

# JURNAL TEKNISIA

**ANALISIS PENGENDALIAN WAKTU DENGAN EARNED VALUE Pada PROYEK PEMBANGUNAN HOTEL FAVE KOTABARU YOGYAKARTA**

Vendie Abma

**KAJIAN ANALISIS RISIKO BENCANA TANAH LONGSOR DI DESA TERONG KECAMATAN DLINGO KABUPATEN BANTUL**

Sri Aminatun dan Yunalia Muntafi

**APLIKASI ORTHOTROPIC STEEL DECK (OSD) DENGAN RIBS PENAMPANG V PADA JEMBATAN RANGKA TIPE CALENDAR HAMILTON(CH)**

Astriana Hardawati, Andreas Triwiyono, dan Suprpto Siswosukarto

**PENGARUH KADAR LIMBAH KACA SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PORUS**

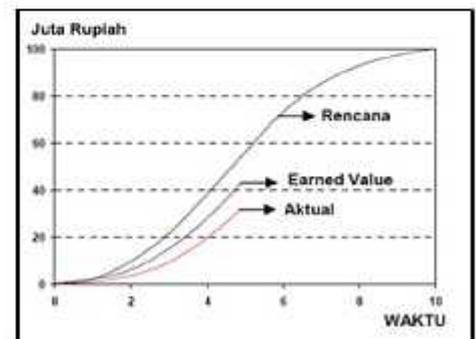
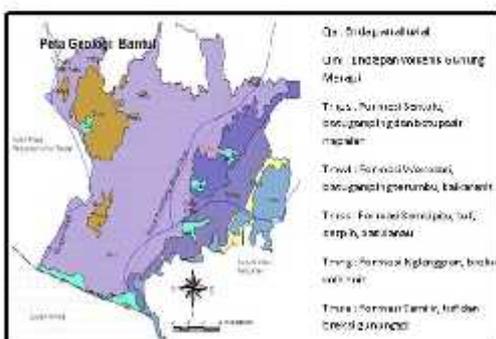
Miftahul Fauziah dan Fitri Sari Wijayati

**EVALUASI DAN PERBAIKAN GEOMETRI JALAN PADA RUAS JALAN MAGELANG – YOGYAKARTA KM 22 –22,6**

Prima Juanita Romadhona dan Muhamad Reza Akbar

**PENGEMBANGAN MODEL UNTUK MEMPREDIKSI BIAYA PEMBANGUNAN RUMAH LAYAK HUNI BERDASARKAN HARGA BAHAN**

Albani Musyafa



**DAFTAR ISI**

<b>Analisis Pengendalian Waktu dengan <i>Earned Value</i> Pada Proyek Pembangunan Hotel Fave Kotabaru Yogyakarta</b> Vendie Abma.....	218
<b>Aplikasi Orthotropic Steel Deck (Osd) dengan Ribs Penampang V pada Jembatan Rangka Tipe Calendar Hamilton (Ch)</b> Astriana Hardawati, Andreas Triwiyono, Suprpto Siswosukarto.....	229
<b>Evaluasi dan Perbaikan Geometri Jalan pada Ruas Jalan Magelang – Yogyakarta Km 22 –22,6</b> Prima Juanita Romadhona, Muhamad Reza Akbar.....	240
<b>Kajian Analisis Risiko Bencana Tanah Longsordi Desa Terong Kecamatan Dlingo Kabupaten Bantul</b> Sri Aminatun, Yunalia Muntafi.....	249
<b>Pengaruh Kadar Limbah Kaca Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Porus</b> Miftahul Fauziah, Fitri Sari Wijayati.....	261
<b>Pengembangan Model Untuk Memprediksi Biaya Pembangunan Rumah Layak Huni Berdasarkan Harga Bahan</b> Albani Musyafa.....	274

## ANALISIS PENGENDALIAN WAKTU DENGAN *EARNED VALUE* PADA PROYEK PEMBANGUNAN HOTEL FAVE KOTABARU YOGYAKARTA

Vendie Abma<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,  
Universitas Islam Indonesia  
email: vendie.abma@uii.ac.id

### ABSTRACT

*All construction project require of cost and time control. Controlling of time the most important in the construction implementation so that the project can be in accordance with the time schedule. Controlling of time can be done by considering the project implementation performance. Project implementation can be late, faster, or even on time in accordance with time schedule. One of the time controlling that are used in this research is earned value method to know the project performance in terms of time. Object of this research is Building Construction Project of Fave Kotabaru Hotel, Yogyakarta. The data in this research are time schedule, RAB, and weekly progress report to get the value of BCWP and BCWS. Controlling analysis by earned value method obtained the value of Schedule Variance (SV), Schedule Performance Index (SPI), predict the value of estimation to complete and estimation at complete (ETC and EAC). Analysis result base on time of Building Construction Project of Fave Kotabaru Hotel was predicted to become late. All value of Schedule Variance (SV) from week 25 until 28 is negative (-) and the average value of Schedule Performance Index (SPI) at 7th month from week 25-28 is 0,63 (<1). The results mean that the time performance of the construction project is slower than the time schedule. Based on the performance at the 7th month observation, obtained the value of estimation to complete (ETC) the project is 20 weeks, then estimation at completion (EAC) is 48 weeks, 8 weeks slower than time schedule. The final result shows that the project was too late, so that it need to be re-schedule.*

*Keywords: Time, Controlling, Earned Value.*

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Pembangunan bidang konstruksi di Indonesia saat ini terus berkembang untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan masyarakat yang diharapkan mampu membawa dampak positif bagi perkembangan perekonomian Negara Indonesia. Daerah Istimewa Yogyakarta selain dikenal sebagai kota pelajar, juga terkenal dengan kota wisata dengan berbagai destinasi budaya dan alam yang melimpah sehingga menarik wisatawan lokal maupun mancanegara untuk menikmati keistimewaan kota Yogyakarta. Demi memenuhi wisatawan-wisatawan tersebut, tidak heran pembangunan gedung hotel maupun berbagai jenis penginapan terus dilakukan.

Proyek pembangunan Hotel Fave Kotabaru ditutup untuk mendapatkan performa pekerjaan yang baik agar proyek selesai tepat waktu. Untuk mencapai hal tersebut dibutuhkan pengendalian dimana harus diketahui terlebih dahulu performa atau kinerja proyek yang sedang berlangsung

Pengendalian adalah suatu usaha sistematis untuk menentukan standar yang sesuai dengan sasaran perencanaan, merancang sistem informasi, membandingkan pelaksanaan dengan standar, menganalisis kemungkinan adanya penyimpangan antara pelaksanaan dengan standar dan mengambil tindakan pembetulan yang diperlukan agar sumber daya yang digunakan secara efektif dan efisien dalam rangka mencapai sasaran (Soeharto, 1995). Dalam pembangunan perlu adanya proses pengendalian agar pekerjaan konstruksi dapat berjalan sesuai dengan

sasaran yang telah direncanakan. Waktu pelaksanaan sangat mempengaruhi aspek-aspek lain terutama dari segi biaya maupun mutu. Pengendalian waktu menjadi sorotan penting yang dilakukan agar proyek berjalan sesuai dengan perencanaan yang telah disusun.

Setiap proyek konstruksi perlu adanya tindakan pengendalian dari segi biaya maupun waktu. Pengendalian waktu merupakan suatu bagian yang terpenting dalam pelaksanaan proyek konstruksi agar proyek tersebut dapat sesuai dengan penjadwalan yang sudah direncanakan. Pengendalian waktu dapat dilakukan dengan melihat kinerja pelaksanaan proyek yang telah berlangsung. Pelaksanaan suatu proyek dapat mengalami keterlambatan, percepatan, ataupun tepat waktu sesuai dengan penjadwalan rencana proyek. Salah satu pengendalian waktu dapat menggunakan konsep nilai hasil yang akan diterapkan pada penelitian ini untuk mengetahui kinerja proyek dari segi waktu.

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Gedung Hotel Fave Kotabaru, Daerah Istimewa Yogyakarta. Berdasarkan latar belakang tersebut, dirumuskan penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja waktu proyek dengan metode *earned value* pada saat peninjauan. Penelitian ini menghasilkan nilai *schedule varian* (SV), *schedule Performance Index* (SPI), serta memprediksi penyelesaian waktu akhir proyek *estimated to complete* (ETC) dan *estimated at complete* (EAC).

Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Studi kasus pada proyek pembangunan Hotel Fave Kotabaru Yogyakarta.
2. Penelitian ini hanya menganalisis kinerja proyek dari segi pengendalian waktu dengan metode konsep nilai hasil.
3. *Tools* dan instrumen analisis penelitian menggunakan *software microsoft excel*.

## TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Suseno (2016), melakukan penelitian evaluasi pengendalian biaya dan waktu dengan metode konsep nilai hasil (*Earned Value*) pada proyek peningkatan jalan dan jembatan Anjir km. 09, Catur Tamban Lupak, Palampai, Kalimantan Selatan. Hasil yang didapat dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa : 1). Varians Jadwal (SV) dan varian biaya (CV) proyek dapat disimpulkan kurang baik, hal ini ditunjukkan dengan nilai SV dan CV yang bernilai negatif lebih banyak. 2). Indeks kinerja jadwal (SPI) proyek dapat disimpulkan kurang baik, hal ini ditunjukkan dengan nilai SPI yang lebih kecil dari satu ( $<1$ ) yang berjumlah lebih banyak. 3). Berdasarkan hasil analisis ETC dan EAC, pada minggu ke 5 hingga minggu ke 29 pelaksanaan proyek, prakiraan biaya hingga pekerjaan selesai diperkirakan akan melebihi biaya yang telah dianggarkan, atau proyek akan mengalami kerugian, namun saat memasuki minggu ke 30 hingga minggu ke 38 dapat dilihat biaya perkiraan untuk menyelesaikan proyek semakin mengecil, hal ini disebabkan oleh indeks kinerja biaya proyek yang semakin membaik. 4). Berdasarkan hasil analisis ETC dan EAC, pada minggu ke 4 hingga minggu ke 29 pelaksanaan proyek, prakiraan waktu untuk menyelesaikan pekerjaan diperkirakan akan jauh melebihi waktu yang telah direncanakan, atau proyek akan mengalami waktu kemunduran. 5). Faktor-faktor yang mempengaruhi penyimpangan biaya dan waktu proyek diantaranya adalah perubahan nilai kontrak, pendistribusian material, pengecoran dengan metode konvensional, cuaca dan pembelian material besi yang berlebih.

Yomelda dan Utomo Christiono (2016), meneliti mengenai studi kasus tentang

Analisa Earned Value pada Proyek Pembangunan Vimala Hills Villa & Resort Bogor. Kinerja proyek dianalisa berdasarkan indeks kinerja biaya (Cost Performance Index) dan waktu (Schedule Performance Index). Perhitungan didasarkan pada nilai rencana (Planned Value), nilai hasil (Earned Value) dan biaya aktual (Actual Cost). Pengendalian kinerja ditinjau selama 8 minggu yaitu minggu ke-79 sampai minggu ke-86. Hasil analisa pada minggu ke-86 menunjukkan bahwa biaya yang dikeluarkan lebih besar dari yang direncanakan dan waktu pelaksanaannya lebih lama dari rencana yang ditunjukkan dengan nilai CPI = 0.9237 (CPI <1) dan nilai SPI = 0.5828 (SPI <1). Hasil perhitungan perkiraan biaya akhir proyek sebesar Rp 1,084,729,729,992.90 dengan waktu pelaksanaan 226 minggu yang berarti lebih lambat dari jadwal yang direncanakan.

### Proyek

Proyek adalah suatu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk melaksanakan tugas-sasarannya telah ditetapkan dengan jelas. (Soeharto, 1995).

Dalam proses mencapai tujuan ada batasan yang harus dipenuhi yaitu besar biaya (anggaran) yang dialokasikan, jadwal, serta mutu yang harus dipenuhi. Ketiga hal tersebut merupakan parameter penting bagi penyelenggara proyek yang sering diasosiasikan sebagai sasaran proyek. Ketiga sasaran pokok tersebut saling berhubungan yang masing-masing dapat saling mempengaruhi. Hubungan dari ketiga hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.

#### 1. Anggaran

Proyek harus diselesaikan dengan biaya yang tidak boleh melebihi anggaran. Untuk proyek-proyek yang melibatkan dana dalam jumlah besar dan jadwal pengerjaan bertahun-tahun, anggarannya tidak hanya ditentukan dalam total proyek, tetapi dipecah atas komponen-komponennya atau per periode tertentu yang jumlahnya disesuaikan

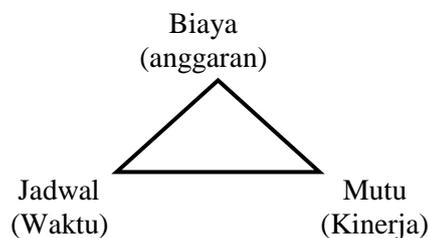
dengan keperluan, dengan demikian, penyelesaian bagian-bagian proyek harus memenuhi sasaran anggaran per periode.

#### 2. Jadwal

Proyek harus dikerjakan sesuai dengan kurun waktu dan tanggal akhir yang telah ditentukan. Bila hasil akhir adalah produk baru, maka penyerahannya tidak boleh melewati batas waktu yang telah ditentukan.

#### 3. Mutu

Produk atau hasil kegiatan harus memenuhi spesifikasi dan kriteria yang dipersyaratkan. Jadi, memenuhi persyaratan mutu berarti mampu memenuhi tugas yang dimaksudkan atau sering disebut sebagai fit for the intended use.



Gambar 1 Hubungan Triple Constrain (Sumber: Soeharto, 1995)

### Kinerja Proyek

Menurut Barrie (1995), pelaporan mengenai kinerja suatu proyek harus memenuhi lima komponen yaitu :

1. Prakiraan, yang akan memberikan suatu standar untuk membandingkan hasil sebenarnya dengan hasil ramalan.
2. Hal yang sebenarnya terjadi.
3. Ramalan, yang didasarkan untuk melihat apa yang akan terjadi di masa yang akan datang.
4. Varian, menyatakan sampai sejauh mana hasil yang diramalkan berbeda dari apa yang diperkirakan.
5. Pemikiran, untuk menerangkan mengenai keadaan proyek. Apabila dalam suatu pelaporan terdapat penyimpangan maka manajemen akan meneliti dan memahami alasan yang melatarbelakanginya. Untuk itu diperlukan pengendalian agar pekerjaan sesuai anggaran, jadwal dan spesifikasi yang telah ditetapkan.

## Pengendalian Proyek

Pengendalian proyek adalah usaha yang sistematis untuk menentukan standar yang sesuai dengan sasaran dan perencanaan, merancang sistem informasi, membandingkan pelaksanaan dengan standar, menganalisis kemungkinan penyimpangan kemudian mengadakan tindakan pembetulan yang diperlukan agar sumber daya digunakan secara efektif dan efisien dalam rangka mencapai sasaran dan tujuan. (Mockler, 1972).

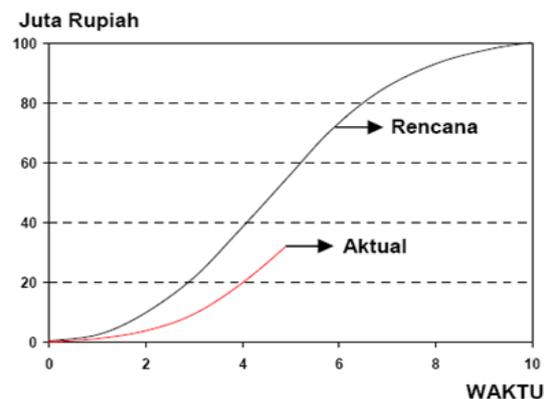
Menurut Soeharto (1995), sebagian besar pekerjaan lapangan terdiri dari konstruksi, yang dari aspek pengendalian biaya dan jadwal dapat digolongkan menjadi pekerjaan langsung (*direct*) dan tidak langsung (*indirect*). Adapun proses pemantauan dan pengendalian secara garis besar terdiri dari bagian yang mencatat pengeluaran dan penggunaan sumber daya, dan bagian lain yang memantau serta mencatat kemajuan pekerjaan aktual berupa *quantity tracking*. dari kedua kegiatan diatas dapat diketahui pengeluaran biaya dan kemajuan yang dicapai.

### *Earned Value*

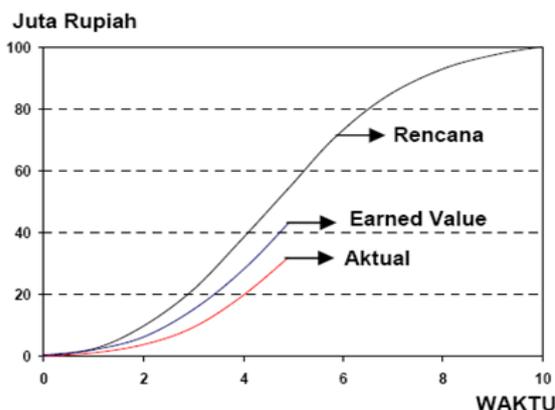
Konsep nilai hasil adalah konsep menghitung besarnya biaya yang menurut anggaran sesuai dengan pekerjaan yang telah diselesaikan atau dilaksanakan (*budgeted cost of work performed*). Bila ditinjau dari jumlah pekerjaan yang diselesaikan maka berarti konsep ini mengukur besarnya unit pekerjaan yang telah diselesaikan, pada suatu waktu bila dinilai berdasarkan jumlah anggaran yang disediakan untuk pekerjaan tersebut. Dengan perhitungan ini diketahui hubungan antara apa yang sesungguhnya telah dicapai secara fisik terhadap jumlah

anggaran yang telah dikeluarkan (Soeharto, 1995).

