakukan teknik perbaikan, karena perkerasan masih baik.
0+100- 0+ 200	1	Kerusakan pengisi sambungan ( <i>Joint seal damage</i> )	Menggati bahan penutup sambungan dengan sealant
	2	kerusakan <i>scalling</i>	Penambalan parsial atau diseluruh kedalaman
0+200 – 0+ 300	1	Keausan agregat ( <i>Polished aggregate</i> )	Permukaan perkerasan ditutup dengan aspal yang tahan aus.
	2	Keausan agregat ( <i>Polished aggregate</i> )	Permukaan perkerasan ditutup dengan aspal yang tahan aus.
0+ 300 – 0+ 400	1	Kerusakan Penutup sambungan ( <i>Joint Seal Damage</i> )	Menggati bahan penutup sambungan dengan sealant.
	2	<i>scalling</i>	Penambalan parsial atau diseluruh kedalaman
	3	<i>scalling</i>	Penambalan parsial atau diseluruh kedalaman
0+ 400 – 0+ 500	1	<i>scalling</i>	Penambalan parsial atau diseluruh kedalaman
	2	<i>scalling</i>	Penambalan parsial atau diseluruh kedalaman
	3	Agregat Licin	Permukaan perkerasan ditutup dengan aspal yang tahan aus.
	4	Kerusakan pengisi sambungan ( <i>Joint seal damage</i> )	Menggati bahan penutup sambungan dengan sealant.
0+ 500– 0+ 600	1	Agregat Licin	Permukaan perkerasan ditutup dengan aspal yang tahan aus.
	2	<i>spalling corner</i>	Dilakukan tambalan tipis
0+ 600 – 0+ 700	1	<i>scalling</i>	Penambalan parsial atau diseluruh kedalaman
	2	Joint Seal Damage	Penambalan parsial atau diseluruh kedalaman
	3	Retak Sudut	Pengisian retak dengan aspal untuk retakan melebihi 3mm. Retakan di bersihkan dan ditutup untuk mencegah infiltrasi air kedalam perkerasan
0+ 700 – 0+800		Patching and Utility Cuts	Tidak perlu dilakukan perbaikan, tambalan berfungsi baik.
0+900 – 1+000	1	<i>Scalling</i>	Penambalan parsial atau diseluruh kedalaman
	2	<i>spalling joint</i>	Pelapis tambahan tipis.
	3	<i>Patching large</i> (tambalan) (±8,1 m <sup>2</sup> )	Tidak perlu dilakukan perbaikan. Tambalan berfungsi dengan baik, dengan tanpa ada sedikit kerusakan.
1+000 – 1+ 100	1	<i>Shoulder</i>	Meninggikan bahu jalan agar memiliki elevasi permukaan yang sama dengan jalan raya
	2	<i>Patching large</i> (±1,32 m <sup>2</sup> )	Tidak perlu dilakukan perbaikan
1+ 100 – 1+200	1	Utility cut	Tidak perlu dilakukan perbaikan
	2	<i>Corner break</i>	Mengisi retakan dengan aspal
1+200 – 1+ 300	1	Remuk ( <i>Punchout</i> )	Penambalan di seluruh kedalaman pelat yang pecah.
	2	<i>Patching large</i> (±8,91 m <sup>2</sup> )	Belum perlu diperbaiki.
1+ 300 – 1+ 400	1	<i>Patching large</i> (±4,86 m <sup>2</sup> )	Tidak perlu dilakukan perbaikan
	2	Kerusakan pengisi sambungan ( <i>Joint seal damage</i> )	Menggati bahan penutup sambungandengan sealant
1+ 400 – 1+ 500	1	<i>scalling</i>	Menggati bahan penutup sambungandengan sealant
	2	<i>Spalling</i>	Menggati bahan penutup sambungandengan sealant
	3	Kerusakan pengisi sambungan ( <i>Joint seal damage</i> )	Menggati bahan penutup sambungandengan sealant
1+ 500 – 1+600	1	<i>Spalling</i>	di kakukan tambalan tipis untuk kerusakan <50mm dan pemambalan pada bagian kerusakan untuk kerusakan kedalaman

STA	NO	Jenis Kerusakan	Usulan Penanganan
			>50mm
	2	Retak Lurus ( <i>line Cracking</i> )	Mengisi celah atau retak dengan aspal.
1+600 – 1+ 700	1	<i>Patching large</i> ( $\pm 11,73 \text{ m}^2$ )	Tidak perlu dilakukan teknik perbaikan, karena perkerasan masih baik.
1+ 700 – 1+800	2	<i>Scalling</i>	Penambalan parsial atau diseluruh kedalaman

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan, maka terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Jenis- jenis kerusakan yang terjadi pada Jalan Raya Pangkalan Jati yaitu retak sudut/*corner crack* (4,41%), pelepasan agregat (*popouts*) (4,41%), *patching and utility cuts* (10,29%), kerusakan pengisi sambungan/*joint seal damage* (11,76%), keausan akibat lepasnya mortar dan agregat/*scalling* (10,29%), keausan agregat/*polished aggregate* (45,59 %), keausan akibat lepasnya agregat di sudut/*spalling corner* (4,41 %), lepasnya agregat sambungan/*spalling joint* (1,47%), penurunan bahu/*shoulder* (2,94%), remuk/*punchout* (1,47%) dan retak lurus /*line cracking* (1,47%)
2. Nilai indeks kondisi perkerasan (PCI) rata-rata ruas Jalan Raya Pangkalan Jati, Depok adalah 92,21 % yang termasuk dalam kategori baik.

## SARAN

Untuk mempertahankan kondisi kemampuan pelayanan jalan yang layak sehingga dapat memberikan kelancaran, kenyamanan dan keamanan bagi pengguna jalan, maka perlu dilakukan pekerjaan pemeliharaan dengan usulan penanganan sebagai berikut:

1. Pelapisan Ulang  
Teknik perbaiki Lapisan ulang berlaku untuk jenis kerusakan *scalling*, agregat licin, remuk, dan *spalling* pada perkerasan jalan dengan alasan berikut:
  - a. Menambah kekuatan pada konstruksi dan memperpanjang umur pelayanan.
  - b. Memperbaiki bentuk permukaan dan memperbaiki kualitas perlintasan dan drainase air permukaan.
  - c. Memperbaiki ketahanan luncur pelapisan lama yang terkikis oleh beban kendaraan.
2. Mengganti bahan penutup sambungan dengan *sealant*  
Teknik perbaikan ini dilakukan untuk jenis kerusakan pengisi sambungan (*Joint seal damage*).