Flemming dan Koppelman yang dikutip oleh Soemardi, BW., R.D., Wirahardikusumah, M. Abduh dan N. Pujoarto (2007), menjelaskan metode *Earned Value Concept* dibandingkan manajemen biaya tradisional. Seperti dijelaskan pada Gambar 2, manajemen biaya tradisional hanya menyajikan dua dimensi saja yaitu hubungan yang sederhana antara biaya aktual dengan biaya rencana, dengan manajemen biaya tradisional, status kinerja tidak dapat diketahui. Pada Gambar 3, dapat diketahui bahwa biaya aktual memang lebih rendah, namun kenyataan bahwa biaya aktual yang lebih rendah dari rencana ini tidak dapat menunjukkan bahwa kinerja yang telah dilakukan telah sesuai dengan target rencana. Sebaliknya, metode *Earned Value Concept* memberikan dimensi yang ketiga selain biaya aktual dan biaya rencana. Dimensi yang ketiga ini adalah besarnya pekerjaan secara fisik yang telah diselesaikan atau disebut *Earned Value* atau *Percent Complete*.



Gambar 2 Manajemen Biaya Tradisional  
(Sumber: Soemardi dkk, 2007)

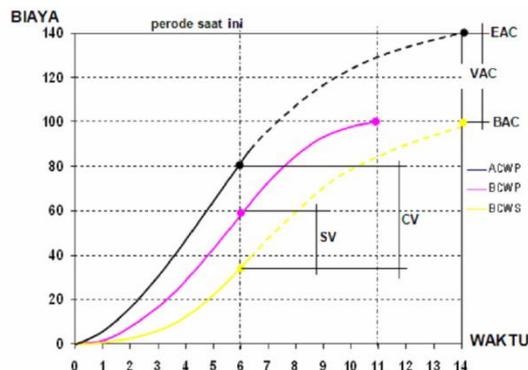


Gambar 3 Konsep Earned Value (Sumber: Soemardi dkk, 2007)

Ada tiga elemen dasar yang menjadi acuan dalam menganalisa kinerja dari proyek berdasarkan konsep *earned value*. Ketiga elemen tersebut adalah:

1. *Planned Value* (PV) merupakan anggaran biaya yang dialokasikan berdasarkan rencana kerja yang telah disusun terhadap waktu.
2. *Actual Cost* (AC) adalah representasi dari keseluruhan pengeluaran yang dikeluarkan untuk menyelesaikan pekerjaan dalam periode tertentu. *Actual Cost* dapat berupa kumulatif hingga periode perhitungan kinerja atau jumlah biaya pengeluaran dalam periode waktu tertentu.
3. *Earned Value* (EV) adalah nilai yang diterima dari penyelesaian pekerjaan selama periode waktu tertentu. *Earned Value* ini dihitung berdasarkan akumulasi dari pekerjaan-pekerjaan yang telah diselesaikan.

Penggunaan konsep Earned Value dalam penilaian kinerja proyek dijelaskan melalui Gambar 4. Beberapa istilah yang terkait dengan penilaian ini adalah *Cost Variance*, *Schedule Variance*, *Cost Performance Index*, *Schedule Performance Index*, *Estimate at Completion*, dan *Variance at Completion*.



Gambar 4 Grafik kurva S Earned Value (Sumber: Soemardi dkk, 2007)

Soeharto (1995), menjelaskan “Konsep dasar nilai hasil dapat digunakan untuk menganalisis kinerja dan membuat prakiraan pencapaian sasaran. Untuk itu digunakan 3 indikator, yaitu ACWP (*actual cost of work performed*), BCWP (*budgeted cost of work performed*), dan BCWS (*budgeted cost of work scheduled*). ACWP adalah jumlah biaya aktual dari pekerjaan yang telah dilaksanakan. BCWP adalah nilai pekerjaan yang telah diselesaikan terhadap anggaran yang disediakan untuk melaksanakan pekerjaan tersebut. BCWS ini sama dengan anggaran untuk suatu paket pekerjaan, tetapi disusun dan dikaitkan dengan jadwal pelaksanaan. Jadi disini terjadi perpaduan antara biaya, jadwal, dan lingkup kerja, dimana pada setiap elemen pekerjaan telah diberi alokasi biaya dan jadwal yang dapat menjadi tolok ukur dalam pelaksanaan pekerjaan.

Penelitian ini hanya menganalisis pengendalian waktu, sehingga tidak dipergunakan indikator ACWP. Dengan menggunakan indikator BCWP dan BCWS selanjutnya dapat dihitung dan dianalisis kinerja proyek dari sisi waktu meliputi :

1. *Schedule Variance* (SV)  
*Schedule variance* digunakan untuk menghitung penyimpangan antara BCWS dengan BCWP. Nilai positif menunjukkan bahwa paket-paket pekerjaan proyek yang terlaksana lebih banyak dibanding rencana. Sebaliknya nilai negatif menunjukkan kinerja pekerjaan yang buruk karena paket-paket

pekerjaan yang terlaksana lebih sedikit dari jadwal yang direncanakan. Rumus untuk *Schedule Variance* adalah:

$$SV = BCWP - BCWS \quad (1)$$

Angka negatif varian jadwal yang menunjukkan bahwa jadwal melebihi dari yang direncanakan. Angka nol menunjukkan pekerjaan terlaksana sesuai jadwal. Sementara angka positif berarti pekerjaan terlaksana lebih cepat dari yang direncanakan.

## 2. *Schedule Performance Index* (SPI)

Faktor efisiensi kinerja dalam menyelesaikan pekerjaan dapat diperlihatkan oleh perbandingan antara nilai pekerjaan yang secara fisik telah diselesaikan (BCWP) dengan rencana pengeluaran biaya yang dikeluarkan berdasar rencana pekerjaan (BCWS). Rumus untuk *Schedule Performance Index* adalah:

$$SPI = BCWP / BCWS \quad (2)$$

Nilai SPI menunjukkan seberapa besar pekerjaan yang mampu diselesaikan (relatif terhadap proyek keseluruhan) terhadap satuan pekerjaan yang direncanakan. Nilai SPI kurang dari 1 menunjukkan bahwa kinerja pekerjaan tidak sesuai dengan yang diharapkan karena tidak mampu mencapai target pekerjaan yang sudah direncanakan. Tabel 2, menunjukkan rincian analisis indeks performa.

Tabel 2 Analisis Indeks Performa

Indeks	Nilai	Keterangan
SPI	>1	Kinerja Proyek lebih cepat dari jadwal rencana
	<1	Kinerja Proyek lebih lambat dari jadwal rencana
	=1	Kinerja Proyek sama dengan jadwal rencana

## 3. Prediksi Waktu Penyelesaian Akhir Proyek

Pentingnya menghitung SPI adalah untuk memprediksi secara statistik waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek, dengan memakai BCWP dan BCWS perkiraan waktu penyelesaian pada akhir proyek dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

- a. Perkiraan waktu untuk pekerjaan tersisa (*Estimate To Completion*)  
ETC Adalah perkiraan jadwal pekerjaan tersisa proyek. ETC dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$ETC = \frac{\text{Rencana-Waktu Pelaporan}}{SPI} \quad (3)$$

- b. Perkiraan waktu sampai akhir proyek (*Estimate At Completion*)  
Adalah perkiraan jadwal penyelesaian proyek. EAC dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$EAC = ETC + \text{Waktu Pelaporan} \quad (4)$$

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Gedung Hotel Fave Kotabaru, Daerah Istimewa Yogyakarta. Gedung ini dibangun 1 basement dan 5 lantai dengan anggaran biaya Rp. 17.818.600.711,62. Peninjauan proyek berdasarkan data progres mingguan selama pelaksanaan proyek. Pengukuran kinerja dari sisi waktu pelaksanaan proyek dengan analisa *earned value* dilakukan pada bula ke-5 atau saat proyek berlangsung selama 20 minggu. Dari hasil analisa dapat diketahui kinerja kegiatan yang kemudian digunakan untuk mengetahui proyeksi penyelesaian pekerjaan yang belum diselesaikan.

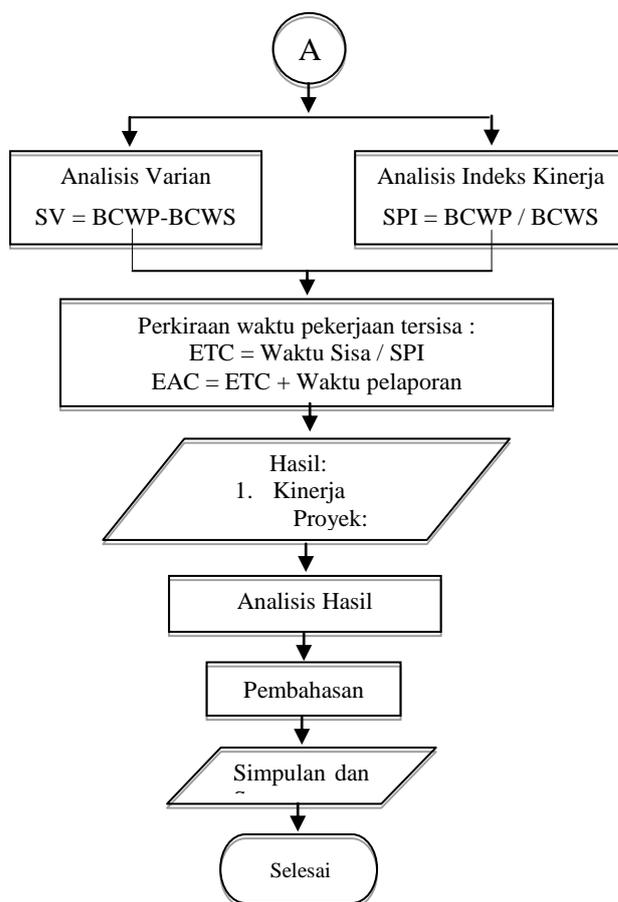
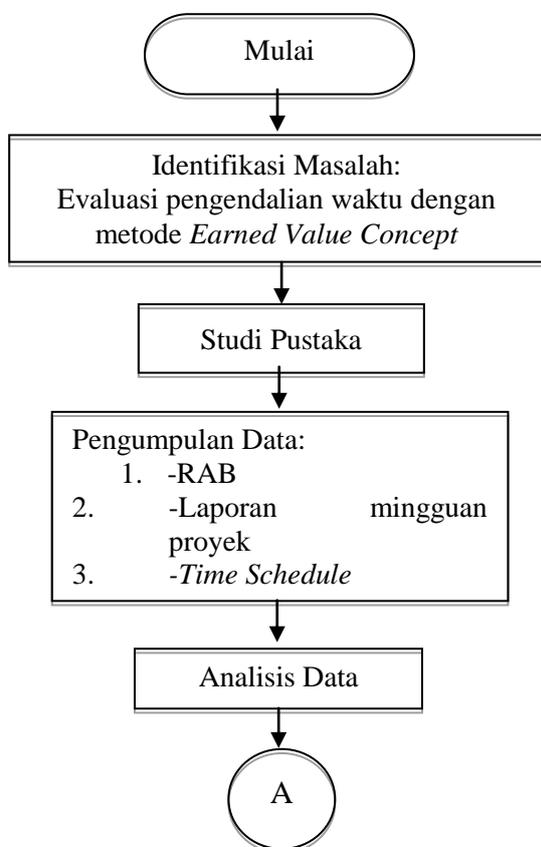
Data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Time schedule, Rencana Anggaran Biaya, dan laporan progres kinerja mingguan. Data tersebut merupakan data yang diperoleh dari pihak kontraktor pelaksana. Dari data tersebut dapat menghasilkan nilai BCWP dan BCWS.

Nilai BCWS diperoleh dari besarnya biaya pengeluaran sesuai dengan perencanaan pada

saat pelaporan pekerjaan yang dapat dilihat berdasarkan bobot kumulatif rencana grafik *time schedule*. Nilai BCWP diperoleh dari besarnya biaya pengeluaran sesuai dengan performa pelaksanaan pada saat pelaporan pekerjaan yang dapat dilihat berdasarkan bobot kumulatif performa pelaksanaan (progres pekerjaan).

Dengan bantuan Microsoft Excel dilakukan analisa pengendalian dengan metode *earned value* didapatkan nilai *Schedule Variance* (SV), *Schedule Performance Index* (SPI),serta memprediksi penyelesaian waktu akhir proyek (ETC dan EAC).

Berikut adalah *flowchart* pelaksanaan penelitian analisis kinerja waktu proyek menggunakan metode *Earned Value* :



Gambar 1 Flowchart Penelitian

**ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

Data pada penelitian ini diperoleh dari Tim Pelaksana Proyek Pembangunan Gedung Hotel Fave Kotabaru Yogyakarta.

**Data Proyek**

Nama Proyek : Pembangunan Gedung Hotel Fave Kotabaru Yogyakarta

Alamat Proyek : Jl. I Dewa Nyoman Oka, No. 30, Kotabaru, Yogyakarta

Schedule Rencana : 40 Minggu

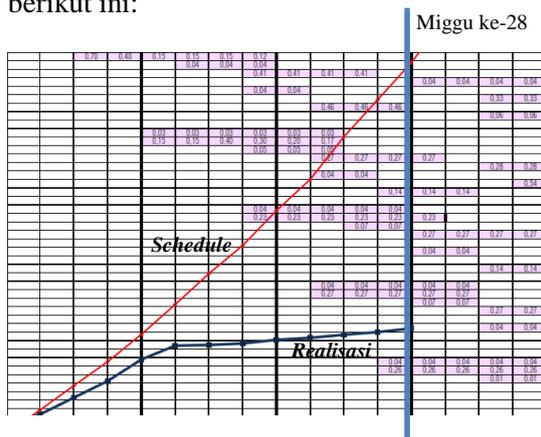
Biaya (RAB) : Rp. 17.818.600.711,62

Data-data yang diperoleh untuk penelitian ini antara lain:

1. Rencana Anggaran Biaya
2. *Time Schedule* Rencana Proyek
3. *Time Schedule* Aktual Proyek (Progres pekerjaan yang telah dilaksanakan)
4. Laporan Progres Mingguan Proyek

**Analisa Dan Pembahasan Earned Value**

Analisa *earned value* dilakukan pada peninjauan bulan ke -7 yaitu pada minggu ke 25-28. Hasil lapran kondisi proyek pada minggu ke-28 dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini:



Gambar 5 Grafik Kurva S Laporan Progres (Sumber: Tim Pelaksana Proyek Hotel Fave Kotabaru)

Dari hasil laporan minggu ke-28 tersebut sudah terlihat proyek mengalami keterlambatan dan harus segera dilakukan pengendalian agar proyek dapat terselesaikan dengan baik.

1. Perhitungan *Budgeted Cost Of Work Scheduled* (BCWS)

Perhitungan BCWS pada minggu ke-25 dapat dihitung dengan cara bobot kumulatif rencana *schedule* pada minggu ke-25 dikalikan :jumlah anggaran biaya pekerjaan (RAB kontrak). Perhitungan BCWS minggu ke-25 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \% \text{ bobot kumulatif rencana pada minggu ke-25} &= 47,88\% \\ \text{BCWS}_{\text{ke-25}} &= \text{Rp.17.818.600.711,62} \times 47,88\% \\ &= \text{Rp. 8.531.129.406,34} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan pada minggu selanjutnya dengan cara yang sama dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini:

Tabel 3 Nilai BCWS minggu ke 25-28

Minggu Ke -	% Bobot Rencana	Nilai BCWS
25	47,88	Rp 8.531.129.406,34
26	51,91	Rp 9.248.868.179,00
27	55,39	Rp 9.870.510.184,74
28	58,91	Rp 10.496.173.491,68

2. Perhitungan *Budgeted Cost Of Work Performed* (BCWP)

Perhitungan BCWP pada minggu ke-25 dapat dihitung dengan cara bobot kumulatif aktual (realisasi progres pelaksanaan) pada minggu ke-25 dikalikan jumlah anggaran biaya pekerjaan (RAB kontrak). Perhitungan BCWP minggu ke-25 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \% \text{ bobot kumulatif aktual pada minggu ke-25} &= 32,93\% \\ \text{BCWP}_{\text{ke-17}} &= \text{Rp.17.818.600.711,62} \times 32,93\% \\ &= \text{Rp. 5.868.217.691,44} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan pada minggu selanjutnya dengan cara yang sama dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini:

Tabel 4 Nilai BCWP minggu ke 25-28

Minggu Ke -	% Bobot Realisasi	Nilai BCWP
25	32,93	Rp 5.868.217.691,44
26	33,22	Rp 5.919.267.982,48
27	33,47	Rp 5.963.814.484,26
28	33,82	Rp 6.025.734.121,73

3. Analisa *Schedule Variance* (SV)

Nilai *schedule variance* (SV) pada minggu ke-X dapat dihitung dari pengurangan nilai BCWP-BCWS pada minggu ke-25, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Sv}_{\text{ke-25}} &= \text{BCWP}_{25} - \text{BCWS}_{25} \\ &= \text{Rp 5.868.217.691,44} - \text{Rp 8.531.129.406,34} \end{aligned}$$

= -Rp 2.662.911.714,90 (Negatif)

Nilai *Schedule Variance* menunjukkan penyimpangan antara BCWS dengan BCWP. Nilai positif menunjukkan bahwa progres pekerjaan proyek yang terlaksana lebih banyak dibanding rencana. Sebaliknya nilai negatif menunjukkan kriteria pekerjaan yang buruk karena progres pekerjaan yang terlaksana lebih sedikit dari jadwal yang direncanakan. Hasil perhitungan SV pada minggu ke-25 bernilai negatif dimana pada proyek tersebut progres pekerjaan terlaksana lebih kecil dari jadwal yang direncanakan, proyek mengalami keterlambatan dari jadwal yang sudah direncanakan.

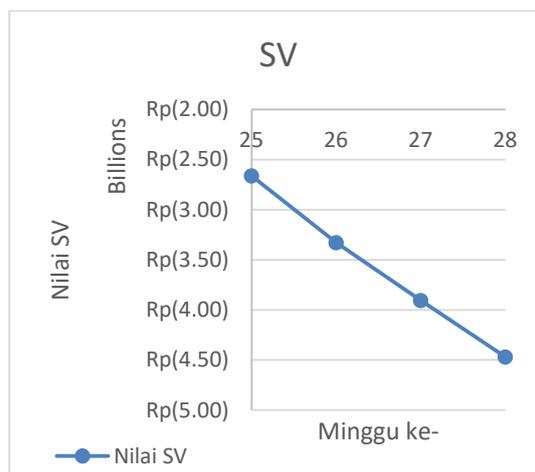
Untuk hasil perhitungan pada minggu selanjutnya dengan cara yang sama dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini:

Tabel 5 Nilai SV minggu ke 25-28

Minggu Ke -	Nilai SV	Ket
25	-Rp 2.662.911.714,90	Negatif
26	-Rp 3.329.600.196,52	Negatif
27	-Rp 3.906.695.700,48	Negatif
28	-Rp 4.470.439.369,94	Negatif

Hasil perhitungan SV pada bulan ke-7 diminggu 25 sampai dengan minggu 28 menunjukkan nilai SV negatif yang artinya pada minggu ke 25-28 proyek mengalami keterlambatan. Minggu ke 25 ke minggu 28 proyek terus mengalami keterlambatan dan keterlambatannya meningkat seperti dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini:

Peningkatan keterlambatan dapat dilihat dari minggu ke minggu dimana nilai SV semakin menurun. Keadaan ini sangat penting untuk segera dilakukan pengendalian lebih lanjut agar performa proyek dapat meningkat kembali.



Gambar 6 Grafik Nilai SV

4. Analisa *Schedule Performance Index* (SPI)

Nilai SPI pada minggu ke-25 dapat dihitung dari nilai BCWP pada minggu ke-25 dibagi dengan BCWS pada minggu ke-25, sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 SPI_{25} &= BCWP_{25} / BCWS_{25} \\
 &= \frac{Rp\ 5.868.217.691,44}{Rp8.531.129.406,34} \\
 &= 0,69 (<1)
 \end{aligned}$$

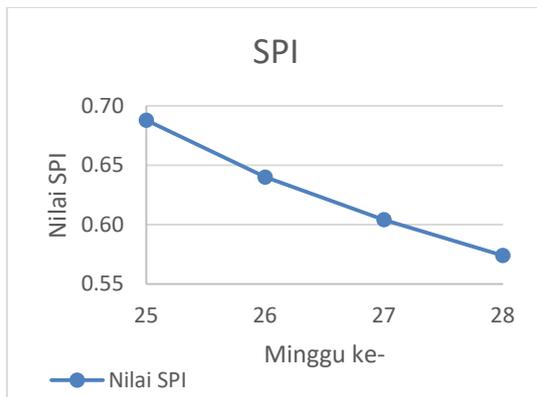
Nilai SPI menunjukkan efisiensi penggunaan sumber daya pada proyek. Untuk hasil perhitungan pada minggu selanjutnya dengan cara yang sama dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini:

Tabel 6 Nilai SPI minggu ke 25-28

Minggu Ke -	Nilai SPI	Keterangan
25	0,69	<1
26	0,64	<1
27	0,60	<1
28	0,57	<1

Hasil perhitungan SPI pada bulan ke-7 diminggu 25 sampai dengan minggu 28 menunjukkan nilai SPI kurang dari 1 (<1) yang artinya kinerja Proyek lebih lambat dari jadwal rencana, pada minggu ke 25-28 proyek terus mengalami keterlambatan dimana indeks performa pekerjaan

mengalami penurunan seperti dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ini:



Gambar 7 Grafik Nilai SPI

Dari hasil nilai SPI minggu ke 25-28 pada tinjauan bulan ke- 7 maka diperoleh nilai SPI rerata pada bulan ke- 7 sebesar 0,63 (<1)

Hasil pengamatan di proyek menunjukkan bahwa faktor utama proyek mengalami keterlambatan adalah faktor keuangan sehingga pengadaan material terhambat. Dengan sistem pembangunan swakelola, faktor keuangan menjadi faktor yang sangat menentukan dalam kemajuan kerja proyek.

Apabila kondisi tersebut sama seperti pada saat peninjauan sampai proyek selesai, maka proyek akan mengalami keterlambatan yang signifikan.

##### 5. Analisa *Estimate To Completion* (ETC)

Prakiraan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek dapat dihitung dengan rumus 3 berdasarkan dari tinjauan pada bulan ini dengan keadaan kinerja rerata perbulan sampai proyek selesai diasumsikan sama seperti pada saat peninjauan bulan ke-7.

Besarnya prakiraan waktu untuk menyelesaikan proyek sebagai berikut:

$$ETC = \frac{\text{Rencana-Waktu Pelaporan}}{SPI}$$

$$ETC = \frac{40-28}{0,63}$$

$$ETC = 19,15 \approx 20 \text{ Minggu}$$

Hasil perhitungan menghasilkan estimasi waktu penyelesaian proyek masih membutuhkan 20 minggu lagi.

##### 6. Analisa *Estimate At Completion* (EAC)

Perkiraan waktu untuk pekerjaan total sampai proyek selesai dapat dihitung menggunakan Rumus 4 dengan asumsi keadaan kinerja berlangsung seperti saat evaluasi dilakukan (tidak mengalami perubahan yang signifikan).

Prakiraan total waktu penyelesaian sebagai berikut:

$$\begin{aligned} EAC &= ETC + \text{Waktu Pelaporan} \\ &= 20 + 28 \\ &= 48 \text{ Minggu} \end{aligned}$$

Hasil prakiraan proyek akan selesai selama 48 minggu. Proyek akan mengalami keterlambatan sebesar 8 minggu, atau kurang lebih sekitar 2 bulan dari jadwal yang sudah direncanakan yaitu 40 minggu.

Untuk mengatasi keterlambatan yang cukup besar ini maka pihak proyek harus segera melakukan tindakan agar proyek tidak mengalami kerugian yang besar.

Diketahui faktor utama keterlambatan pada proyek ini adalah faktor keuangan Apabila kondisi keuangan belum stabil alangkah baiknya proyek dapat dihentikan sementara guna mengurangi biaya tidak langsung yang dikeluarkan. Selanjutnya, setelah kondisi keuangan stabil dapat dimulai kembali dengan melakukan *re-scheduling* terlebih dahulu agar proyek dapat berjalan dengan baik.

## SIMPULAN

Simpulan yang didapat dari hasil analisis dan pembahasan pada penelitian ini menunjukkan kinerja proyek ditinjau dari segi waktu sebagai berikut :

1. *Schedule Variance* (SV) dari minggu ke 25-28 semua bernilai negatif (-) yang artinya kinerja pelaksanaan proyek lebih lambat dari *schedule* yang telah direncanakan.
2. *Schedule Performance Index* (SPI) rerata pada tinjauan bulan ke-7 dari minggu ke

25-28 sebesar 0,63. Nilai SPI <1 yang artinya kinerja waktu pada pelaksanaan proyek konstruksi lebih lambat dari jadwal rencana.

3. Dengan kondisi kinerja pada saat peninjauan bulan ke-7 ini, maka didapatkan prakiraan waktu untuk menyelesaikan proyek sebesar 20 minggu. Sehingga prakiraan waktu total penyelesaian proyek (EAC) adalah 48 minggu, lebih lambat 8 minggu dari yang direncanakan sebesar 40 minggu.
4. Hasil pengendalian waktu menunjukkan proyek mengalami keterlambatan yang cukup besar dan perlu dilakukan *Re-Scheduling*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Mockler, R.J., (1972), *Management Control Process*, Prentice Hall, New York.
- Barrie, D.S., (1995), *Manajemen Konstruksi Profesional*, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Soeharto, I., (1995), *Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai Operasional*, edisi kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Soemardi, B.W., Wirahadikusumah, R.D., Abduh, M., dan Pujoartanto, N., (2007), *Konsep Earned Value untuk Pengelolaan Proyek Konstruksi*, Laporan Hasil Riset, ITB, Bandung
- Yomelda, dan Christiono, U., (2015), "Analisa Earned Value pada Proyek Pembangunan Vimala Hills Villa dan Resort Bogor", *Jurnal Teknik ITS Vol. 4, No. 1*, ITS, Surabaya.
- Suseno, R.J., 2016, *Evaluasi Pengendalian Biaya dan Waktu Pada Pelaksanaan Proyek*, Tugas Akhir, (Tidak Diterbitkan), Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

## **APLIKASI ORTHOTROPIC STEEL DECK (OSD) DENGAN RIBS PENAMPANG V PADA JEMBATAN RANGKA TIPE CALENDAR HAMILTON (CH)**

Astria Hardawati<sup>1</sup>, Andreas Triwiyono<sup>2</sup>, dan Suprpto Siswosukarto<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

Email: harda.astriana@uii.ac.id

<sup>2,3</sup> Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

Email: andreas.triwiyono@ugm.ac.id; suprpto.siswosukarto@ugm.ac.id

### **ABSTRACT**

*Steel truss bridge with a concrete deck has its own weight/self weight which is quite dominant than steel structure deck. This research uses the Orthotropic Steel Deck (OSD) system as concrete deck's substitution to repair the bridge. The case study is a truss bridge with type of Calendar Hamilton (CH) with 108 meters of spans in Keduwang, Imogiri. In the OSD system, steel ribs, which was lighter replaces the concrete deck to increase the capacity of the bridge. The purpose of this research are to design OSD by considering the fatigue limit state and calculate Rating Factor (RF) value of the main frame before and after redecking to obtain the value of the remaining capacity of the bridge. Method used in this research is by modelling the bridge plate using ABAQUS to obtain optimum OSD in term of weight with strength, stress, fatigue limit state as in AASHTO. Furthermore, the overall bridge modelling done by using SAP2000 to determine internal forces on the bridge and calculates the value of RF based on SNI. Based on the result of ABAQUS modelling, obtained 10 variations of OSD optimal plate for 3 variations LHR namely 1000, 2000, 3000, and 5 variations of life design of 10 years, 20 years, 30 years, 40 years, and 50 years. Based on SAP2000 modelling and analysis, it can be seen that the bridge with OSD has greater RF value than the concrete deck. The smallest RF values are obtained from the stringer element for all variations which is less than 1,0.*

**Keywords:** *Orthotropic Steel Deck (OSD), Calendar Hamilton (CH), Rating Factor (RF)*

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Data Bina Marga menyebutkan terdapat 89.000 buah jembatan dengan panjang total 1050 km di Indonesia yang terdiri dari 54.000 buah jembatan di ruas jalan kabupaten/kota dengan panjang 390 km dan 35.000 buah jembatan di ruas jalan nasional dan provinsi dengan panjang 660 km.

Distribusi jembatan berdasarkan bentang disebutkan oleh Bina Marga sebesar 30% jembatan bentang 0-20 m, 13% jembatan bentang 20-40 m, 22% jembatan bentang 40-60 m, 12% jembatan bentang 60-100 m, dan 23% jembatan bentang lebih dari 100 m.

Sedangkan berdasarkan tipe bangunan atas distribusi jembatan yang dihasilkan yaitu 7% menggunakan culvert, 51%

menggunakan gelagar, 32% menggunakan rangka, dan 10% menggunakan tipe lainnya.

Jembatan ortotropik ini pada intinya mengganti pelat beton jembatan lama dengan baja *ribs* yang baru. Pelat beton lama yang berat akan tergantikan dengan baja *ribs* yang ringan, sehingga berat sendiri struktur menjadi berkurang. Berkurangnya beban mati tetap akibat berat sendiri struktur ini akan meningkatkan kapasitas jembatan. Pada penelitian ini digunakan sebagai studi kasus adalah Jembatan CH bentang 104 m yang terletak di Keduwang, Imogiri.

#### **1.2 Tujuan Penelitian**

Melakukan analisis *service, strength, fatigue limit* pada *deck* ortotropik untuk segmen pelat dari jembatan rangka tipe CH

### 1.3 Batasan Penelitian

Batasan penelitian ini:

1. Jembatan yang digunakan adalah jembatan rangka tipe Calendar Hamilton (CH) yang terletak di Keduwang, Imogiridengan panjang bentang jembatan 104 m dengan lebar 9 m.
2. Profil *ribs* diambil dari tabel profil dengan arah longitudinal dan penampang V tanpa *cutout*.
3. Tinggi *ribs* dipilih 245 mm, mendekati tebal pelat beton umumnya.
4. Umur rencana yang digunakan yaitu 10 tahun, 20 tahun, 30 tahun, 40 tahun, dan 50 tahun.
5. Besar nilai LHR divariasikan sebesar 1000, 2000, dan 3000.
6. Analisis struktur menggunakan *software* Abaqus.

### TINJAUAN PUSTAKA

Liao (2011) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa dengan memodelkan pelat secara 3D didapat hasil tegangan transversal maksimal terjadi pada tengah bentang. Atas dasar ini maka dibutuhkan pemodelan pada bagian tengah bentang untuk mensimulasikan karakteristik mekanikal dari potongan melintang *Orthotropic Steel Deck* (OSD).

Tegangan tergantung pada geometri struktur dan tipe pembebanan dan dipengaruhi oleh tebal pelat dan aspal. Semakin besar tebal pelat maka tegangan pada pelat dapat diminimalkan.

Feng (1996) dalam penelitiannya mengembangkan 3-D *Finite Element* model untuk menentukan distribusi tegangan pada sistem dek ortotropik. Kesimpulan yang didapat diantara, 3D *Finite Element* berhasil mensimulasikan perilaku struktur keseluruhan dari OSD. Prediksi distribusi tegangan tidak menunjukkan hasil yang sesuai dengan pengujian pada kontak pelat diafragma dan *closed ribs*. Selain itu dengan membuat pelat sebagai struktur menerus belum cukup mengurangi tegangan

pada kontak pelat dan *ribs* untuk mengantisipasi retak akibat *fatigue*. Meningkatkan ketebalan pelat adalah solusi yang efektif untuk mengurangi tegangan pada kontak pelat dengan *ribs*. Apabila digabungkan dengan membuat pelat sebagai struktur menerus akan mereduksi tegangan akibat beban hidup mencapai 50%.

Kato, dkk (2013) dalam jurnalnya menyebutkan bahwa retak banyak terjadi di kontak sambungan longitudinal *closed ribs* dan *cross beam webs* pada dek ortotropik karena tingginya konsentrasi tegangan dan deformasi. Oleh karena itu, penelitian mereka berfokus pada konfigurasi *cutout* yang efektif untuk mengurangi tegangan lokal dan mengetahui deformasi yang terjadi dengan memodelkan jembatan skala penuh. Berdasarkan hasil penelitian, untuk mengurangi tegangan lokal, kemungkinan paling efektif yaitu membatasi deformasi transversal pada bagian bawah *ribs* atau meningkatkan konfigurasi *cutout* untuk mendistribusikan tegangan.

Yarnold (2005) melakukan pemodelan dengan menggunakan ABAQUS CAE untuk menganalisis perilaku tekuk pada *trapezoidal rib orthotropic*. Hasil ini kemudian dibandingkan dengan uji fisik spesimen untuk memastikan akurasi hasil. Kesimpulan yang didapat, Yarnold (2005) merekomendasikan spesifikasi AASHTO diperbaiki dengan memasukkan batas rasio ketebalan *ribs*. Tujuannya untuk memastikan *local buckling* terjadi setelah *inelastic local buckling*. Dengan demikian, desain selanjutnya dapat mengatasi *elastic local buckling* pada *trapezoidal rib orthotropic bridge deck*.

### DASAR TEORI

#### 3.1 Perancangan Deck Ortotropik

##### 1. Service Limit State

Pengecekan pelayanan bertujuan untuk meminimalisasi biaya perawatan dan perbaikan lalu lintas. Sesuai AASHTO dan LRFD, kondisi batas untuk kondisi layan ini didasarkan pada besarnya

lendutan. Besarnya lendutan yang diijinkan yaitu sebesar  $L/300$  pada pelat *deck* dan sebesar  $L/100$  pada *ribs*.  $L$  adalah panjang bentang.

### 2. *Strength Limit State*

Kekuatan harus didesain dengan memperhitungkan kemampuan lentur dan geser rib, lentur balok, dan tegangan aksial. Kombinasi yang digunakan adalah kombinasi beban hidup dan beban mati.

Sesuai dengan ketentuan AASHTO dan LRFD, perencanaan kondisi batas harus memenuhi strength I dan strength II yaitu aman terhadap *buckling* dan kelelahan.

### 3. *Fatigue Limit State*

Kondisi fatik perlu dipertimbangkan mengingat pada OSD juga bekerja beban fatik akibat roda kendaraan. Perhitungan fatik ini nanti akan memperkirakan batas umur jembatan.

### 4. *Constructability*

Kekuatan dan stabilitas OSD harus tetap dijaga selama proses konstruksi, termasuk pelaksanaan, penyimpanan, pengangkutan, dan ereksi.

## 3.2 Pembebanan yang Dilakukan

Pembebanan dilakukan pada pemodelan di ABAQUS dan SAP2000. Pembebanan ini berdasarkan pada AASHTO dan SNI T-02-2005.

## 3.3 Perencanaan *Fatigue* pada OSD

Perencanaan *fatigue* pada OSD berdasarkan AASHTO diperhitungkan untuk *infinite life* dengan rumus:

$$(\Delta F)_n = (\Delta F)_{th} \quad (1)$$

$$(\Delta F)_n = \left(\frac{A}{N}\right)^{\frac{1}{5}} \quad (2)$$

$$N = (365)(75)n(ADTT)SL \quad (3)$$

Dengan:

$A$  = konstanta  $A$  pada Tabel 1

$n$  = jumlah siklus  $n$  pada Tabel 2

$(ADTT)_{SL}$  = Lalulintas Harian Rata-rata (LHR)

Angka 75 pada perancangan fatik dikarenakan perancangan fatik didasarkan

untuk umur rencana 75 tahun. Sehingga apabila ingin menghitung fatik dengan umur rencana lain, harus disesuaikan lagi.