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D6433, 2007, *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*
- Departemen Pekerjaan Umum, 2006, *Petunjuk Praktis Pemeliharaan Rutin Jalan Upr. 02.1 Pemeliharaan Rutin Perkerasan Jalan*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta
- Direktorat Pembinaan Jalan Kota, 1990, *Tata Cara Penyusunan Pemeliharaan Jalan Kota*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta
- Hardiatman, D, 2010, *Analisis Kondisi Kerusakan Jalan Pada Lapis Permukaan Dengan Metode Pavement Condition Index*, Yogyakarta
- Hardiyatmo H.C, 2007, *Pemeliharaan Jalan Raya*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- M. Susanto, S. Putra, I Wayan Diana, 2016, *Identifikasi Jenis Kerusakan Pada Perkerasan Kaku (Studi Kasus Ruas Jalan Soekarno-Hatta Bandar Lampung)*, JRSDD, Edisi September 2016, Vol. 4, No. 3, Hal:523 – 530 (ISSN:2303-0011)
- Shahin, M.Y., Walther, J.A. 1990, *Pavement Maintenance Management for Roads and Streets Using The PAVER System*, US Army Corps of Engineer, New York.

## PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK POLY ETHYLENE (PE) SEBAGAI MATERIAL PENGISI CAMPURAN ASPAL BETON

Rahardjo Samiono, Atjep Sudarjanto, Wisnu Fitriyanto  
Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Sains dan Teknologi Nasional  
Jln. Moch. Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah P.O. Box 7715 JKS LA  
Kelurahan Jagakarsa – Jakarta Selatan 12620, Telp. 78880275  
Email : rahardjosamiono@istn.ac.id. [atjep78@istn.ac.id](mailto:atjep78@istn.ac.id).

### ABSTRAK

Di era ini dapat kita lihat semakin banyak nya perusahaan industri yang bersaing satu sama lain. Masing – masing dari perusahaan tersebut berlomba – lomba untuk dapat menghasilkan produk barang maupun jasa yang sesuai dengan permintaan pasar. Namun tidak dapat dipungkiri bahwa semakin banyak nya produk yang dihasilkan akan juga diikuti dengan meningkatnya jumlah limbah dari produksi tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk mengurangi menumpuknya limbah plastik yang sangat sulit terurai, mengetahui seberapa besar pengaruh limbah plastik terhadap kinerja aspal dan mengetahui apakah bahan tambah limbah plastik dapat memenuhi spesifikasi aspal bina margas. Aspal yang digunakan adalah aspal pertamina dengan penetrasi 60/70 dan limbah plastik yang digunakan adalah jenis plastik *poly ethylene* (PE) dengan variasi kadar 3% , 5% , dan 7%. Pada campuran aspal + limbah plastik 0% memiliki nilai stabilitas tertinggi sebesar 982.53 kg mengalami penurunan 10.993% di bandingkan dengan campuran aspal + limbah plastik 7% yaitu sebesar 874.52 kg. untuk campuran aspal + limbah plastic 5% mengalami penurunan sebesar 19.69% untuk campuran aspal + limbah plastik 3% mengalami penurunan sebesar 21.03%.

Kata kunci : Limbah Plastik , Marshall, Stabilitas, Uji SEM, Beton Aspal

### ABSTRACT

*In this era we can see more and more of the industrial companies that compete with each other. Each of these companies are competing to produce products or services that are in line with market demand. It can not be denied, however, that the more products produced will also be followed by the increased amount of waste from the production. This research is done to reduce the accumulation of plastic waste which is very difficult to decompose, to know how big the influence of plastic waste on asphalt performance and to know whether plastic waste added material can meet asphalt bina clan specification. The asphalt used is Pertamina asphalt with 60/70 penetration and plastic waste used is poly ethylene (PE) with variation of 3%, 5%, and 7%. On the asphalt mixture + 0% plastic waste has the highest stability value of 982.53 kg decreased 10.993% compared to the asphalt + plastic 7% mixture of 874.52 kg. for asphalt mixture + plastic waste 5% decreased by 19.69% for asphalt mixture + 3% plastic waste decreased by 21.03%.*

*Keywords: Plastic Waste, Marshall, Stability, SEM Test, Asphalt Concrete*

### PENDAHULUAN

Di era ini dapat kita lihat semakin banyak nya perusahaan industri yang bersaing satu sama lain. Masing – masing dari perusahaan tersebut berlomba – lomba untuk dapat menghasilkan produk barang maupun jasa yang sesuai dengan permintaan pasar. Namun tidak dapat dipungkiri bahwa semakin banyak nya produk yang dihasilkan akan juga diikuti dengan meningkatnya jumlah limbah dari produksi tersebut. Limbah yang akan menjadi bahan penelitian kali ini adalah limbah plastik. Seperti telah kita ketahui bersama bahwa plastik sangat sulit terurai dalam tanah, membutuhkan waktu bertahun-tahun dan ini akan menimbulkan permasalahan tersendiri dalam penanganannya. Pembuangan di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah bukanlah solusi yang cukup bijak dalam pengelolaan sampah plastik ini. Namun kali ini penulis akan melakukan penelitian terhadap aspal dengan bahan pengisi limbah plastik dengan kadar 3%,5%,dan7% diambilnya kadar tersebut dikarenakan pada penelitian sebelumnya menunjukkan peningkatan, sehingga saya menaikkan kadar pada penelitian saya dengan harapan masih terjadi peningkatan.