Tabel 1 Konstanta Kategori Detail,  $A$  (AASHTO-LRFD)

Kategori Detail	Kontanta, $A$ ( $\times 10^8$ ksi <sup>3</sup> )
A	250,0
B	120,0
B'	61,0
C	44,0
C'	44,0
D	22,0
E	11,0
E'	3,9
M 164 (A325) Baut pada batang tekan	17,1
M 253 (A490) Baut pada batang tekan	31,5

Tabel 2 *Cycles per Truck Passage*,  $n$  (AASHTO-LRFD)

<i>Longitudinal Members</i>	<i>Span Length</i>	
	>40,0 ft	2,0
<i>Simple Span Girders</i>	1,0	2,0
<i>Continuous Girders</i>		
1) <i>Near interior support</i>	1,5	2,0
2) <i>Elsewhere</i>	1,0	2,0
<i>Cantilever Girders</i>	5,0	
<i>Orthotropic Deck Connections Subjected to Wheel Load Cycling</i>	5,0	
<i>Trusses</i>	1,0	
<i>Tranverse Members</i>	<i>Spacing</i>	
	>20,0 ft	<20,0 ft
	1,0	2,0

## 3.4 Analisis Penampang Struktur Jembatan Rangka

Perhitungan analisis penampang struktur menggunakan metode LRFD berdasarkan SNI T-03-2005 Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan.

### 3.4.1. Kekuatan elemen terhadap tarik

Kekuatan elemen terhadap gaya tarik ultimit ( $N_u$ ) ditentukan oleh persyaratan sebagai berikut (SNI T-03-2005) :

$$N_u \leq \phi N_t \quad (4)$$

Dengan nilai  $N_t$  diambil dari :

$$N_t = A_g \cdot f_y \quad (5)$$

Dengan :

$N_u$  = gaya tarik aksial terfaktor (N)

$N_t$  = gaya tarik aksial nominal penampang

$\phi$  = faktor reduksi kuat tarik = 0,90

$A_g$  = luas bruto penampang ( $\text{mm}^2$ )

$f_y$  = tegangan leleh bahan (MPa)

### 3.4.2. Kekuatan Elemen Terhadap Tekan

Berdasarkan SNI T-03-2005 diberikan rumus-rumus sebagai berikut:

1. Jika penampang suatu elemen dinyatakan kompak maka rumus yang dipakai untuk mencari kekuatan elemen terhadap gaya elemen tekan ( $N_u$ ) adalah:

$$N_u < \phi N_c \quad (6)$$

Dengan:

$N_u$  = gaya tekan terfaktor (N)

$\phi$  = faktor reduksi kuat tekan 0,85

$N_c$  = kuat tekan nominal komponen struktur (N)

2. Perbandingan kelangsingan
  - a. Kelangsingan elemen penampang  $\lambda < \lambda_r$

- b. Kelangsingan komponen struktur tekan,

$$\lambda = < 140 \frac{L_k}{r} \quad (7)$$

dengan

$\lambda$  = kelangsingan elemen batas

$\lambda_r$  = kelangsingan batas (kritis)

$R$  = jari-jari girasi minimal penampang

$L_k$  = panjang kritis/ skematis batang

3. Komponen struktur tekan yang elemen penampangnya mempunyai

perbandingan lebar terhadap tebal lebih besar nilai  $\lambda_r$  harus direncanakan dengan analisis rasional yang dapat diterima. Analisis rasional ini memuat penampang yang tidak termasuk dalam penampang kompak maupun tak kompak. Perhitungan untuk analisis ini menggunakan penampang slender atau penampang langsing.

### 3.4.3 Tahanan Elemen Terhadap Lentur

Komponen struktur balok seperti pada gelagar memanjang dan melintang akan memikul momen lentur dan gaya geser akibat pembebanan yang bekerja tegak lurus terhadap sumbu batang. Komponen struktur balok merupakan kombinasi dari elemen tekan dan tarik. Perancangan elemen lentur harus memenuhi persyaratan (SNI T-03-2005) :

$$M_u \leq \phi M_n \quad (8)$$

### 3.5 Perhitungan Nilai Kapasitas Sisa Jembatan

Perhitungan nilai kapasitas sisa jembatan berdasarkan pada pedoman yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga yaitu "Pedoman Penentuan Nilai Sisa Kapasitas Jembatan".

Rumus yang digunakan untuk menghitung RF dalam struktur adalah

$$RF = \frac{\phi R_n - \sum (\gamma_D x DL)}{\gamma_L x LL (1 + I)} \quad (9)$$

Dengan =:

$\phi$  = 0,8 untuk kuat lentur

$\phi$  = 0,75 untuk kuat geser

$\gamma_D$  = 1,3

$\gamma_L$  = 2,17 untuk *inventory rating factor*

= 1,3 untuk *operating rating factor*

Faktor kejut beban hidup (beban lalu lintas)

$$I = 1 + \frac{20}{(50 + L)} \quad (10)$$

Dengan  $L$  adalah panjang bentang jembatan dalam m.

## METODE PENELITIAN

### 4.1 Data Jembatan

1. Jenis jembatan = Jembatan rangka
2. Tipe jembatan = Calendar Hamilton
3. Lokasi = Keduwang, Imogiri
4. Panjang bentang = 104 m
5. Lebar jembatan = 9 m
6. Penampang *ribs* = V
7. Jenis *cutout* = tanpa *cutout*

### 4.2 Flowchart

Dari Gambar 4.2 tersebut diketahui bahwa hasil respon struktur yang menjadi parameter adalah tegangan, deformasi, dan fatigue dengan acuan AASHTO. Apabila hasil respon struktur tidak memenuhi acuan standar, maka diubah variasi input data sehingga didapatkan hasil yang memenuhi. Setelah mendapat variasi hasil yang memenuhi, proses dilanjutkan dengan memodelkan hasil OSD tersebut kedalam model jembatan secara utuh. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan gaya dalam dari struktur jembatan sehingga dapat dianalisis nilai RF.

### 4.3 Pemodelan Struktur

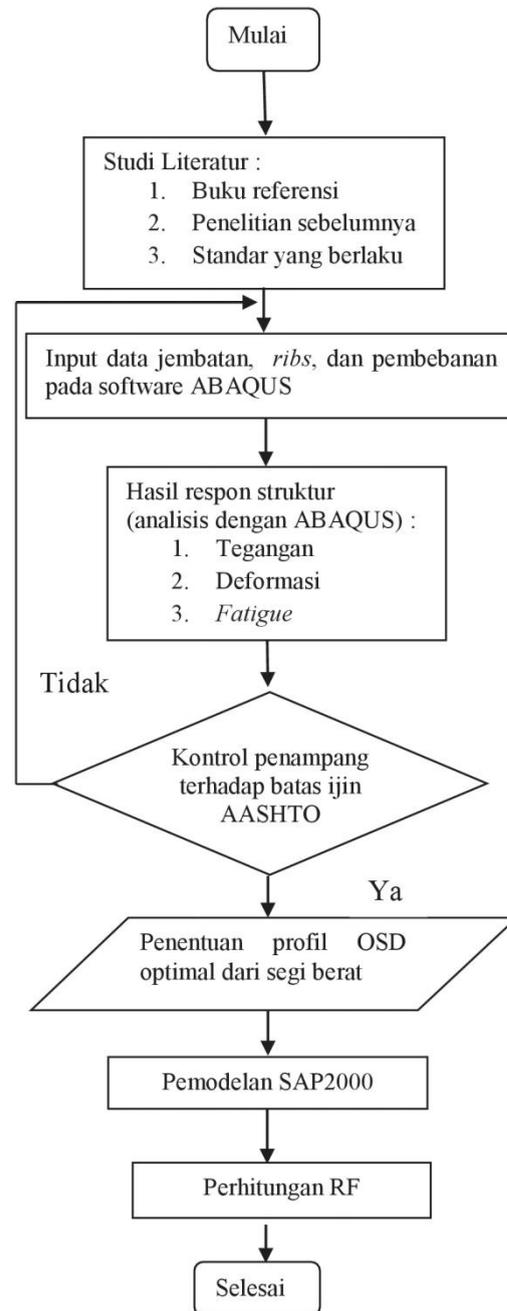
Pemodelan ABAQUS memperhatikan beberapa hal, diantaranya:

1. Pembuatan *part* untuk *ribs* dan pelat menggunakan *shell*.
2. Pembebanan dilakukan dengan memberikan beban merata pada permukaan pelat.
3. *Boundary condition* yang digunakan yaitu dipilih tumpuan *pinned*.

Dalam memodelkan OSD ke dalam SAP2000 digunakan pelat ekuivalen. Pertimbangan yang diperhatikan adalah:

1. Kekakuan  
Pada SAP2000 OSD dimodelkan menjadi pelat ekuivalen dengan *shell* yang

memiliki ketebalan tertentu. *Shell* dan OSD harus memiliki besar deformasi yang mendekati sama sehingga kekakuan OSD dapat diwakili dengan *shell* yang merupakan pelat ekuivalen ini.



Gambar 1 Flowchart

2. Massa  
Berat *shell* harus sama dengan berat OSD, sehingga BJ *shell* disesuaikan.

## ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Perhitungan Pembebanan

#### 1. *Strength Limit*

##### a. Beban mati

Faktor Beban Ultimit = 1,5

Tabel 3 Perhitungan beban mati tambahan

No	Jenis Beban	Tebal (m)	Berat (kN/m <sup>3</sup> )	Beban (kN/m')
1	Lapisan aspal+ove rlay	0,1	22	2,2
2	Air hujan	0,05	9,8	0,49
			Qma	2,69

Besar sebagai beban merata = 4,035 kN/m<sup>2</sup>

##### b. Beban truk "T" (TT)

Faktor Beban Ultimit = 1,75

Faktor dinamis = 33%

Beban T = 112,5 kN

Beban truk menjadi = 149,625 kN

Besar sebagai beban merata =

2618,4375 kN/m<sup>2</sup>

#### 2. *Service Limit*

Seperti hitungan pada *strength limit*, hanya berbeda pada faktor. Faktor layan dan faktor ultimit untuk *service limit* masing-masing 1,0 sedangkan faktor dinamis 33%. *Fatigue Limit*

Seperti hitungan pada *strength limit*, hanya berbeda pada faktor. Faktor layan dan faktor ultimit untuk *service limit* masing-masing 1,0 sedangkan faktor dinamis 15%

#### 3. Pembebanan SAP2000

Terdiri atas beban mati tambahan seperti pada *strength limit*, beban trotoar sebesar 7,56 kN/m dan beban hidup sesuai SNI T 2- 2005 berupa beban lajur D dan P atau beban truk. Beban lajur D 100% sebesar 5,798 kN/m<sup>2</sup>, beban lajur D 50% sebesar 2,889 kN/m<sup>2</sup>, dan beban garis P sebesar 63,7 kN/m. Beban truk yang diberikan yaitu as depan sebesar 25 kN, dan 112,5 kN untuk as tengah dan belakang.

## 5.2 Penentuan Pemodelan ABAQUS dan SAP2000

### 5.2.1 Penentuan Jumlah *Ribs*

Jumlah *ribs* ditentukan dengan membandingkan hasil tegangan dan deformasi dari dua *ribs* dan tiga *ribs*. Hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Dari Tabel 4 tersebut dapat diketahui bahwa tegangan yang terjadi pada dua *ribs* dan tiga *ribs* tidak mempunyai selisih yang besar. Sedangkan untuk nilai deformasi, dua *ribs* memiliki nilai deformasi yang lebih kecil daripada tiga *ribs*.

### 5.2.2 Penentuan Jumlah *Floor Beams*

Jumlah *floor beams* ditentukan dengan asumsi awal menganggap kebutuhan *floor beams* adalah dua atau tiga. Hasil perbandingan jumlah *floor beams* ini dapat dilihat pada Tabel 5.

Berdasarkan Tabel 5 tersebut, dua *floor beams* memberikan nilai tegangan yang lebih kecil daripada tiga *floor beams*, tetapi nilai deformasinya lebih besar. Hal ini menunjukkan jumlah *floor beams* membantu meningkatkan kekakuan struktur pelat.

### 5.2.3 Penentuan Jarak Antar *Ribs*

Mengacu pada FHWA dipilih dua jarak antar *ribs* dan dibandingkan hasilnya untuk mendapat jarak yang lebih efektif. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 6.

Dari hasil Tabel 6 tersebut, jarak 559 mm memberikan nilai tegangan yang lebih besar daripada jarak 610 mm. Oleh karena itu, dipilih jarak 610 mm dalam penelitian ini.

### 5.2.4 Uji Konvergensi *Mesh*

Uji konvergensi *mesh* bertujuan untuk mendapatkan besar *mesh* yang konvergen pada pemodelan pelat. Cara yang dilakukan adalah *trial and error*. Hasil dari coba-coba ini dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 2.

Tabel 4 Penentuan jumlah *ribs* dengan *floorbeams* 2 buah

Profil yang digunakan				2 ribs		3 ribs		Persentase selisih	
H (mm)	A (mm)	Tebal ribs (mm)	Tebal pelat (mm)	Stress (MPa)	U (mm)	Stress (Mpa)	U (mm)	Stress (MPa)	U (mm)
196	282	8	17	293,26	6,85	293,35	9,11	-0,03%	-33,05%
		9		292,13	6,34	292,39	8,33	-0,09%	-31,28%
		11		290,38	5,56	289,44	7,13	0,32%	-28,14%

Tabel 5 Penentuan jumlah floor beams dengan ribs 3 buah

Profil yang digunakan				2 floorbeams		3 floor beams		Persentase selisih	
h (mm)	a (mm)	Tebal ribs (mm)	Tebal pelat (mm)	Stress (MPa)	U (mm)	Stress (Mpa)	U (mm)	Stress (MPa)	U (mm)
196	282	8	17	293,42	9,50	294,85	6,08	-0,49%	35,96%
		9		292,74	8,67	294,28	5,50	-0,53%	36,64%
		11		289,63	7,43	293,39	4,62	-1,30%	37,83%

Tabel 6 Penentuan jarak antar ribs

Profil yang digunakan			Tegangan (MPa)		
a (mm)	Tebal ribs (mm)	Tebal pelat (mm)	Jarak antar ribs 559 mm	Jarak antar ribs 610 mm	Selisih tegangan (MPa)
312	8	15	310,74	293,58	17,15
	9		304,90	293,24	11,65
	11		301,71	290,59	11,12
	8	17	308,52	293,53	15,00
	9		304,51	293,20	11,31
	11		301,65	290,41	11,24
	8	18	308,27	293,49	14,78
	9		304,36	293,18	11,18
	11		301,65	290,32	11,33

Dari Tabel 7 dan Gambar 2 dapat dilihat bahwa *mesh* sebesar 50 mm memberikan hasil yang konvergen (garis sudah mulai linear) sehingga digunakan *mesh* sebesar 50 mm pada penelitian ini.

Dari pemodelan ABAQUS dengan didasarkan pada *fatigue limit* didapat variasi dimensi ketebalan *ribs* dan pelat. Dimensi ini kemudian dipilih yang optimal dari segi berat dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 8, Tabel 9, dan Tabel 10.

Dari Tabel 8, Tabel 9, dan Tabel 10 didapat 15 batas nilai tegangan fatik dan 10 variasi jembatan yang akan dianalisis nilai *rating factor* secara *inventory*. Rentang pengurangan berat yang terjadi cukup besar dengan pengurangan berat terkecil adalah 8,03% dan terbesar 45,71%. Rata-rata pengurangan beratnya adalah 28,86%. Berdasarkan analisis fatik dapat diketahui juga *trendline* pengurangan berat sendiri pelat terhadap umur rencana, seperti pada Gambar 3.

### 5.3 Perhitungan *Rating Factor* (RF)

Hasil perhitungan RF jembatan CH untuk nilai terkecil masing-masing elemen dapat dilihat pada Tabel 11, Tabel 12, dan Tabel 13.

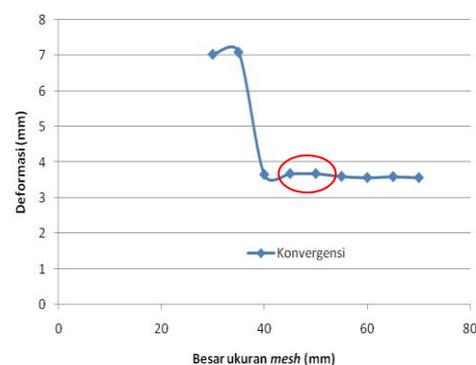
Tabel 11, Tabel 12, dan Tabel 13 menunjukkan besar nilai RF dan persentase kenaikannya. Pada elemen tekan semua nilai RF setelah *redecking* diatas 1,0 sedangkan pada elemen tarik ada 4 variasi jembatan yang mempunyai nilai RF dibawah 1,0 tetapi masih diatas 0,9. Batang lentur (*stringer*) sendiri mempunyai nilai RF yang jauh dibawah 1,0 sehingga batang *stringer* adalah batang yang paling kritis.

Besar penurunan pada setiap variasi jembatan OSD berbeda dikarenakan dimensi *ribs* dan pelat yang digunakan tidak linear perubahannya. Untuk elemen tarik, rata-rata kenaikan nilai RF sebesar 25,90% dengan kenaikan nilai RF terbesar 36,61% dan terkecil 12,51%. Untuk elemen tekan, rata-rata kenaikan nilai RF sebesar 23,86% dengan kenaikan nilai RF terbesar 33,69% dan terkecil 11,62%. Untuk elemen lentur,

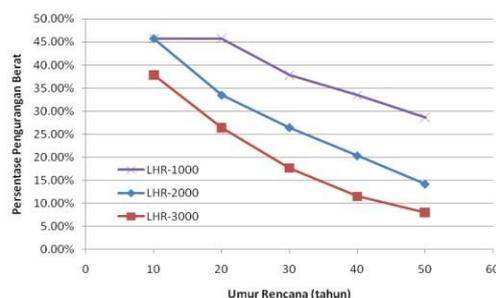
kenaikan nilai RF sebesar 32,9% dengan kenaikan nilai RF terbesar 46,47% dan terkecil 13,30%.