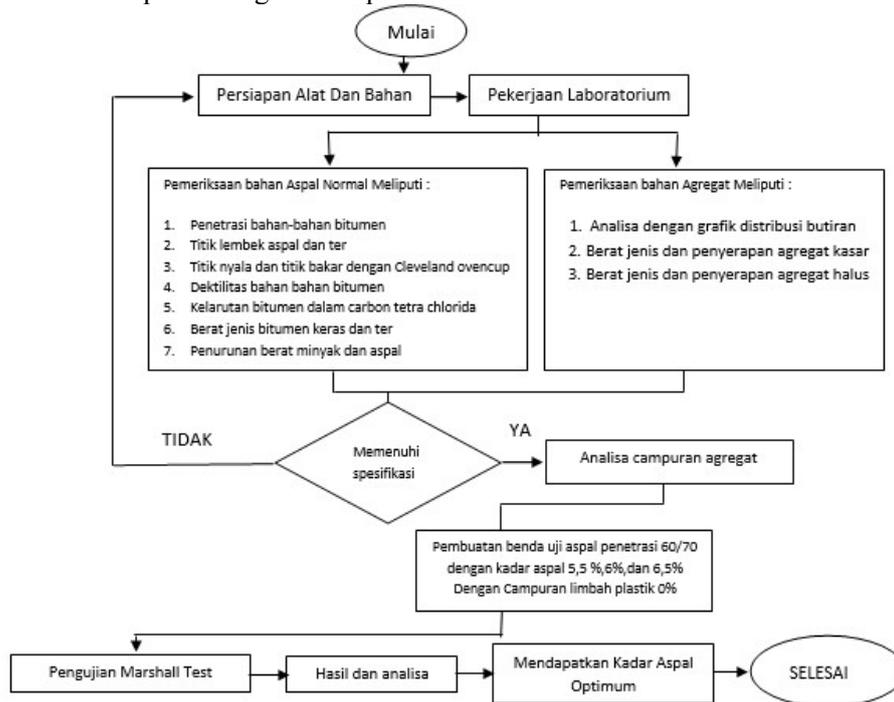
## METODOLOGI PENELITIAN

### Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan menggunakan aspal pertamina penetrasi 60/70, dan limbah plastik. Percobaan dilakukan dengan cara basah dimana limbah plastik dengan kadar 3%, 5% dan 7% dihitung dari berat aspal dengan kadar aspal optimum (KAO) di lelehkan terlebih dahulu dan di aduk hingga semua merata saat leleh kemudian dimasukkan kedalam aspal panas dan di aduk hingga homogen. Limbah plastik yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi sebagai aditif pada campuran aspal. Pengujian aspal dan agregat yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan pedoman dari Bina Marga Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010 Revisi III.

### Diagram Alir Penelitian

Di bawah ini merupakan diagram alir penelitian :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian Normal

Tabel 1. Jumlah Sampel Penelitian

No.	kadar aspal (%)	kadar ban dalam bekas				satuan (%)
		0	4	6	8	
1	-0.5	3	-	-	-	buah
2	<b>Pb</b>	3	-	-	-	buah
3	+0.5	3	-	-	-	buah
4	Optimum	-	3	3	3	buah

Total benda uji adalah = 9

Keterangan :

Pb = kadar aspal perkiraan/tengah/ideal

### Metode Standar untuk Pengujian Material Aspal

Pengujian standar material aspal pada penelitian ini terdiri dari 7 (tujuh) jenis uji. Ketujuh jenis uji dilakukan pada setiap bahan aspal yang digunakan sebagai pengikat, yaitu aspal minyak penetrasi 60/70 dan uji bahan tersebut mengacu pada persyaratan aspal keras berdasarkan penetrasi adalah :

Tabel 2. Persyaratan Pengujian Material Aspal

No.	Pengujian	Metode Pengujian	Spesifikasi	
			Min	Max
A.	Aspal Penetrasi 60/70			
1	Penetrasi pada 25 °c (mm)	SNI 06-2456-1991	60	79
2	Titik lembek (°c)	SNI-06-2434-1991	48	58
3	Titik nyala (°c)	SNI-06-2433-1991	>200	-
4	Dektilitas pada 25 °c (cm)	SNI 03-2441-1991	>100	-
5	Kelarutan bitumen dalam carbon tetra chloride (%)	SNI 06-2438-1991	>99	-
6	Berat jenis	SNI-03-2441-1991	>1	-
7	Penurunan Berat Minyak dan Aspal	SNI 06-2440-1991	-	<0.8
B.	Aspal Modifikasi Ban Dalam Bekas			
	Aspal Penetrasi 40/50			
1	Penetrasi pada 25 °c (mm)	SNI 06-2456-1991	40	59
2	Titik lembek (°c)	SNI-06-2434-1991	51	63
3	Titik nyala (°c)	SNI-06-2433-1991	>200	-
4	Dektilitas pada 25 °c (cm)	SNI 03-2441-1991	-	-
5	Kelarutan bitumen dalam carbon tetra chloride (%)	SNI 06-2438-1991	>99	-
6	Berat jenis	SNI-03-2441-1991	>1	-
7	Penurunan Berat Minyak dan Aspal	SNI 06-2440-1991	-	<0.8

### Rekapitulasi Kadar Aspal Optimum + Limbah Plastik Kadar Aspal Optimum + Limbah Plastik 0%

Setelah penulis melakukan percobaan aspal keras yang di campurkan dengan kadar limbah plastik sebesar 0% maka di dapat lah hasil penetrasi rata rata sebesar 60.2

Tabel 3. Persyaratan Aspal Keras Penetrasi 60/70 + Limbah Plastik 0%

Jenis Pemeriksaan	Pen 60/70		Hasil Uji	Satuan	Status
	Min.	Maks.			
Penetrasi Aspal 25°C, 100 gram, 5 detik	60	79	60.2	0.01 mm	Layak
Titik Lembek Aspal 5°C	48	58	48.5	°C	Layak
Titik Nyala Aspal	200	-	311	°C	Layak
Kehilangan Berat Aspal	-	0.8	0.443	% berat	Layak
Kelarutan dalam CCl <sub>4</sub>	99	-	99.31	% berat	Layak
Daktilitas	100	-	>100	cm	Layak
Penetrasi Setelah Kehilangan Berat	54	-	62.3	% asli	Layak
Berat Jenis	1	-	1.0428	gr/cc	Layak

### Metode Standar untuk Pengujian Agregat

Tujuan pengujian material agregat ini adalah untuk mengetahui karakteristik dari agregat yang digunakan dalam campuran aspal panas. juga bertujuan untuk memastikan agar setiap tipe agregat yang digunakan memenuhi persyaratan. Metode standar yang digunakan untuk pengujian agregat mengacu pada SNI (Standar Nasional Indonesia) yang meliputi :