Tabel 5.5 Uji konvergensi *mesh*

Besar <i>mesh</i>	Tegangan (MPa)	Deformasi (mm)
70	184,242	3,56267
65	215,635	3,59012
60	221,617	3,56438
55	219,938	3,59726
50	245,34	3,67725
45	245,356	3,67628
40	279.,56	3,65065
35	292,3	7,09641
30	293,243	7,03736



Gambar 2 Uji konvergensi *mesh*



Gambar 3 Pengurangan Berat Sendiri

Tabel 8 Dimensi OSD untuk LHR-1000

No	Umur rencana	ADTT	N	A	Tegangan Ijin		Tegangan OSD (Mpa)	Pengurangan berat	Tebal ribs (mm)	Tebal pelat (mm)
					Ksi	MPa				
1	10	1000	1	4,4E+09	10,643	72,903	57,705	45,71%	16	20
2	20	1000	1	4,4E+09	8,447	57,863	57,705	45,71%	16	20
3	30	1000	1	4,4E+09	7,379	50,548	48,497	37,83%	19	22
4	40	1000	1	4,4E+09	6,705	45,926	45,555	33,45%	20	24
5	50	1000	1	4,4E+09	6,224	42,634	41,706	28,63%	22	24

Tabel 9 Dimensi OSD untuk LHR-2000

No	Umur rencana	ADTT	N	A	Tegangan Ijin		Tegangan OSD (Mpa)	Pengurangan berat	Tebal ribs (mm)	Tebal pelat (mm)
					Ksi	MPa				
1	10	2000	1	4,4E+09	8,447	57,863	57,705	45,71%	16	20
2	20	2000	1	4,4E+09	6,705	45,926	45,555	33,45%	20	24
3	30	2000	1	4,4E+09	5,857	40,120	38,504	26,42%	24	24
4	40	2000	1	4,4E+09	5,321	36,451	35,191	20,29%	26	26
5	50	2000	1	4,4E+09	4,940	33,838	32,329	14,16%	28	28

Tabel 10 Dimensi OSD untuk LHR-3000

No	Umur rencana	ADTT	N	A	Tegangan Ijin		Tegangan OSD (Mpa)	Pengurangan berat	Tebal ribs (mm)	Tebal pelat (mm)
					Ksi	MPa				
1	10	3000	1	4,4E+09	7,379	50,548	48,497	37,83%	19	22
2	20	3000	1	4,4E+09	5,857	40,120	38,504	26,42%	24	24
3	30	3000	1	4,4E+09	5,116	35,048	34,616	17,67%	26	28
4	40	3000	1	4,4E+09	4,649	31,843	31,796	11,54%	28	30
5	50	3000	1	4,4E+09	4,315	29,561	29,830	8,03%	30	30

Tabel 11 Nilai RF untuk LHR-1000

No	Umur rencana (tahun)	ADTT	Dimensi OSD (mm)		Rating Factor								
			Tebal ribs	tebal pelat	Batang Tarik			Batang Tekan			Batang Lentur		
					Nilai	Persentase kenaikan	Elemen	Nilai	Persentase kenaikan	Elemen	Nilai	Persentase kenaikan	Elemen
1	10	1000	16	20	1,14	36,61%	D-03	1,20	33,69%	D-03	0,28	46,47%	B-08
2	20	1000	16	20	1,14	36,61%	D-03	1,20	33,69%	D-03	0,28	46,47%	B-08
3	30	1000	19	22	1,10	31,57%	D-03	1,16	29,08%	D-03	0,27	40,88%	B-08
4	40	1000	20	24	1,08	28,84%	D-03	1,13	26,58%	D-03	0,26	36,59%	B-08
5	50	1000	22	24	1,06	26,55%	D-03	1,12	24,48%	D-03	0,25	34,21%	B-08

Tabel 12 Nilai RF untuk LHR-2000

No	Umur rencana (tahun)	ADTT	Dimensi OSD (mm)		Rating Factor								
			Tebal ribs	tebal pelat	Batang Tarik			Batang Tekan			Batang Lentur		
					Nilai	Persentase kenaikan	Elemen	Nilai	Persentase kenaikan	Elemen	Nilai	Persentase e kenaikan	Elemen
1	10	2000	16	20	1,14	36,61%	D-03	1,20	33,69%	D-03	0,28	46,47%	B-08
2	20	2000	20	24	1,08	28,84%	D-03	1,13	26,58%	D-03	0,26	36,59%	B-08
3	30	2000	24	24	1,04	24,26%	D-03	1,10	22,38%	D-03	0,25	31,74%	B-08
4	40	2000	26	26	1,01	20,32%	D-03	1,06	18,77%	D-03	0,24	26,33%	B-08
5	50	2000	28	28	0,97	16,42%	D-03	1,03	15,20%	D-03	0,23	19,89%	B-08

Tabel 13 Nilai RF untuk LHR-3000

No	Umur rencana (tahun)	ADTT	Dimensi OSD (mm)		Rating Factor								
			tebal ribs	tebal pelat	Batang Tarik			Batang Tekan			Batang Lentur		
					Nilai	Persentase kenaikan	Elemen	Nilai	Persentase kenaikan	Elemen	Nilai	Persentase kenaikan	Elemen
1	10	3000	19	22	1,10	31,57%	D-03	1,16	29,08%	D-03	0,27	40,88%	B-08
2	20	3000	24	24	1,04	24,26%	D-03	1,10	22,38%	D-03	0,25	31,74%	B-08
3	30	3000	26	28	0,99	18,68%	D-03	1,05	17,27%	D-03	0,23	23,36%	B-08
4	40	3000	28	30	0,96	14,77%	D-03	1,02	13,69%	D-03	0,22	16,88%	B-08
5	50	3000	30	30	0,94	12,51%	D-03	1,00	11,62%	D-03	0,21	13,30%	B-08

## KESIMPULAN

1. Dari ketiga analisis yang dilakukan pada segmen pelat jembatan rangka tipe CH dengan OSD sistem diketahui bahwa *fatigue limit state* adalah yang paling berpengaruh terhadap pemilihan tebal ribs dan pelat yang optimal berdasarkan berat.
2. Pengurangan berat rata rata adalah 28,86% dengan pengurangan berat terbesar adalah 45,71% dan terkecil adalah 8,03% dari 10 variasi jembatan.
3. Pada elemen tekan semua nilai RF setelah *redecking* diatas 1,0 sedangkan pada elemen tarik ada 4 variasi jembatan yang mempunyai nilai RF dibawah 1,0 tetapi msih diatas 0,9. Pada elemen lentur, *stringer* mempunyai nilai RF yang

jauh dibawah 1,0 sehingga *stringer* adalah batang yang paling kritis.

4. Untuk elemen tarik, rata-rata kenaikan nilai RF sebesar 25,90% dengan kenaikan nilai RF terbesar 36,61% dan terkecil 12,51%. Untuk elemen tekan, rata-rata kenaikan nilai RF sebesar 23,86% dengan kenaikan nilai RF terbesar 33,69% dan terkecil 11,62%. Untuk elemen lentur, kenaikan nilai RF sebesar 32,9% dengan kenaikan nilai RF terbesar 46,47% dan terkecil 13,30%.

## DAFTAR PUSTAKA

American Association of State Highway and Transportation Officials, (1994), *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C:

- Badan Standarisasi Nasional, (2005), *SNI T 03-2005 Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta
- American Institute of Steel Construction, (1963), *Design Manual for Orthotropic Steel Plate Deck Bridge*, American Institute of Steel Construction Inc, New York
- Direktorat Jenderal Bina Marga, (2011), *Pedoman Penentuan Nilai Sisa Kapasitas Jembatan*, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta
- Feng, X., (1996), *3D Finite Element Analysis of An Orthotropic Deck System*, Lehigh University Civil Engineering
- Kato, (2013), *Local Stress Behavior at Closed Rib to Crossbeam Connections in Orthotropic Steel Bridge Deck*, Department of Civil Engineering, Nagoya University, Japan
- Liao, J., (2011), *Fatigue Damage in the Orthotropic Steel Deck with Respect to the Trough-to-Deck Plate Joint in Between the Crossbeams*, Delft University of Technology Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft
- Manual for Design, Construction, and Maintenance of Orthotropic Steel Deck Bridge*, (2012), Department of Transportation Federal Highway Administration, United State
- Yarnold, M, (2005), *Trapezoidal Rib Orthotropic Bridge Deck Parametric Analysis*, Lehigh University Civil Engineering

## **EVALUASI DAN PERBAIKAN GEOMETRI JALAN PADA RUAS JALAN MAGELANG – YOGYAKARTA KM 22 – 22,6**

Prima Juanita Romadhona<sup>1</sup> dan Muhamad Reza Akbar<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

Email : prima\_dhona@uii.ac.id

### **ABSTRACT**

*Transportation is an activity or process to moving people or goods from one place to another. Nowadays, with the modern of transportation makes human activity will be more dynamic. Magelang – Yogyakarta street km 22 – km 22,6 is a national road that connect Yogyakarta province with Central Java. The location is a combination of two curves in different opposite direction. The purpose of the research was to evaluate the geometric condition compared from Bina Marga standard. The research method was using direct measurement of actual geometric condition, include horizontal and vertical curve, lane and roadside width using theodolite measuring instrument. Further analysis done by Bina Marga standard. The result that did not met the standard need to be repair geometrically. Analysis result showed that some lane and roadside width section did not met standard of radius by Minister Regulation of Public Works No. 19. Furthermore, all of vertical horizontal did not met standard of minimal length required by National Standardizations Agency. Thus, it needed to repair the horizontal curve by combining previous two curves of B and C based on standard requirement from National Standardizations Agency, that is 120 meter for speed plan 70 km/hours.*

**Key words :** *Horizontal Curve , Vertical Curve, Bend.*

### **PENDAHULUAN**

Transportasi merupakan bagian yang sangat penting dari kehidupan manusia, baik untuk kebutuhan pergerakan manusia maupun angkutan barang. Dengan semakin majunya transportasi tersebut maka aktivitas atau kegiatan manusia akan lebih dinamis. Transportasi darat merupakan sistem transportasi yang terbesar dan yang paling mendapat perhatian. Salah satu dari prasarana transportasi darat tersebut adalah jalan raya.

Jalan raya merupakan prasarana dari transportasi darat yang sangat penting dan tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia. Dengan demikian, rancangan geometri jalan harus dibuat dengan pertimbangan kenyamanan dan keamanan agar distribusi barang menjadi lancar. Untuk mewujudkan fungsi demikian tentunya jalan raya tersebut harus memiliki rancangan yang dibuat menurut pedoman – pedoman dan persyaratan – persyaratan yang sudah ditetapkan.

Jalan Magelang – Yogyakarta merupakan jalan nasional yang menghubungkan provinsi Yogyakarta dan provinsi Jawa Tengah. Ruas Jalan Magelang – Yogyakarta km 22 – km 22,6 merupakan gabungan dua tikungan dengan arah yang berbeda, yang langsung bertemu satu sama lain dengan sedikit adanya jalan lurus diantara kedua tikungan tersebut. Dalam perencanaan seharusnya jalan tersebut aman dan memenuhi standar keselamatan serta kelancaran lalu lintas. Sesuai dengan RSNI-T-14-2004 tikungan gabungan semestinya mempertimbangkan R1 dan R2, dimana  $R1 > R2$  jika tikungan gabungan balik arah disisipi bagian lurus sepanjang paling tidak  $> 30$  meter. Saat pengendara melintasi tikungan tersebut dengan kecepatan 60 km/jam atau lebih, kendaraan akan terasa terdorong keluar tikungan. Hal ini menyebabkan kenyamanan pada jalan tersebut berkurang. Maka perlu dilakukan penelitian untuk mengevaluasi dan memperbaiki perencanaan geometri di tikungan gabungan balik arah ruas jalan

Magelang – Yogyakarta km 22 – km 22,6 tersebut sesuai metode Bina Marga 1997.

Dirgantara (2014) melakukan evaluasi geometri jalan pada ruas Jalan Magelang – Yogyakarta Km 12,9 – Km 13,3 menggunakan metode Bina Marga 1997. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari lima tikungan hanya satu tikungan yang memenuhi untuk jarak pandang henti dan untuk kemiringan jalan serta alinyemen vertikal belum memenuhi standar Bina Marga 1997.

Wasta (2014) melakukan analisis geometri jalan pada ruas Jalan Ring Raod Selatan Yogyakarta Km 36,7 – Km 37,4 menggunakan metode Bina Marga 1997. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lebar bahu jalan, jarak pandang henti, jarak antar tikungan, kemiringan jalan, dan alinyemen vertikal belum memenuhi dengan standar Bina Marga 1997.

Zulfikar (2015) melakukan evaluasi geometri jalan pada ruas Jalan Wates - Yogyakarta Km 2,4 – Km 3,9 menggunakan metode Bina Marga 1997. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan rata – rata sebesar 63 km/jam melebihi nilai kecepatan rencana untuk jari-jari setiap tikungannya tiga dari empat tikungan sudah memenuhi standar Rc minimum.

## LANDASAN TEORI

### *Spot Speed*

*Spot speed* adalah salah satu metode pengambilan sampel kecepatan di lapangan. *Spot speed* adalah kecepatan sesaat kendaraan yang diukur ketika kendaraan melintas pada suatu titik yang di inginkan pada ruas jalan tertentu. Salah satu cara mengukur kecepatan sesaat kendaraan adalah menggunakan metode *Moving Car Observed* (MCO) yaitu metode pengukuran yang mengikut sertakan pengamat dalam kendaraan yang bergerak mengikuti arus lalu lintas. Kecepatan didapatkan menggunakan Persamaan 1.

$$SMS = \frac{x}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_1} \quad (1)$$

dengan :

$$\begin{aligned} SMS &= \text{Space Mean Speed / Kecepatan rata} \\ &\quad \text{– rata (km/jam),} \\ x &= \text{Jarak yang ditempuh,} \\ n &= \text{Jumlah sampel kendaraan, dan} \\ t_1 &= \frac{\text{waktu tempuh rata – rata}}{\text{sampel kendaraan}}. \end{aligned}$$

### Jarak Pandang Henti

Jarak pandang henti adalah jarak minimum yang diperlukan oleh pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat ada halangan di depan. Jarak pandang henti terdiri dari dua jarak, yaitu jarak tanggap dan jarak pengereman. JPH didapatkan menggunakan Persamaan 2.

$$\begin{aligned} JPH &= Jht + Jhr \\ &= \left( \frac{V}{3,6} \times t \right) + \left( \frac{(V/3,6)^2}{2 \cdot g \cdot f} \right) \end{aligned} \quad (2)$$

dengan :

$$\begin{aligned} V &= \text{Kecepatan rencana (km/jam),} \\ T &= \text{Waktu tanggap, ditetapkan Bina} \\ &\quad \text{Marga 2,5 detik,} \\ g &= \text{Percepatan gravitasi, 9,81 m/dt}^2, \text{ dan} \\ f &= \text{Koefisien gesek memanjang antara} \\ &\quad \text{ban dengan perkerasan aspal (Bina} \\ &\quad \text{Marga menetapkan nilai 0,30-0,40).} \end{aligned}$$

### DAERAH BEBAS SAMPING

Daerah bebas samping adalah ruang untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek – obyek penghalang sejauh E (m). Daerah babas samping didapatkan menggunakan Persamaan 3 dan Persamaan 4.

$$\begin{aligned} JPH &< Lt \\ E &= R \cdot \left( 1 - \cos \frac{90^\circ \cdot JPH}{\pi \cdot R} \right) \end{aligned} \quad (3)$$

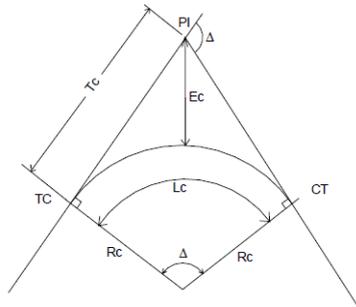
$$\begin{aligned} JPH &> Lt \\ E &= \left( R \cdot \left( 1 - \cos \frac{90^\circ \cdot JPH}{\pi \cdot R} \right) \right) + \\ &\quad \left( \frac{JPH - Lt}{2} \cdot \sin \frac{90^\circ}{\pi \cdot R} \right) \end{aligned} \quad (4)$$

dengan :

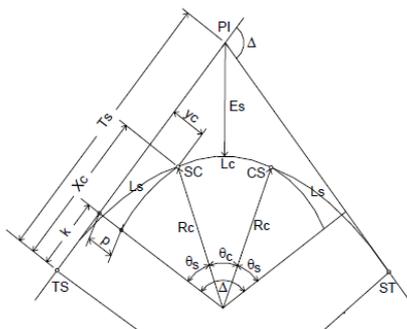
- E = Ruang bebas samping (m),
- R = Jari-jari tikungan (m),
- JPH = Jarak Pandang Henti (m), dan
- Lt = Panjang tikungan (m).

**Alinyemen Horizontal**

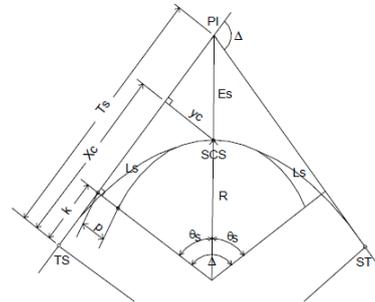
Alinyemen horisontal adalah perubahan badan jalan oleh kebutuhan pemakai jalan yang akan diproyeksikan tegak lurus bidang datar. Tikungan terdiri dari tiga jenis tikungan yaitu *Full Circle* (FC), *Spiral - Circle - Spiral* (SCS), *Spiral - Spiral* (SS). Penjelasan dari ketiga jenis tikungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 3.



Gambar 1 Tikungan *Full Circle* (FC)



Gambar 2 Tikungan *Spiral - Circle - Spiral* (SCS)



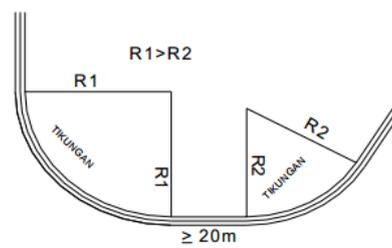
Gambar 3 Tikungan *Spiral - Spiral* (SS)

**Superelevasi**

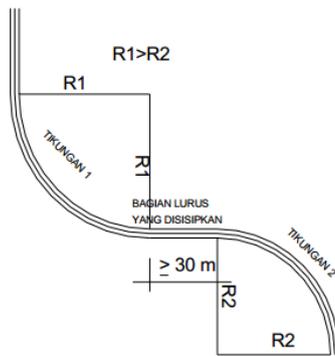
Superelevasi adalah kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima kendaraan pada saat berjalan melalui tikungan pada kecepatan. Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada jalan lurus hingga kemiringan maksimal pada tikungan penuh.