Tabel 4. Persyaratan Pengujian Material Agregat

Pengujian Agregat Kasar			
No.	Pengujian	Metode Pengujian	Persyaratan
A.	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Gr/cm <sup>3</sup>	SNI 06-2456-1991	
1	Pemeriksaan berat jenis curah		>2.5
2	Berat jenis kering permukaan jenuh		>2.5
3	Berat jenis semu		>2.5

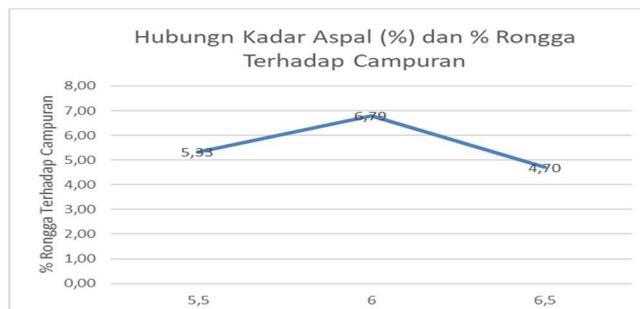
Pengujian Agregat Kasar			
4	Penyerapan		<3
Pengujian Agregat Halus			
B.	Berat jenis dan Penyerapan Agregat Halus Gr/cm <sup>3</sup>	SNI-03-1979-1990	
1	Pemeriksaan berat jenis curah		>2.5
2	Berat jenis kering permukaan jenuh		>2.5
3	Berat jenis semu		>2.5
4	Penyerapan		<3

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Pengujian Material Agregat

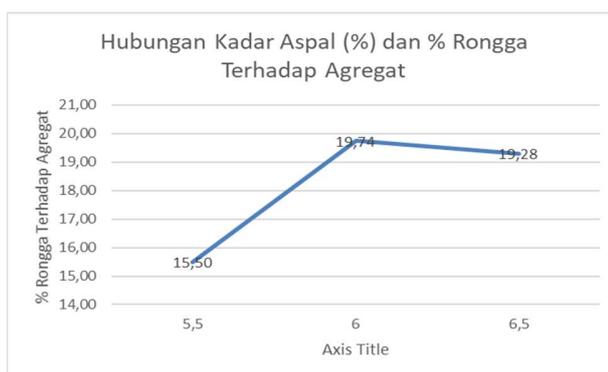
No	Jenis pemeriksaan	Syarat	Hasil	Unit	Status
<b>A Agregat Kasar (SNI 03 – 1969 – 1990)</b>					
1	Berat jenis curah ( <i>bulk specific gravity</i> )	> 2,5	2,53	gr/cm <sup>3</sup>	Layak
2	Berat jenis kering permukaan jenuh	> 2,5	2,57	gr/cm <sup>3</sup>	Layak
3	Berat jenis semu ( <i>apparent specific gravity</i> )	> 2,5	2,63	gr/cm <sup>3</sup>	Layak
4	Penyerapan ( <i>absorption</i> )	< 3	1.46	gr/cm <sup>3</sup>	Layak
<b>B Agregat Sedang (SNI 03 – 1969 – 1990)</b>					
1	Berat jenis curah ( <i>bulk specific gravity</i> )	> 2,5	2,52	gr/cm <sup>3</sup>	Layak
2	Berat jenis kering permukaan jenuh	> 2,5	2,58	gr/cm <sup>3</sup>	Layak
3	Berat jenis semu ( <i>apparent specific gravity</i> )	> 2,5	2,68	gr/cm <sup>3</sup>	Layak
4	Penyerapan ( <i>absorption</i> )	< 3	2.48	gr/cm <sup>3</sup>	Layak
<b>C Agregat Halus (SNI 03 – 1969 – 1990)</b>					
1	Berat jenis curah ( <i>bulk specific gravity</i> )	> 2,5	2,60	gr/cm <sup>3</sup>	Layak
2	Berat jenis kering permukaan jenuh	> 2,5	2,60	gr/cm <sup>3</sup>	Layak
3	Berat jenis semu ( <i>apparent specific gravity</i> )	> 2,5	2,60	gr/cm <sup>3</sup>	Layak
4	Penyerapan ( <i>absorption</i> )	< 3	0	gr/cm <sup>3</sup>	Layak

### Kelayakan campuran aspal murni

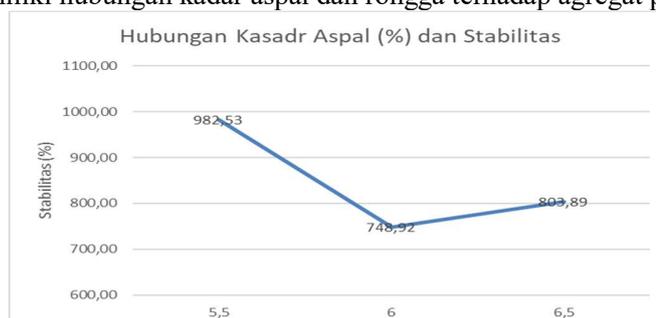
Berikut ini merupakan pemaparan hasil penelitian meliputi nilai VIM (*Void in Mixture*), VMA (*Void in Mineral Aggregate*), stabilitas, kelelahan (*flow*), dan MQ (*Marshall Quotient*) pada setiap jenis campuran aspal panas.



Pada grafik 1 di atas menggambarkan Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Rongga Terhadap Campuran untuk kadar aspal 6% tidak memenuhi spesifikasi.



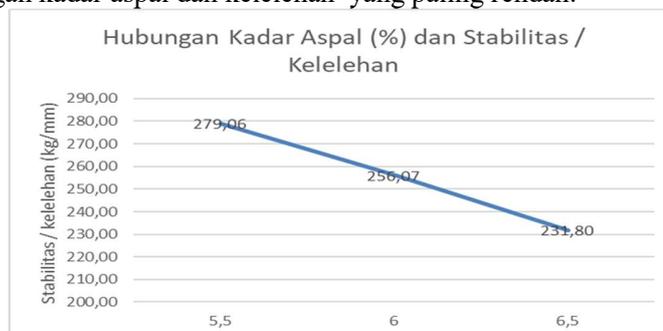
Pada grafik 2 di atas menggambarkan Grafik hubungan kadar aspal dan rongga terhadap agregat, untuk kadar aspal 6% memiliki hubungan kadar aspal dan rongga terhadap agregat paling tinggi.