**Tikungan Gabungan**

Pada perencanaan alinyemen horisontal dikenal dua macam tikungan gabungan, yaitu tikungan gabungan searah dan tikungan gabungan balik arah. Tikungan gabungan searah adalah gabungan antar dua atau lebih tikungan dengan arah putaran sama tetapi dengan jari-jari yang berbeda, sedangkan tikungan gabungan balik arah adalah gabungan dari dua tikungan atau lebih arah putaran yang berbeda. Gambar untuk tikungan gabungan searah dapat dilihat pada Gambar 4 dan balik arah dapat dilihat pada Gambar 5.



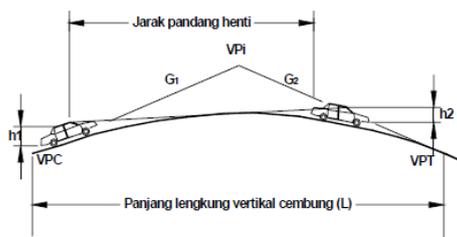
Gambar 4 Tikungan Gabungan Searah



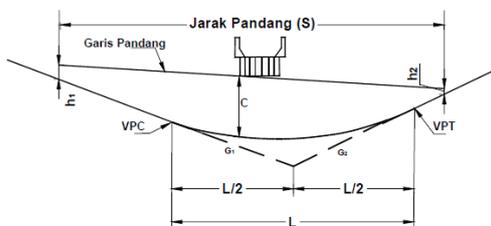
Gambar 5 Tikungan Gabungan Balik Arah

**Alinyemen Vertikal**

Alinyemen vertikal adalah perencanaan elevasi sumbu jalan pada setiap titik yang ditinjau, berupa profil memanjang. Kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan) sering ditemui pada perencanaan vertikal, sehingga terdapat kombinasi berupa lengkung cembung dan lengkung cekung. Ada pula kelandaian = 0 (datar) yang ditemui dalam perencanaannya. Lengkung vertikal cembung dapat dilihat pada Gambar 6 dan lengkung vertikal cekung dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6 Lengkung Vertikal Cembung

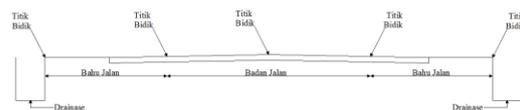


Gambar 7 Lengkung Vertikal Cekung

**METODOLOGI**

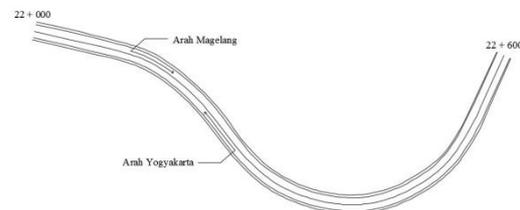
Metode yang digunakan dalam analisis data yaitu metode perbandingan, dimana metode perbandingan ini membandingkan hasil data yang telah didapat di lapangan dengan pedoman – pedoman yang berasal dari Bina Marga (1997). Pengambilan data dilakukan dengan pengukuran langsung di lapangan untuk data yang berkaitan dengan fisik jalan seperti lebar lajur, lebar bahu, data lalu lintas, kecepatan lapangan, dan jari-jari kelengkungan.

Data pemetaan didapatkan menggunakan alat *theodolith*. Data tersebut meliputi koordinat dan elevasi dari trase jalan. Sketsa Titik pembidikan potongan melintang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Titik Pembidikan Potongan Melintang Jalan

Kecepatan kendaraan, didapatkan dengan mengukur waktu yang ditempuh kendaraan ketika melewati ruas jalan. *Survey Moving Car Observed (MCO)* dilakukan dengan mengambil 100 sampel kendaraan mobil penumpang mulai dari km 22 – km 22,6 dan sebaliknya. Pencarian data menggunakan alat ukur waktu, dengan menggunakan *stopwatch*. Ruas jalan yang dilewati sampel kendaraan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Ruas Jalan yang diteliti

Data volume lalu lintas didapatkan dengan survey lapangan menggunakan alat hitung counter. Pengumpulan data dilakukan selama 2 hari dengan interval waktu tiap 15 menit.

## ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

### Volume Lalu Lintas

Data jumlah kendaraan yang lewat sesuai dengan pengelompokan kendaraan kemudian dirubah menjadi satuan mobil penumpang dengan mengalikan jumlah kendaraan dengan angka ekivalensi mobil penumpang sesuai dengan pengelompokan kendaraan. Didapat volume lalu lintas hari Senin, 08 Mei 2016 sebesar 56144,5 SMP/hari dan hari Minggu, 15 Mei sebesar 57363,5 SMP/hari. Volume lalu lintas rata – rata didapatkan sebesar 56754 SMP/hari. Lokasi penelitian merupakan jenis jalan bermedankan datar, maka dari volume lalu lintas harian rata – rata dan medan jalan dapat disimpulkan bahwa jalan tersebut meruakan jenis jalan Arteri kelas III.

### Lebar Jalan

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 19 Tahun 2011 untuk fungsi jalan arteri kelas III, maka didapatkan lebar lajur ideal sebesar 3,5 m dan lebar bahu luar minimum sebesar 2 m. Data lebar lajur dan lebar bahu yang didapatkan dari pengukuran lapangan dibandingkan dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 19 Tahun 2011 tersebut.

1. Lebar Lajur  
Didapatkan hanya 16 % titik lebar lajur yang memenuhi standar kelayakan lebar lajur sebagai jalan arteri kelas III.
2. Lebar Bahu  
Didapatkan 80,36 % titik sudah memenuhi standar kelayakan lebar bahu sebagai jalan arteri kelas III.

### Kecepatan Lapangan

Ruas Jalan Magelang – Yogyakarta km 22 – km 22,6 merupakan jalan raya bermedan datar. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 19 (2011) kecepatan rencana untuk jalan raya bermedan datar adalah 60 – 120 km/jam. Hasil pengukuran lapangan didapat kecepatan sebesar 60 km/jam, sehingga masih memenuhi

kecepatan rencana jalan raya bermedan datar.

### Jarak Pandang Henti

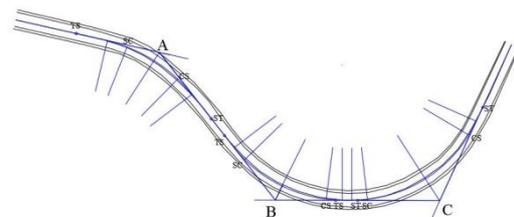
Hasil analisis didapatkan kecepatan sebesar 60 km/jam. Berdasarkan Badan Standarisasi Nasional (2004) JPH minimum untuk kecepatan 60 km/jam adalah 85 m. Kemudian JPH minimum dibandingkan dengan JPH yang ada di lapangan. Jarak pandang henti menurut pengukuran di lapangan pada semua tikungan tidak memenuhi syarat karena kurang dari JPH minimum. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

### Jarak Pandang Mendahului

Hasil analisis didapatkan kecepatan sebesar 60 km/jam. Maka dihitung nilai JPM yang sesuai dengan kecepatan yaitu sebesar 345,80 m. Berdasarkan Bina Marga (1997) untuk kecepatan 60 km/jam memiliki JPM minimum sebesar 350 m. JPM perhitungan tidak memenuhi persyaratan dikarenakan kirang dari JPM minimum dan berdasarkan marka di lapangan memang pada tikungan gabungan tersebut tidak boleh mendahului.

### Alinyemen Horisontal

Hasil pengukuran geometri kemudian digambarkan menggunakan program *AutoCad* dan didapatkan 3 lengkung horisontal. Hasil pengukuran tersebut kemudian dibandingkan dengan standar minimum untuk lengkung horisontal. Gambar alinyemen horisontal dapat dilihat pada Gambar 10. Rekapitulasi perhitungan alinyemen horisontal dapat dilihat pada Tabel 2 dan perbandingan lengkung horisontal tersedia dengan standar minimum dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 10 Alinyemen Horisontal

Tabel 1. Perbandingan JPH Menurut Kecepatan Lapangan dengan JPH Tersedia

Tikungan	JPH Menurut Kecepatan Lapangan (m)	JPH Tersedia (m)	Keterangan
A	85	77,18	Tidak Memenuhi
B	85	77,90	Tidak Memenuhi
C	85	74,00	Tidak Memenuhi

Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan Alinyemen Horisontal

Data	Tikungan		
	A	B	C
Tipe Tikungan	S – C – S	S – C – S	S – C – S
$\Delta$ ( $^{\circ}$ )	39,24	52,22	65,68
Rc (m)	143	143	130
Ls (m)	40	30	30
$\theta_s$ ( $^{\circ}$ )	8,01	6,01	6,61
$\Delta c$ ( $^{\circ}$ )	23,22	40,20	52,46
Xc (m)	39,92	29,96	29,96
Yc (m)	1,87	1,05	1,15
p (m)	0,47	0,26	0,29
k (m)	19,99	14,99	14,99
Lc (m)	57,95	100,35	119,04
Ts (m)	71,13	85,21	99,09
Es (m)	9,31	16,55	25,07

Tabel 3. Perbandingan Jari-Jari dan Ls Minimum dengan yang Tersedia

Tikungan	Jari-Jari Minimum Bina Marga (m)	Jari-Jari Tersedia (m)	Keterangan	Ls Standar Minimum Bina Marga (m)	Ls Tersedia (m)	Keterangan
A	135	143	Memenuhi	70	40	Tidak Memenuhi
B	135	143	Memenuhi	70	30	Tidak Memenuhi
C	135	130	Tidak Memenuhi	70	30	Tidak Memenuhi

Jari-jari minimum untuk kecepatan lapangan 60 km/jam adalah 135 m. Tikungan A dan B sudah memenuhi standar jari-jari minimum sedangkan tikungan C belum memenuhi standar jari-jari minimum. Nilai Ls yang tersedia semuanya tidak memenuhi standar Bina Marga untuk kecepatan 60 km/jam yaitu 70 m.

Jarak antar tikungan untuk tikungan A - tikungan B sebesar 14,01 m tidak memenuhi standar untuk tikungan balik arah yaitu 30 m dan tikungan B - tikungan

C tidak memenuhi standar untuk tikungan searah yaitu 20 m karena kedua tikungan tersebut berhimpit.

### Daerah Bebas Samping

Daerah bebas samping yang tersedia pada semua tikungan tidak memenuhi kebutuhan daerah bebas samping seharusnya menurut jarak pandang henti dan kecepatan lapangan karena lebih kecil. Hasil perhitungan daerah bebas samping tikungan dapat dilihat pada pada Tabel 4 dan perbandingan daerah

bebas samping seharusnya dengan yang tersedia dapat dilihat pada Tabel 5.

### Superelevasi

Dari hasil analisis superelevasi didapatkan bahwa semua tikungan memiliki kemiringan superelevasi lebih kecil dari kemiringan seharusnya. Perbandingan kebutuhan superelevasi sesuai standar Bina Marga dengan kondisi di lapangan dapat dilihat pada Tabel 6.

### Pelebaran Tikungan

Besarnya pelebaran tikungan bergantung pada jari-jari tikungan tersebut.

Berdasarkan hasil perbandingan dapat disimpulkan semua tikungan membutuhkan pelebaran. Hasil perhitungan pelebaran tikungan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan Daerah Bebas Samping

Data	Tikungan		
	A	B	C
Rc (m)	143	143	130
Lc (m)	57,95	100,35	119,04
Ls (m)	40	30	30
JPH (m)	85	85	85
L Total (m)	137,95	160,35	179,04
JPH >< Ltotal	JPH < Ltotal	JPH < Ltotal	JPH < Ltotal
E (m)	6,27	6,27	6,89

Tabel 5. Perbandingan Daerah Bebas Samping Seharusnya dengan yang Tersedia

Tikungan	Ruang Bebas Samping (m)		Keterangan
	Berdasarkan Kecepatan Lapangan	Berdasarkan Kondisi Existing	
	A	6,27	
B	6,27	5,87	Tidak Memenuhi
C	6,89	6,28	Tidak Memenuhi

Tabel 6. Rekapitulasi Analisis Superelevasi

Tikungan	Jari-Jari (m)	Superelevasi		Keterangan
		Standar Bina Marga (%)	Existing (%)	
A	143	4,8	6,74	Tidak Memenuhi
B	143	4,8	3,83	Tidak Memenuhi
C	130	6,8	3,68	Tidak Memenuhi

Tabel 7 Rekapitulasi Perhitungan Pelebaran Tikungan

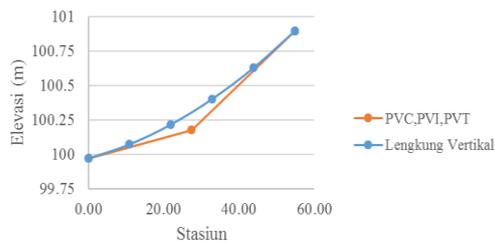
Parameter	Tikungan A	Tikungan B	Tikungan C
R (m)	143	143	130
b (m)	2,5	2,5	2,5

Lanjutan Tabel 7 Rekapitulasi Perhitungan Pelebaran Tikungan

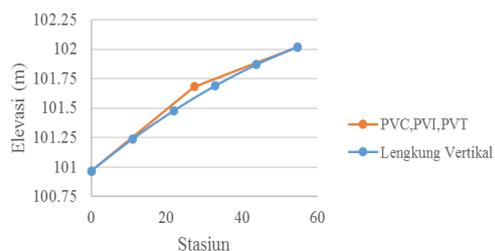
Parameter	Tikungan A	Tikungan B	Tikungan C
V <sub>r</sub> (km/jam)	60	60	60
n	4	4	4
B <sub>n</sub> (m)	12,75	12,3	12,3
C (m)	0,5	0,5	0,5
B (m)	2,72	2,72	2,74
Z (m)	0,53	0,53	0,55
B <sub>t</sub> (m)	13,41	13,41	13,53
Δb (m)	0,66	1,11	1,23
B <sub>n</sub> >> B <sub>t</sub>	B <sub>n</sub> < B <sub>t</sub>	B <sub>n</sub> < B <sub>t</sub>	B <sub>n</sub> < B <sub>t</sub>
Keterangan	Perlu Pelebaran	Perlu Pelebaran	Perlu Pelebaran

### Alinyemen Vertikal

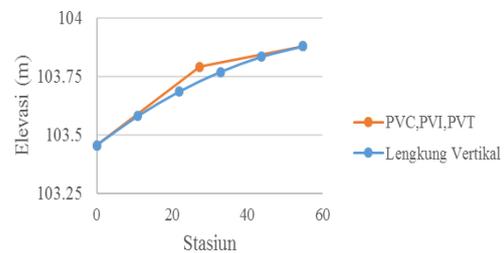
Dari data elevasi jalan didapatkan 4 kelandaian dan terdapat 3 PPV dikarenakan rata – rata kelandaian pada ruas jalan tersebut adalah datar. Jika ditinjau berdasarkan kelandaian, ruas jalan tersebut sudah memenuhi SNI (2004) karena melebihi dari kelandaian untuk kecepatan 60 km/jam yaitu 6 %. Namun jika ditinjau berdasarkan lengkung vertikal, ruas jalan tersebut belum memenuhi SNI (2004) karena kurang dari standar panjang minimum lengkung vertikal kecepatan 60 km/jam yaitu 105 m. Gambar alinyemen vertikal dapat dilihat pada Gambar 11 sampai Gambar 13.



Gambar 11 Alinyemen Vertikal PPV 1



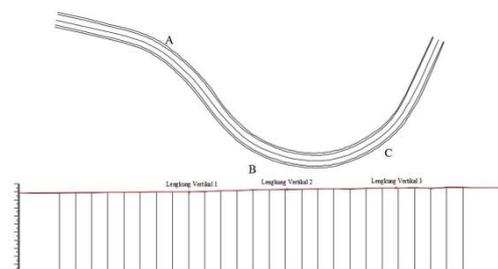
Gambar 12 Alinyemen Vertikal PPV 2



Gambar 13 Alinyemen Vertikal PPV 3

### Koordinasi Alinyemen Horizontal & Vertikal

Ruas jalan Magelang - Yogyakarta km 22 – km 22,6 untuk semua tikungan memiliki koordinasi alinyemen yang ideal dikarenakan satu lengkung horisontal memiliki satu lengkung vertikal. Koordinasi alinyemen horisontal dan alinyemen vertikal dapat dilihat pada Gambar 14.

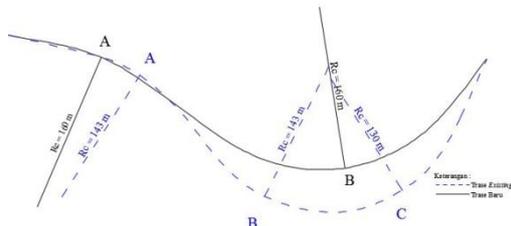


Gambar 14 Koordinasi Alinyemen Horizontal &amp; Alinyemen Vertikal

### Perbaikan Geometri Jalan

Direncanakan trase baru memiliki kecepatan rencana 70 km/jam. Penentuan trase baru direncanakan hanya 2 tikungan

dikarenakan jari-jari minimum yang besar dan pendeknya trase jalan sebelumnya. Perbandingan trase *existing* dengan desain trase baru dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15 Perbandingan Trase *Existing* dengan Desain Trase Baru

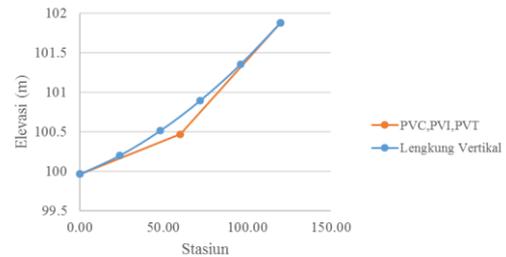
Hasil perhitungan perbaikan alinyemen horizontal trase baru dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Rekapitulasi Perhitungan Alinyemen Horizontal Trase Baru

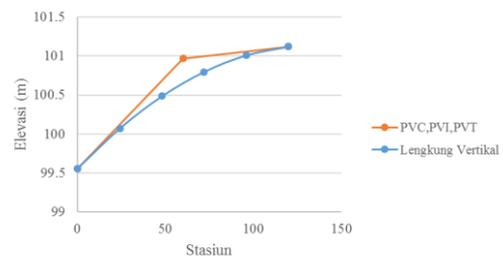
Data	Tikungan	
	A	B
Tipe Tikungan	S - S	S - C - S
$\Delta$ ( $^{\circ}$ )	26,16	90,11
Rc (m)	160	160
Ls (m)	75	80
$\alpha_s$ ( $^{\circ}$ )	13,08	14,32
$\Delta_c$ ( $^{\circ}$ )	-	61,47
Xc (m)	72,68	79,5
Yc (m)	5,86	6,67
p (m)	1,71	1,69
k (m)	38,38	39,92
Lc (m)	-	171,67
Ts (m)	73,95	201,93
Es (m)	6,02	68,89

Direncanakan lengkung vertikal trase baru memiliki kecepatan rencana 70 km/jam. Menurut BSN (2004), untuk kecepatan 70 km/jam memiliki panjang lengkung vertikal minimum 120 m. Gambar alinyemen

vertikal trase baru dapat dilihat pada Gambar 16 sampai Gambar 1.



Gambar 16 Alinyemen Vertikal PPV 1 Trase Baru



Gambar 17 Alinyemen Vertikal PPV 2 Trase Baru

## KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan, dapat disimpulkan untuk kondisi ruas jalan Magelang – Yogyakarta km 22 – km 22,6 yaitu kecepatan lapangan sebesar 60 km/jam sudah sesuai Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 19 tahun 2011 untuk jalan raya bermedan datar yaitu sebesar 60 km/jam – 120 km/jam. Lebar lajur jalan yang memenuhi standar kelayakan lebar lajur sebagai jalan arteri kelas III yaitu 3,5 m hanya 16 % dari total lebar lajur yang ada. Lebar bahu jalan yang memenuhi standar kelayakan lebar lajur sebagai jalan arteri kelas III yaitu 2 m sebesar 80,36 % dari total lebar bahu yang ada. JPH yang tersedia untuk semua tikungan belum memenuhi karena lebih kecil dari JPH minimum yaitu 85 m. Jari-jari minimum untuk kecepatan lapangan 60 km/jam adalah 135 m. Tikungan A dan B sudah memenuhi standar jari-jari minimum, sedangkan tikungan C tidak memenuhi standar jari-jari minimal. Jarak antar

tikungan untuk tikungan A - tikungan B sebesar 14,01 m tidak memenuhi standar untuk tikungan balik arah yaitu 30 m dan tikungan B - tikungan C tidak memenuhi standar untuk tikungan searah yaitu 20 m karena kedua tikungan tersebut berhimpit. Daerah bebas samping yang tersedia untuk semua tikungan tidak memenuhi standar kebutuhan daerah bebas samping seharusnya menurut JPH dan kecepatan lapangan karena lebih kecil. Superelevasi yang didapatkan tikungan A memiliki superelevasi lebih besar dari kemiringan seharusnya sedangkan tikungan B dan C memiliki kemiringan superelevasi lebih kecil dari kemiringan seharusnya yang menunjukkan bahwa kemiringan tikungan B dan C belum memenuhi standar keamanan untuk mengimbangi gaya sentrifugal. Alinyemen vertikal didapatkan sebanyak 3 PPV, dimana semua lengkung vertikal yang ada di lapangan tidak memenuhi standar kebutuhan lengkung vertikal seharusnya menurut Badan Standarisasi Nasional (2004) untuk kecepatan 60 km/jam yaitu 105 m.

Perbaikan trase direncanakan memiliki kecepatan rencana 70 km/jam. Jari-jari minimum untuk kecepatan 70 km/jam adalah 154 m. Perbaikan trase direncanakan dengan dua tikungan dimana tikungan A berjenis *Spiral - Spiral* dengan  $R_c = 160$  m dan tikungan B berjenis *Spiral - Circle - Spiral* dengan  $R_c = 160$  m dan  $L_s = 80$  m. Superelevasi kedua tikungan memiliki kemiringan yang sama yaitu 9,9 %. Alinyemen vertikal direncanakan 2 PPV dengan lengkung vertikal yang memenuhi ketetapan Badan Standarisasi Nasional (2004) untuk kecepatan 70 km/jam sebesar 120 m.

## DAFTAR PUSTAKA

- Standar Nasional Indonesia, (2004), *Geometrik Jalan Perkotaan*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Dirgantara, A.M.P.P., (2014), *Evaluasi dan Perbaikan Geometri Jalan pada Ruas Jalan Magelang – Yogyakarta km 12,9 – km 13,3*, Tugas Akhir (Tidak Diterbitkan), Yogyakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, (1997), *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota*, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
- Google Maps., (2016), “Jalan Magelang - Yogyakarta”(<https://www.google.co.id/maps/@7.6293947,110.3202559,17.5z?hl=id> diakses Mei 2016)
- Hendarsin, S.L., (2000), *Perencanaan Teknik Jalan Raya*, Politeknik Negeri Bandung, Bandung.
- Kementerian Pekerjaan Umum, (2011), *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 19 Tahun 2011*, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Sukirman, S., (1999), *Dasar Dasar Perencanaan Geometri Jalan*, Nova, Bandung.
- Wasta, Androsario. S., (2014), *Analisis Kelayakan Geometri Jalan Pada Ruas Jalan Ring Road Selatan Yogyakarta Km 36,7 – 37,4*, Tugas Akhir (Tidak Diterbitkan), Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Zulfikar, dan Yoga, A., (2015), *Evaluasi Geometri Jalan pada Ruas Jalan Wates – Yogyakarta km 2,4 – km 3,9*, Tugas Akhir (Tidak Diterbitkan), Yogyakarta.

## **KAJIAN ANALISIS RISIKO BENCANA TANAH LONGSOR DI DESA TERONG KECAMATAN DLINGO KABUPATEN BANTUL**

Sri Aminatun<sup>1</sup>, Yunalia Muntafi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam  
Indonesia, Indonesia

email: 075110501@uii.ac.id

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam  
Indonesia, Indonesia

email: yunalia@uii.ac.id

### **ABSTRACT**

*Bantul Regency has 16 landslides-prone villages located on the ridge morphology of the hills in the eastern region and a small part of the western region of Bantul regency. Based on the landslide map from BPBD in 2011, Terong village is one of the villages in Bantul regency which experienced high intensity of landslide, so the risk analysis of landslide in detail is needed as one of the disaster mitigation efforts in that region. This study aims to identify residents who are in the landslide threat zone, both in a high threat zone and medium threat zone. The method used in this research is descriptive method with qualitative approach used to give a clear picture about the number of citizens in each zonation. Sources of data used are primary and secondary data sources through interviews and documentation. The results of the study indicate that 1) the number of household in the high risk red zone is 1 household, in the yellow risk zone is 22 household, and in the green risk zone is 1 household; 2) Terong village has a high threat, medium vulnerability, and high capacity, which means that it has a medium risk value.*

**Keywords:** *landslide, mitigation, disaster risk zonation*

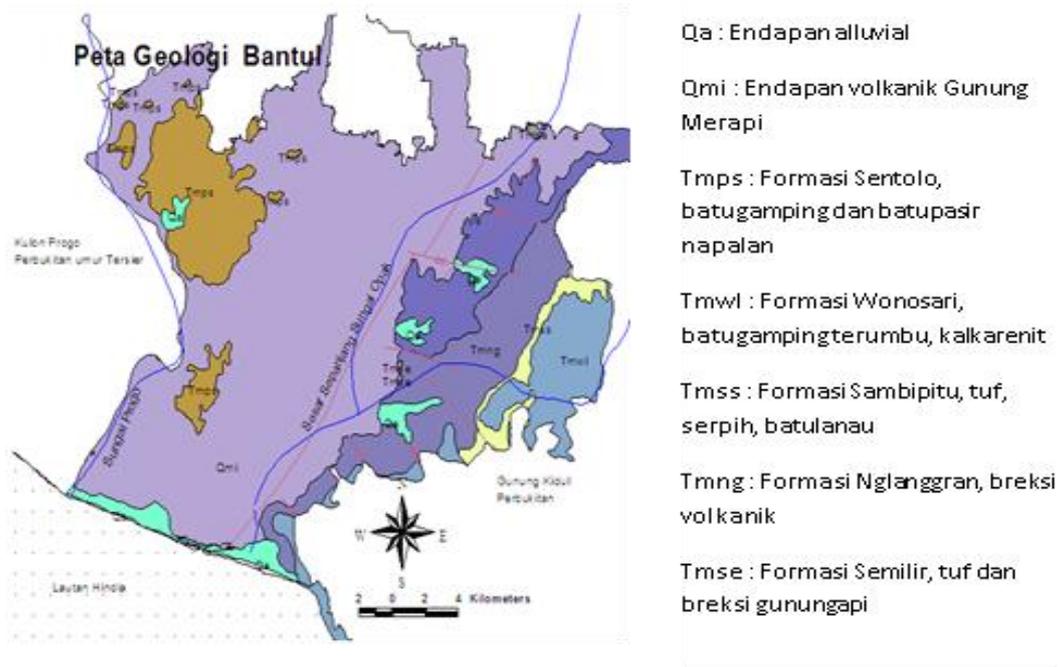
### **PENDAHULUAN**

Bantul merupakan salah satu kabupaten di Yogyakarta yang selain rawan gempa bumi, juga rawan terhadap tanah longsor. Secara umum desa-desa di Kabupaten Bantul yang rawan longsor terletak pada morfologi perbukitan di wilayah timur dan sebagian kecil di wilayah barat dari Kabupaten Bantul. Berdasarkan penelitian terdahulu dan atas dasar pengamatan lapangan, secara garis besar stratigrafi daerah Pegunungan Selatan dapat dinyatakan dalam dua macam urutan, yang pertama adalah stratigrafi bagian barat, yang bersumber pada hasil penelitian Bothe (1929), sedangkan urutan stratigrafi pada bagian timur yaitu bagian yang terletak di sebelah selatan dan tenggara depresi (graben) Wonogiri-Baturetno.

Daerah Kabupaten Bantul yang termasuk dalam Pegunungan Selatan bagian barat secara umum tersusun oleh batuan yang hampir seluruhnya terbentuk oleh batuan endapan karena gaya berat (*gravity depositional processes*) setebal kurang lebih 4000m yang hampir seluruhnya mempunyai kemiringan ke selatan. Urutan stratigrafi mulai dari tua ke muda adalah: formasi Kebo-Butak, formasi Semilir, formasi Nglanggran, formasi Sambipitu, formasi Oya, formasi Wonosari, dan formasi Kepek yang secara lebih detail disajikan pada Gambar 1.

Desa Terong adalah salah satu desa di kabupaten Bantul yang sering mengalami longsor.

Kondisi geologi lokasi rawan longsor di Kabupaten Bantul adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Peta sebaran formasi stratigrafi di Kabupaten Bantul

1. Umumnya berada pada morfologi lereng yang curam hingga sangat curam
2. Penduduk tinggal di bagian bawah suatu tebing bukit yang memanjang hampir timurlaut-baratdaya dengan lereng mencapai 90 derajat
3. Lereng tersusun atas tuf dengan ketebalan pelapukan yang sangat tipis dan memiliki densitas relatif rendah (relatif gembur)
4. Pada bagian kaki bukit terdapat lereng yang landai yang kemungkinan besar merupakan hasil akumulasi material runtuh batuan (yang berlangsung puluhan hingga ratusan tahun) dari yang berukuran halus hingga berukuran bongkah yang belum terkonsolidasi atau umumnya disebut sebagai kolumial
5. Tuf umumnya terkekarkan dan telah mengalami pelapukan (lapuk ringan hingga lapuk kuat), membentuk retakan-retakan yang cukup rapat hingga sebagian luruh sebagai kerikil-kerakal, khususnya dalam kondisi kering.

Oleh karena itu, dalam rangka mitigasi bencana tanah longsor tersebut, diperlukan

kajian analisis risiko bencana tanah longsor sesuai UU No.24 tahun 2007 dan United Nation-International Strategi for Disaster Reduction (UN-ISDR), 2007 dalam rangka mengimplementasikan Kerangka Kerja Sendai untuk Pengurangan Risiko Bencana (2015-2030).

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui jumlah rumah (KK) yang berada di masing-masing zona risiko bencana (merah, kuning, hijau) dan mengetahui nilai masing-masing parameter sebagai penentu nilai risiko bencana tanah longsor di desa Terong, Dlingo.

#### KAJIAN PUSTAKA

Kajian analisis risiko bencana dengan melakukan pemetaan risiko bencana belum ada standarisasi yang baku dalam penyusunan peta risiko bencananya sehingga setiap lembaga atau institusi memiliki metode yang berbeda. Begitupula dengan pengkajian analisis risiko bencana longsor yang dilakukan pada Desa Terong.

Pemetaan risiko bencana longsor pada penelitian ini memiliki kriteria dan parameter tertentu yang mungkin tidak jauh

berbeda dengan lembaga-lembaga dan institusi-institusi lain tetapi tetap memiliki prinsip parameter kajian peta dasar yang sama. Beberapa penelitian yang telah dilakukan dan dijadikan referensi pada penelitian ini antara lain sebagai berikut ini.

1. Penelitian yang dilakukan oleh Pusat Studi Bencana Alam A), Universitas Gadjah Mada pada tahun 2001 dengan judul Penyusunan Sistem Informasi Penanggulangan Bencana Alam Tanah Longsor di Kab. Kulon Progo, Yogyakarta yang menghasilkan peta risiko bencana tanah longsor Kab. Kulon Progo.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Badan Perencana Daerah (BAPEDA) Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta tahun 2008 dengan judul Metode Pemetaan Risiko Bencana Prov. Daerah Istimewa Yogyakarta. Hasil penelitian adalah peta risiko bencana prov. DIY secara global.
3. Penelitian oleh Pusat Studi Bencana UPN Veteran Yogyakarta dengan topik Pemetaan Risiko Bencana, Yogyakarta tahun 2009.

Penelitian-penelitian yang telah dilakukan tersebut masih dalam bentuk global, sehingga perlu dilakukan penelitian yang lebih detail terkait kajian risiko bencana, khususnya bencana tanah longsor.

### Analisis Risiko Bencana

Kajian risiko bencana longsor didasarkan pada tiga parameter sesuai formula yang disepakati dalam *Hyogo Framework for Action* yaitu:

$$R = \frac{H}{C} x V \quad (1)$$

dengan:

R = *Risk* (Risiko)

H = *Hazard* (Ancaman)

C = *Capacity* (Kapasitas)

V = *Vulnerability* (Kerentanan)

Dalam kajian analisis risiko bencana longsor ini tidak hanya berdasarkan pertimbangan ilmiah semata tetapi juga mempertimbangan

pola partisipatif yang melibatkan masyarakat sebagai subjek sekaligus objek kajian serta pemangku kepentingan ditingkat Desa dan Kabupaten. Hal ini dimaksudkan bahwa dalam melakukan kajian risiko bencana tidak hanya bersifat parsial tetapi juga dilakukan secara holistik sebagai bentuk pembelajaran bersama.

### Peta Risiko Bencana

Penyusunan pemetaan risiko bencana tanah longsor ini menggunakan 3 kelas skoring dan metode pembobotan untuk masing-masing parameter. Pembobotan komponen penyusunan peta risiko tanah longsor dilakukan berdasarkan Perka No.2 tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana.

### Pembobotan Parameter Ancaman

Pembobotan parameter ancaman yang dilakukan berdasarkan Perka No.2 tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana disajikan pada Tabel 1.

Penilaian dari pembobotan parameter pengaruh tanah longsor dilakukan dengan *Weighted Method* yaitu dengan memperhitungkan jumlah nilai maksimal pembobotan dikurangi dengan jumlah nilai minimal pembobotan. Hasil pengurangan ini dibagi dengan jumlah kelas yang diinginkan yang dalam hal ini kita membaginya menjadi 3 kelas kemudian akan dihasilkan interval skor kriteria bahaya sebagai berikut:

$$\text{Interval} = \frac{\text{Skor Max} - \text{Skor Min}}{3} \quad (2)$$

$$\text{Interval} = \frac{45 - 15}{3} = 10$$

Berdasarkan hasil skor tersebut, dapat dibuat interval zona ancaman seperti yang disajikan pada Tabel 2.

### Pembobotan Parameter Kerentanan

Pembobotan parameter kerentanan yang dilakukan berdasarkan Perka No.2 tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana disajikan pada Tabel 3.