Pada Grafik 3 diatas menggambarkan Grafik hubungan kadar aspal dan stabilitas, untuk kadar aspal 6% memiliki hubungan kadar aspal dan stabilitas yang tidak memenuhi spesifikasi, sedangkan stabilitas tertinggi jatuh pada kadar aspal 5.5%.



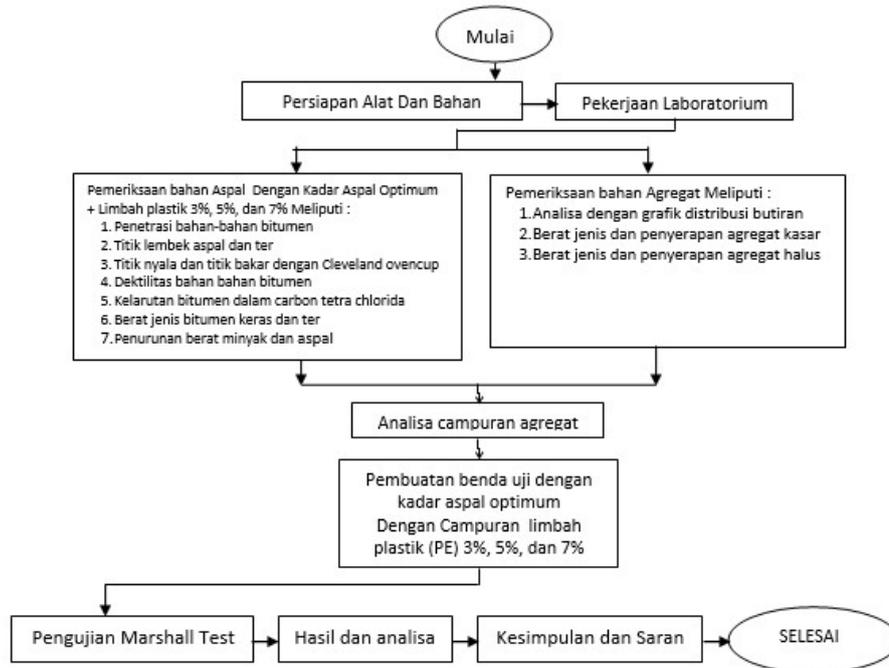
Pada Grafik 4 diatas menggambarkan Grafik hubungan kadar aspal dan kelelahan, untuk kadar aspal 6% memiliki hubungan kadar aspal dan kelelahan yang paling rendah.



Pada Grafik 5 diatas menggambarkan Grafik hubungan kadar aspal dan stabilitas/kelelahan, untuk kadar aspal 5.5% memiliki hubungan kadar aspal dan stabilitas/kelelahan yang paling tinggi.

**HASIL DAN ANALISA**

Dalam BAB ini penulis akan menyajikan data dan hasil analisa yang telah diperoleh dari penelitian di lab. Dalam pengujian ini dilakukan pengujian aspal dengan kadar aspal optimum yaitu 5,5% yang telah didapat dari penelitian sebelumnya. Dengan varian 3%,5%, dan 7% limbah plastik dari berat aspal untuk langkah pekerjaan dapat dilihat pada gambar 4.1. yang bertujuan untuk mendapatkan hasil marshal setelah mendapatkan hasil marshal akan dilakukan tes SEM untuk mengetahui apakah limbah plastik tercampur secara homogen.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian Dengan Campuran Limbah Plastik

Tabel 6. Persyaratan aspal keras penetrasi 40/50 + limbah plastik 3%

Jenis Pemeriksaan	Pen 40/50		Hasil Uji	Satuan	Status
	Min.	Maks.			
Penetrasi Aspal 25°C, 100 gram, 5 detik	40	59	40.1	0.01 mm	Layak
Titik Lembek Aspal 5°C	51	63	51	°C	Layak
Titik Nyala Aspal	200	-	331	°C	Layak
Kehilangan Berat Aspal	-	0.8	1.311	% berat	Tidak Layak
Kelarutan dalam CCl <sub>4</sub>	99	-	87.50	% berat	Tidak layak
Daktilitas	-	-	91.278	cm	Layak
Penetrasi Setelah Kehilangan Berat	58	-	41.4	% asli	Tidak Layak
Berat Jenis	1	-	1.0635	gr/cc	Layak

Untuk semua hasil pengujian klasifikasi aspal penetrasi 40/50 + limbah plastik 3% memenuhi syarat kelayakan kecuali kehilangan berat aspal dan penetrasi setelah kehilangan berat.

Tabel 7. persyaratan aspal Keras penetrasi 40/50 + limbah plastik 5%

Jenis Pemeriksaan	Pen 40/50		Hasil Uji	Satuan	Status
	Min.	Maks.			
Penetrasi Aspal 25°C, 100 gram, 5 detik	40	59	40.3	0.01 mm	Layak
Titik Lembek Aspal 5°C	51	63	54.5	°C	Layak
Titik Nyala Aspal	200	-	328	°C	Layak
Kehilangan Berat Aspal	-	0.8	1.231	% berat	Tidak Layak

Kelarutan dalam CCl <sub>4</sub>	99	-	75.00	% berat	Tidak Layak
Daktilitas	-	-	72.616	cm	Layak
Penetrasi Setelah Kehilangan Berat	58	-	40.2	% asli	Tidak Layak
Berat Jenis	1	-	1.0128	gr/cc	Layak

Untuk semua hasil pengujian klasifikasi aspal penetrasi 40/50 + limbah plastik 5% memenuhi syarat kecuali kelayakan penurunan berat minyak, kelarutan dalam CCl<sub>4</sub> dan penetrasi setelah kehilangan berat.

Tabel 8. persyaratan aspal keras penetrasi 40/50 + limbah plastik 7%

Jenis Pemeriksaan	Pen 40/50		Hasil Uji	Satuan	Status
	Min.	Maks.			
Penetrasi Aspal 25°C, 100 gram, 5 detik	40	59	40	0.1 mm	Layak
Titik Lembek Aspal 5°C	51	63	51	°C	Layak
Titik Nyala Aspal	200	-	321	°C	Layak
Kehilangan Berat Aspal	-	0.8	2.240	% berat	Tidak Layak
Kelarutan dalam CCl <sub>4</sub>	99	-	90,00	% berat	Tidak Layak
Daktilitas	-	-	53.386	cm	Layak
Penetrasi Setelah Kehilangan Berat	58	-	40.4	% asli	Tidak Layak
Berat Jenis	1	-	1.0392	gr/cc	Layak

Untuk semua hasil pengujian klasifikasi aspal penetrasi 40/50 + limbah plastik 7% memenuhi syarat kecuali kelayakan penurunan berat minyak, kelarutan dalam CCl<sub>4</sub> dan penetrasi kehilangan berat.

### Hasil Pengujian Marshal

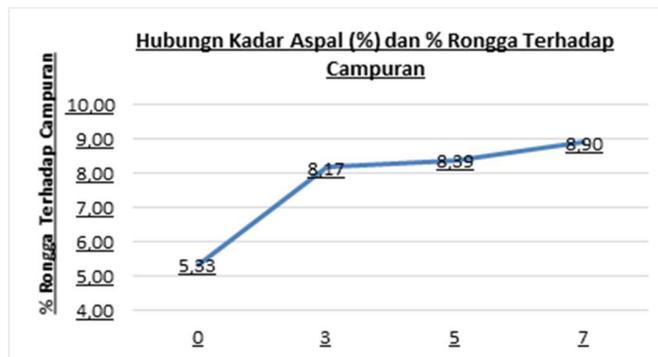
Analisis kinerja campuran didasarkan pada parameter *marshall* yaitu VIM, VMA, stabilitas, kelelahan dan nilai *marshall quotient*.

Tabel 9. Hasil Percobaan Marshal

NO.	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s
Campuran Limbah plastik Sebanyak 0% Dari Berat Aspal																			
1	5,5	67	1181,7	1184,6	655,3	529,3	2,23	2,36	11,78	84,24	3,98	15,76	74,72	5,49	35	775,74	721,44	3,19	226,16
2	5,5	67	1180,5	1192,7	668,3	524,4	2,25	2,36	11,87	84,75	3,38	15,25	77,86	4,70	55	1219,02	1133,69	3,48	325,77
3	5,5	67	1181	1189,6	658,9	530,7	2,23	2,36	11,74	84,51	3,75	15,49	75,77	5,79	53	1174,69	1092,46	3,83	285,24
Rata-rata	67	1181,07	1188,97	660,83	528,13	2,24	2,36	11,80	84,50	3,70	15,50	76,11	5,33	47,67	1056,48	982,53	3,50	279,06	
Campuran Limbah plastik 3% Dari Berat Aspal																			
1	5,5	67	1159,1	1168,6	631,7	536,9	2,16	2,37	11,16	80,01	8,83	19,99	55,84	8,83	31	687,08	611,50	2,37	258,02
2	5,5	65	1160,7	1171	644,6	526,4	2,20	2,37	11,97	81,71	6,31	18,29	65,48	6,88	48	1063,87	946,85	2,34	404,64
3	5,5	66	1153,4	1168,8	634,7	534,1	2,16	2,37	11,73	80,03	8,24	19,97	58,72	8,80	39	864,40	769,31	2,5	307,72
Rata-rata	66	1157,73	1169,47	637,00	532,47	2,17	2,37	11,62	80,58	7,80	19,42	60,01	8,17	39,33	871,78	775,89	2,40	323,46	
Campuran Ban Limbah plastik 5% Dari Berat Aspal																			
1	5,5	68	1157,6	1170,1	633,5	536,6	2,16	2,35	11,72	79,95	8,34	20,05	58,42	8,34	38	842,23	749,59	4,55	164,74
2	5,5	67	1162,6	1174,7	632,4	542,3	2,14	2,35	11,64	79,45	8,91	20,55	56,65	8,91	47	1041,71	927,12	4,9	189,21
3	5,5	67	1159,6	1171,9	636,8	535,1	2,17	2,35	11,77	80,31	7,92	19,69	59,77	7,92	35	775,74	690,41	4,4	156,91
Rata-rata	67,33	1159,93	1172,23	634,23	538,00	2,16	2,35	11,71	79,90	8,39	20,10	58,28	8,39	40,00	886,56	789,04	4,62	170,29	
Campuran Limbah plastik 7% Dari Berat Aspal																			
1	5,5	67	1156,6	1170,8	629,7	541,1	2,14	2,36	11,31	79,21	9,47	20,79	54,42	9,47	43	953,05	848,22	3,7	229,25
2	5,5	66	1141,3	1156,5	628,3	528,2	2,16	2,36	11,44	80,07	8,49	19,93	57,39	8,49	42	930,89	828,49	3,2	258,90
3	5,5	67	1152,7	1168,5	633,6	534,9	2,15	2,36	11,41	79,86	8,73	20,14	56,63	8,73	48	1063,87	946,85	3,25	291,34
Rata-rata	66,67	1150,20	1165,27	630,53	534,73	2,15	2,36	11,38	79,72	8,90	20,28	56,15	8,90	44,33	982,60	874,52	3,38	259,83	

**VIM (Void in Mixture)**

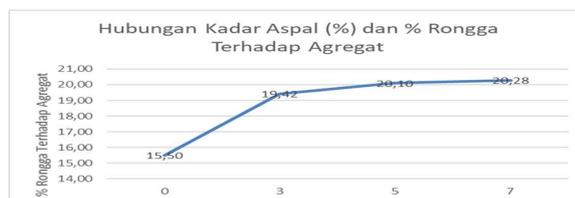
Nilai VIM (*Void in Mixture*) pada sebagian besar campuran aspal modifikasi tidak memenuhi spek. Satu-satunya campuran dengan nilai VIM yang masuk ke dalam spek adalah campuran dengan kadar aspal 0% limbah plastik.



Pada grafik 6 menggambarkan Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Rongga Terhadap Campuran untuk kadar limbah plastik 3%, 5% dan 7% tidak memenuhi spesifikasi.

**VMA (Void in Mineral Aggregate)**

Nilai VMA (*Void in Mineral Aggregate*) merupakan nilai yang menunjukkan seberapa besar volume pori di antara butir agregat di dalam suatu campuran aspal. Pada Tabel 4.1 dijelaskan nilai VMA dari setiap jenis campuran pada campuran aspal murni dengan aspal modifikasi limbah plastik.



Pada grafik 7 menggambarkan Grafik hubungan kadar aspal dan rongga terhadap agregat, untuk kadar aspal 7% memiliki hubungan kadar aspal dan rongga terhadap agregat paling tinggi.

**Stabilitas**

Stabilitas merupakan faktor penting dalam menjelaskan kinerja suatu campuran dalam menahan beban. Nilai stabilitas yang diperoleh dari hasil tes dengan menggunakan alat *Marshall* dapat dilihat pada Tabel 9 dan Gambar 8.



Pada Grafik 8 menggambarkan Grafik hubungan kadar aspal dan stabilitas, untuk kadar aspal 3% memiliki hubungan kadar aspal dan kelelahan yang paling tinggi.

### Kelelahan

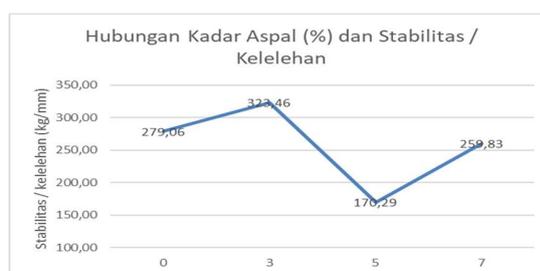
Nilai kelelahan diperoleh dari hasil tes dengan menggunakan alat *marshall*. Nilai kelelahan dari hasil tes *Marshall* dapat dilihat pada Tabel 9.



Pada Grafik 9 menggambarkan Grafik hubungan kadar aspal dan kelelahan, untuk kadar limbah plastik 7% memiliki hubungan kadar aspal dan kelelahan yang paling tinggi.

### Marshall Quotient (MQ)

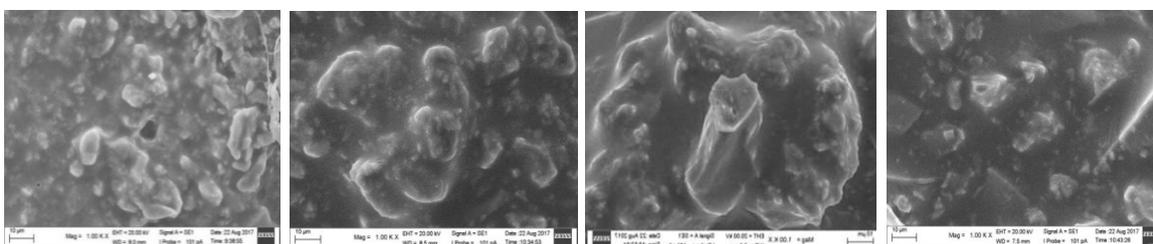
*Marshall Quotient* perlu ditinjau untuk mengetahui kinerja campuran aspal adalah nilai *Marshall Quotient* (MQ). Nilai MQ ini merupakan hasil bagi dari nilai stabilitas terhadap kelelahan. Hasil bagi antara stabilitas dan kelelahan ini dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan hasil visualisasinya pada Gambar 4.5



Pada Grafik 10 menggambarkan Grafik hubungan kadar aspal dan stabilitas, untuk kadar limbah plastik 3% memiliki stabilitas/kelelahan yang tertinggi.

### Hasil Pengujian SEM (*Scanning Elektron Microscop*)

SEM-EDX adalah nama - *dispersive X-ray spektroskopi* energi analisis yang dilakukan dengan menggunakan SEM . Alat dipakai umumnya untuk aplikasi yang cukup bervariasi pada permasalahan eksplorasi dan produksi migas, termasuk didalamnya : Evaluasi kualitas batuan reservoir melalui studi diagnosa yang meliputi identifikasi dan interpretasi keberadaan mineral dan distribusinya pada sistem porositas batuan.



Gambar 3 Hasil Uji SEM Beton Aspal Pembesaran 1000x dengan kadar limbah plastik 0% (a), limbah plastik 3% (b), kadar limbah plastik 5% (c), kadar limbah plastik 7% (d).

Terlihat pada Gambar 4.6 bahwa kadar limbah plastik yang di tambahkan dalam campuran aspal, tercampur secara homogen, tetapi pada tempat tertentu mulai terlihat terjadinya rongga, dan

semakin banyak kadar aspal yang di tambahkan justru memperbanyak dan memper besar diameter rongga.

## SIMPULAN

Penggunaan limbah plastik merupakan suatu usaha untuk meningkatkan kinerja campuran aspal panas. Berikut ini kesimpulan yang diperoleh dari hasil pengujian pada benda uji campuran aspal panas .

1. Nilai VIM untuk kadar limbah plastik 3%, 5% dan 7% tidak memenuhi persyaratan ,(3-5.5%) pada campuran tersebut terdapat volume pori berisi udara yang cukup besar yang terisi oleh limbah plastik seiring dengan meningkatnya persentase kadar limbah plastik yang di rencanakan.
2. Nilai VMA pada seluruh kadar aspal campuran semua memenuhi spesifikasi yaitu lebih dari 14%, nilai tertinggi terdapat pada campuran kadar limbah plastik 7% yaitu 19.24 %.
3. Pada campuran aspal + limbah plastik 0% memiliki nilai stabilitas tertinggi sebesar 982.53 kg mengalami penurunan 10.993% di dibandingkan dengan campuran aspal + limbah plastik 7% yaitu sebesar 874.52 kg. untuk campuran aspal + limbah plastik 5% mengalami penurunan sebesar 19.69% untuk campuran aspal + limbah plastik 3% mengalami penurunan sebesar 21.03% nilai spesifikasi stabilitas harus lebih dari 800 kg
4. Nilai kelelahan aspal murni untuk kadar limbah plastik 3% dan 7% memenuhi persyaratan, terkecuali untuk kadar aspal 5% sebesar 4.62 mm karena nilai spesifikasi yang ditentukan adalah 2-4 mm.
5. Nilai MQ pada campuran kadar limbah plastik 3% dan 7% memenuhi spesifikasi nilai yang di peroleh sebesar 279.06 kg/mm dan 259.83mm berada di antar 200 – 350 kg/mm. terkecuali pada campuran kadar limbah plastik 5% tidak memenuhi spesifikasi, hasil yang di peroleh 170.29 kurang dari 200-350 kg/mm.
6. Dalam penelitian ini pada campuran kadar limbah plastik 3%,5% dan 7% terjadi mengalami peningkatan untuk nilai stabilitas ,sedangkan untuk nilai kelelahan pada kadar 5% tidak masuk spesifikasi karna memperoleh angka 4.62 mm, sedangkan untuk nilai VIM melewati batas maksimum yang telah ditentukan oleh binamarga, untuk MQ hanya kadar 5% yang tidak memenuhi spesifikasi karna memperoleh angka sebesar 170 kg/mm.

## SARAN

Dari penelitian ini dapat menjelaskan bahwa limbah plastik jenis *poly ethylene* (PE) ini tidak memenuhi spesifikasi untuk campuran aspal, maka dapat disarankan agar menggunakan plastic murni atau biji plastik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1998, Petunjuk Praktikum Bahan Perkerasan Jalan Aspal, Laboratorium Jalan Aspal, Jurusan Teknik Sipil – FTSP ISTN.
- Campuran Laston - Wc Terhadap Parameter Marshall, Diakses tanggal 6 Juni 2017, <http://tekniksipil.ummy.ac.id>.
- Pengaruh Penggunaan Limbah Plastik Polipropilena Sebagai Pengganti Agregat Pada Campuran Laston Terhadap Karakteristik Marshall, diakses tanggal 6 Juni 2017, <http://www.researchgate.net>.
- Pengaruh Penggunaan Plastik Polyethylene (Pe) Dan High Density Polyethylene (Hdpe) Pada Campuran Laston-Wc Terhadap Karakteristik Marshall,diakses tanggal 6 Juni 2017, <http://journal.ummy.ac.id>.
- Pengaruh Penambahan Limbah Botol Plastik Polyphylene Terephthalate (Pet) Dalam Campuran Laston-Wc Terhadap Parameter Marshall, diakses tanggal 6 Juni 2017, <http://tekniksipil.ummy.ac.id>.

**KETENTUAN NASKAH JURNAL TEKNIK SIPIL” C-Line”  
Program Studi Teknik Sipil – FTSP – ISTN.**

1. Naskah dapat berupa hasil penelitian, studi kepustakaan dan/atau kajian IPTEK bidang teknik sipil.
2. Naskah harus asli dan belum pernah dipublikasikan melalui media lain.
3. Bahasa yang digunakan adalah bahasa Indonesia atau bahasa Inggris.
4. Format penulisan :
  - 4.1. Ukuran kertas A4.
  - 4.2. Naskah diketik dalam 1(satu) kolom menggunakan Program Microsoft Word dengan huruf *Times New Romans 11*, ditulis dengan jarak 1 spasi serta Margin kiri 3 cm, atas/bawah 2,5 cm dan margin kanan 2 cm, Pengaturan margin dilakukan dengan cara : *page setup-margin-mirror margins. Header 1,7 cm dan footer 1,7 cm.*
  - 4.3. Judul ditulis dalam huruf besar dengan posisi ditengah halaman dan jenis huruf *Times New Romans – 14 bold.*
  - 4.4. Nama penulis tanpa gelar dan jenis huruf yang digunakan *Times New Romans 10*. Nama penulis wajib disertai nama instansi /institusi dan alamat email.
  - 4.5. Abstrak dalam bahasa Indonesia dan Inggris ditulis dalam 1 paragraf (sekitar 200 kata) dengan jenis huruf *Times New Romans 10*. Dilengkapi dengan kata kunci (minimal 4, maksimal 6). Isi Abstrak mengandung urutan penyajian sbb: *Latar belakang dan tujuan studi, obyek yang distudi, Metodologi / cara pencapaian tujuan, Hasil studi dan kesimpulan*
  - 4.6. Sub judul ditulis dalam huruf besar dengan jenis huruf *Times New Romans 11 bold.*
  - 4.7. Tulisan dengan urutan **Pendahuluan, Metodologi Penelitian, Hasil dan Pembahasan, Simpulan dan Saran, Daftar pustaka, Lampiran.**
  - 4.8. Daftar pustaka ditulis berurutan menurut abjad (ascending) nama akhir penulis. Ketentuan umum mengenai urutan penulisan data sebuah pustaka adalah sbb :  
**Daftar pustaka yang diambil dari buku** ditulis urut: nama penulis, tahun, judul buku (cetak miring), nama penerbit, kota.

Contoh :

Simbolon, Maringan Masry, 2003, *Ekonomi Transportasi*, Ghalia Indonesia, Jakarta.

Lansy,K, and Mays, L.W.,2000, *Hydraulics of Water Distribution System, Water Distribution System Hand Book*, Editor: Larry W Mays, McGraw Hill, New York.

**Daftar pustaka yang diambil dari majalah/jurnal dan hasil penelitian** ditulis urut: nama penulis, tahun, judul artikel, nama jurnal/majalah/instansi ( dicetak miring), volume, halaman.

Contoh:

Armstrong, Richard, 1972, *Better Ways to Build Process Plant*, Chemical Engineering, Vol.79, No. 79, pp 86-94.

Tatum, CB., 1987, Improving Constructibility During Conceptual Planning, *Journal of ConstructionEngineering and Management*, Vol. 113, No. 2, June,1987, pp. 191-207.

**Daftar pustaka yang diambil dari internet** ada beberapa cara penulisan.

Contoh:

*Shell Structures Basic Concepts*, diakses 10 Nopember 2006, <http://www.colorado.edu/engineering/CAS/courses.d/AFEM.d/AFEM.Ch29.d/AFEM.Ch29.pdf>

Brown, R.,Shukla, A. and Natarajan, K.R., 2002, *Fiber Reinforcement of Concrete Structures*, diakses 30 Oktober 2006, <http://www.uric.uri.edu/media/finalreportspdf/536101.pdf>.