Dengan menggunakan *Weighted Method* didapat interval skor kriteria risiko, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Interval} = \frac{\text{Skor Max} - \text{Skor Min}}{3}$$

$$\text{Interval} = \frac{25 - 9}{3} = 5,33\infty 5$$

Hasil interval pembobotan kerentanan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 1. Pembobotan Parameter Ancaman Tanah Longsor

No	Parameter	Bobot	Skor Maks	Skor Min
1	Kelas Tekstur Tanah	1	3	1
2	Ketebalan solum Tanah	1	3	1
3	Tingkat Pelapukan Batuan	1	3	1
4	Kemiringan Lereng	5	15	5
5	Jenis Morfologi	3	9	3
6	Sejarah longsor	1	3	1
7	Kerapatan Vegetative	1	3	1
8	Penggunaan Lahan	1	3	1
9	Data curah hujan	1	3	1
Total		15	45	15

Tabel 2. Interval Pembobotan Ancaman

Inteval Skor	Kriteria	Kelas (Zona)
15 -24	Rendah	Hijau
25 - 34	Sedang	Kuning
35 - 45	Tinggi	Merah

Tabel 3. Pembobotan Parameter Kerentanan Tanah Longsor

No	Unsur Yang Dinilai	Bobot	Nilai Maksimal	Nilai Minimal
1.	Jumlah Kepala Keluarga dalam satu rumah	1	3	1
2.	Jumlah anggota keluarga dalam satu rumah	1	3	1
3.	Status kepemilikan rumah	1	2	1
4.	Status kepemilikan lahan	1	2	1
5.	Luas lahan	1	3	1
6.	Jenis bangunan	3	9	3
7.	Penggunaan lahan lainnya	1	3	1
Total		9	25	9

Tabel 4. Interval Pembobotan Kerentanan

Inteval Skor	Kriteria	Kelas (Zona)
9 - 14	Rendah	Hijau
15 - 19	Sedang	Kuning
20 -21	Tinggi	Merah

Tabel 5. Pembobotan Parameter Kapasitas Tanah Longsor

No	Unsur Yang Dinilai	Bobot	Nilai Maksimal	Nilai Minimal
1.	Jumlah Rumah Sakit, Puskesmas, Polindes	1	3	1
2.	Jumlah Sekolah	1	3	1
3.	Jumlah Tenaga Medis	1	3	1
4.	Kelembagaan PRB	1	3	1
5.	Marka/tanda Jalur Evakuasi	1	3	1
6.	Sistem Peringatan Dini	1	3	1
Total		6	18	6

**Pembobotan Parameter Kapasitas**

Pembobotan parameter kapasitas yang dilakukan berdasarkan Perka No.2 tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana disajikan pada Tabel 5.

Dengan menggunakan *Weighted Method* didapat interval skor kriteria risiko, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Interval} = \frac{\text{Skor Max} - \text{Skor Min}}{3}$$

$$\text{Interval} = \frac{18 - 6}{3} = 4$$

Hasil interval pembobotan kapasitas disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Interval Pembobotan Kapasitas

Inteval Skor	Kriteria	Kelas (Zona)
6 – 10	Rendah	Merah
11- 14	Sedang	Kuning
15 – 18	Tinggi	Hijau

**Pembobotan Risiko Bencana**

Pembobotan parameter risiko bencana yang dilakukan berdasarkan Perka No.2 tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana disajikan pada Tabel 7.

Dengan menggunakan *Weighted Method* didapat interval skor kriteria risiko, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Interval} = \frac{\text{Skor Max} - \text{Skor Min}}{3}$$

$$\text{Interval} = \frac{33,6 - 11,4}{3} = 7,4$$

Dengan menggunakan *Weighted Method* didapat interval skor kriteria risiko pada Tabel 8.

bobot (*weight value*) dari masing-masing unit, klas atau tipe pada setiap peta parameter. Cara perhitungan yang didasarkan pada perhitungan luas gerakan tanahnya. Nilai kerapatan (*density value*) dari tiap unit, klas atau tipe pada setiap peta parameter dalah pencerminan dari luas kejadian gerakan tanah pada satu satuan (*unit, klas atau tipe*) per luas dari luas unit, klas atau tipe parameter.

**Sistem Informasi Geografis (SIG)**

Sistem Informasi Geografis (SIG) terdiri atas seperangkat komponen yang tidak dapat dipisahkan satu dengan lainnya. Komponen tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Brainware* (manusia)
2. Data, berupa peta analog, data survey, statistic, foto udara, data SIG sebelumnya, dll.
3. *Hardware* (perangkat keras komputer berikut kelengkapan pendukungnya dan perangkat keras komunikasi) mis: computer, scanner, digitizer,
4. *Software* (perangkat lunak) misalnya: ArcGis, Map Info, Surfer, Autocad, dan lain-lain.

Tabel 7. Pembobotan Risiko Bencana Tanah Longsor

No	Unsur Yang Dinilai	Nilai Maks	Nilai Min	Persentase/ faktor Pengali	Nilai Maks Akhir	Nilai Min Akhir
1.	Ancaman/Hazard	45	15	0.5	22.5	7.5
2.	Kerentanan/ Vulnerabilty	25	9	0.3	7.5	2.7
3.	Kapasitas/ Capacity	15	6	0.2	3.6	1.2
Jumlah		88	30	6	33.6	11.4

*Software* yang dipergunakan adalah *ArcGis*, *Versi 9.3*. *Software* ini digunakan untuk menghitung persentase kemiringan lereng, dan menghitung dan mengevaluasi unit, klas atau tipe mana dari setiap individu peta yang penting (berpengaruh) terhadap kejadian gerakan tanah.

Berdasarkan Keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral No.1452/K/10/MEM/2000 tentang Pedoman Teknis Pemetaan Zona Kerentanan Gerakan Tanah, pemetaan zona kerentanan tanah dapat dilakukan dengan pemetaan langsung, pemetaan tidak langsung dan metoda gabungan.

Selain menggunakan metode SIG, juga dilakukan metode pendekatan berupa metode kuantitatif (metode statistik). Metode ini didasarkan pada perhitungan kerapatan (*density*) gerakan tanah dan nilai.

Tabel 8. Interval Pembobotan Risiko Bencana

Inteval Skor	Kriteria	Kelas (Zona)
26.3 – 33.6	Tinggi	Merah
18.9 – 26.2	Sedang	Kuning
11.4 – 18.8	Rendah	Hijau

## METODOLOGI

### Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan berdasarkan tahap-tahap berikut ini.

1. Observasi dengan cara melakukan pengamatan langsung dan melakukan pengukuran.
2. Wawancara dan FGD (Focus Group Discussion) dengan cara berdialog face to face atau diskusi kelompok terarah

dengan para key informan yang terdiri dari warga setempat, tokoh masyarakat, tokoh perempuan dan pemuda, aparat terkait di tingkat desa, kecamatan dan kabupaten.

3. Dokumentasi dengan cara mengumpulkan data sekunder berupa dokumen-dokumen yang diperlukan sebagai bahan kajian, termasuk dokumen kajian yang telah disusun sebelumnya.
4. Melakukan assessment atau kajian secara langsung di daerah kajian dengan mengisi form yang telah dipersiapkan dengan parameter-parameter yang telah ditentukan.

### Metode Analisa Data

Analisis data dilakukan dengan cara sebagai berikut ini.

1. Menginventarisasi dan mengklasifikasi data yang telah diperoleh berdasarkan masing-masing parameter.
2. Data yang telah diinventrisasi dan diklasifikasi berdasarkan masing-masing parameter tersebut selanjutnya ditentukan tingkat dan besarnya indikator yang didapat.
3. Tingkat dan besarnya indikator yang telah dikelompokkan kemudian ditabelkan.
4. Dari masing-masing titik lokasi yang telah ditabelkan kemudian ditentukan tingkat kerawanan masing-masing titik lokasi.
5. Dari tingkat kerawanan yang ditentukan kemudian dianalisis berupa analisis

ancaman, *vulnerability*/kerentanan dan kapasitas masyarakat.

6. Dari analisis tingkat kerawanan tersebut kemudian dianalisis tingkat risiko kerawanan bencana longsor dari posisi titik yang telah dikaji.
7. Dari analisis ancaman dan risiko yang telah didapatkan kemudian dilakukan proses pemetaan berdasarkan analisis tersebut yang didukung oleh peta Geologi, Peta kemiringan lereng, peta curah hujan dan peta tata guna lahan.
8. Dengan proses pemetaan yang dilakukan dengan beberapa peta dukungan kemudian peta-peta tersebut di overlay dengan menggunakan Data Spatial Geogtaphical Information System dengan program ArcGIS.
9. Peta yang akan dihasilkan akan menunjukkan peta ancaman tanah longsor dan peta risiko bencana tanah longsor.
10. Peta yang telah dibuat kemudian dilakukan sosialisasi ke basis/desa dengan perwakilan masyarakat untuk memvalidasi hasil peta yang telah dibuat melalui FGD (Focus Group Discussion).
11. Hasil sosialisasi awal akan menjadi evaluasi dalam penyempurnaan pembuatan peta akhir.
12. Peta akhir yang dibuat kemudian disosialisasikan kembali melalui workshop yang dihadiri oleh pihak Pemda Bantul, perangkat dan perwakilan masyarakat desa kajian, tokoh masyarakat dan stakeholder yang terkait.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pembobotan Ancaman (*Hazard*)

Setelah melakukan pengharkatan dari masing-masing indikator dan parameter-parameter, kemudian masing-masing parameter tersebut diberi pembobotan berdasarkan besarnya pengaruh parameter tersebut terhadap ancaman bencana longsor yang terjadi. Pembobotan-pembobotan tersebut disajikan pada Tabel 9.

Berdasarkan hasil penilaian terhadap parameter ancaman bencana tanah longsor, diperoleh sebesar 40. Hal ini berarti bahwa Desa Terong mempunyai kriteria ancaman yang tinggi sehingga termasuk dalam zona merah.

### Kerentanan (*Vulnerability*)

Kerentanan adalah kondisi atau karakteristik biologis, ekonomi, sosial, budaya, politik, budaya, dan teknologi suatu masyarakat di suatu wilayah untuk jangka waktu yang mengurangi masyarakat untuk mencegah, meredam, mencapai kesiapan dan menanggapi dampak bahaya tertentu. Komponen kerentanan yang digunakan dalam metode ini meliputi komponen fisik, demografi, ekonomi dan lingkungan. Pembobotan-pembobotan tersebut terlihat pada Tabel 10.

Dari jumlah skor yang dihitung didapat nilai kerentanan sebesar 15 sehingga termasuk dalam zona kuning, yaitu kriteria kerentanan sedang .

### Kapasitas (*Capacity*)

Kapasitas/kemampuan adalah sumber daya, cara dan kekuatan yang dimiliki oleh masyarakat yang memungkinkan masyarakat untuk mempertahankan dan mempersiapkan diri, mencegah, menganggulangi, meredam serta dengan cepat memulihkan diri dari akibat bencana. Kapasitas masyarakat dapat berupa komponen fisik dan non fisik (sosial). Komponen fisik dan non fisik (sosial) tersebut diukur berdasarkan wilayah desa karena data spasial administrasi yang terkecil adalah desa. Pembobotan-pembobotan tersebut terlihat pada Tabel 11.

Dari jumlah skor yang dihitung didapat bahwa nilai kapasitas untuk desa Terong adalah 17 sehingga Desa Terong mempunyai kriteria kapasitas yang tinggi dengan zona daerah hijau.

### Analisis Risiko

Analisis risiko bencana tanah longsor merupakan gabungan dari 3 komponen utama yaitu ancaman (H), Kerentanan (V) dan kapasitas (C). Masing-masing total

bobot dari ancaman, kerentanan dan kapasitas untuk risiko ini akan memiliki nilai yang berbeda. Dari Pembobotan nilai maksimal dan minimal dari masing masing ancaman, kerentanan dan kapasitas dijumlahkan kemudian diambil persentase dari masing-masing pembobotan tersebut terhadap jumlah total pembobotan. Dari

persentase yang didapat kemudian dikalikan dengan masing-masing nilai maksimal dan minimal kriteria yang ditentukan. Hasil penilaian risiko bencana tanah longsor disajikan Pada Tabel 12. Sedangkan hasil pemetaan berdasarkan zona risiko bencana tanah longsor di desa Terong, Dlingo, disajikan pada Gambar 2.

Tabel 9. Hasil Penilaian Parameter Ancaman Kerawanan Longsor

No	Parameter	Bobot	Skor	Jumlah
1	Kelas Tekstur Tanah	1	2	2
2	Ketebalan solum Tanah	1	2	2
3	Tingkat Pelapukan Batuan	1	2	2
4	Kemiringan Lereng	5	3	15
5	Jenis Morfologi	3	3	9
6	Sejarah longsor	1	3	3
7	Kerapatan Vegetasi	1	2	2
8	Penggunaan Lahan	1	3	3
9	Data curah hujan	1	2	2
<b>Total</b>				<b>40</b>

Tabel 10. Pembobotan Parameter Kerentanan Tanah Longsor

No	Unsur Yang Dinilai	Bobot	Skor	Jumlah
1.	Jumlah Kepala Keluarga dalam satu rumah	1	2	2
2.	Jumlah anggota keluarga dalam satu rumah	1	2	2
3.	Status kepemilikan rumah	1	2	2
4.	Status kepemilikan lahan	1	2	2
5.	Luas lahan	1	1	1
6.	Jenis bangunan	3	1	3
7.	Penggunaan lahan lainnya	1	3	3
<b>Total</b>				<b>15</b>

Tabel 11. Hasil Penilaian Parameter Kapasitas Kerawaran Longsor

No	Unsur Yang Dinilai	Bobot	Skor	Jumlah
1.	Jumlah Rumah Sakit, Puskesmas, Polindes	1	3	3
2.	Jumlah Sekolah	1	3	3
3.	Jumlah Tenaga Medis	1	3	3
4.	Kelembagaan PRB	1	2	2
5.	Marka/tanda Jalur Evakuasi	1	3	3
6.	Sistem Peringatan Dini	1	3	3
<b>Total</b>				<b>17</b>

Tabel 12. Penilaian Risiko Bencana Tanah Longsor

Data Jumlah Rumah (KK)	Zona	Pancuran	Saradan	Ngenep	Terong 2	Total
Zona Ancaman	Zona Merah	14	5	2		21
	Zona Kuning	1			2	3
	Zona Hijau					0
Zona Kerentanan	Zona Merah					0
	Zona Kuning	5	4		2	11
	Zona Hijau	10	1	2		13
Zona Kapasitas	Zona Merah					0
	Zona Kuning	1				1
	Zona Hijau	14	5	2	2	23
Zona Risiko	Zona Merah	1				1
	Zona Kuning	13	5	2	2	22
	Zona Hijau	1				1

Berdasarkan Gambar 2, sebagian besar wilayah di desa Terong memiliki tingkat risiko bencana tanah longsor sedang (zona kuning).

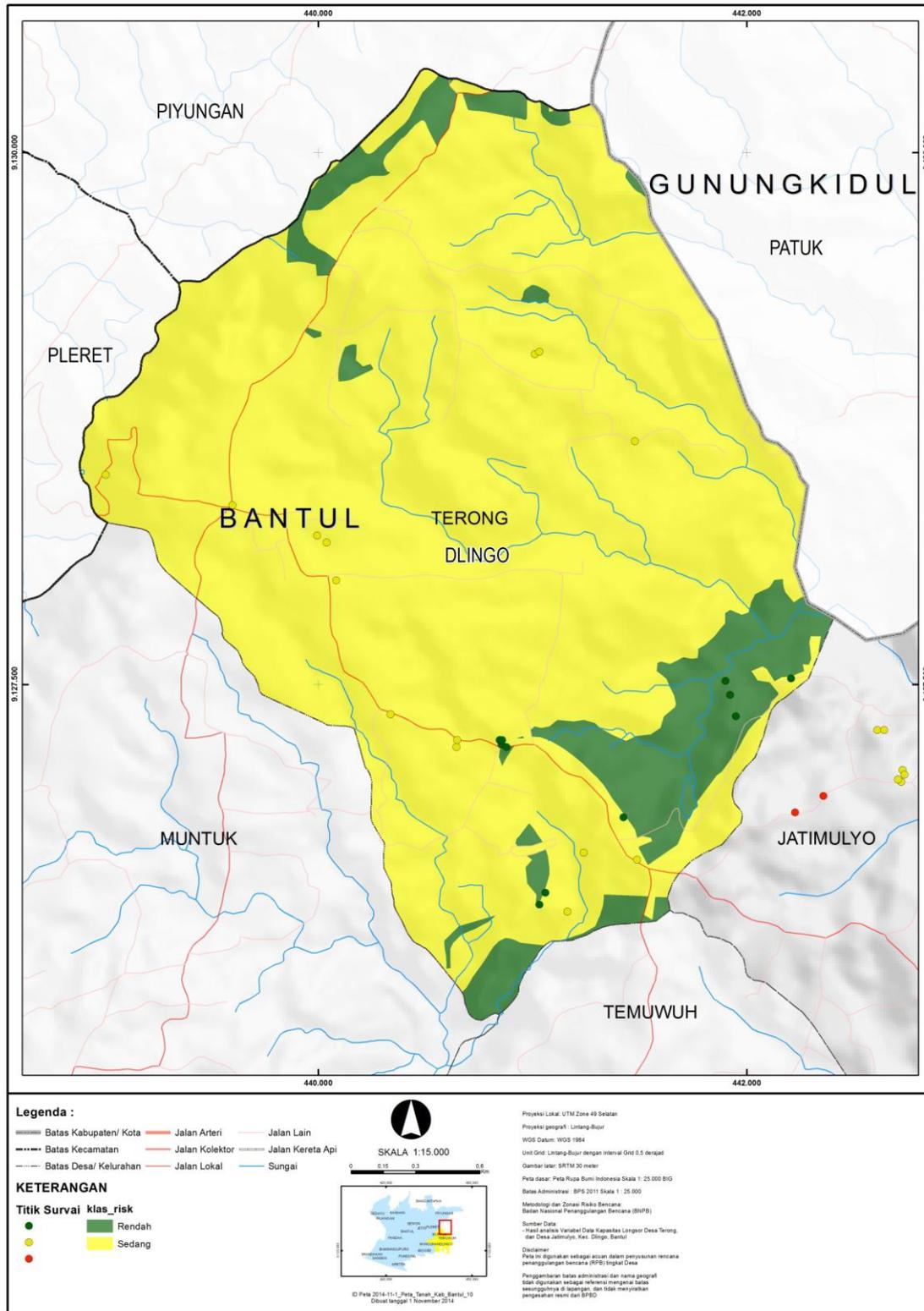
#### **KESIMPULAN**

Dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Jumlah rumah yang berada di zona merah risiko adalah 1 rumah (KK), zona kuning untuk risiko 22 rumah (KK), dan zona

hijau risiko 1 rumah (KK). Dan mempunyai nilai ancaman yang tinggi, kerentanan sedang, serta kapasitas tinggi, sehingga nilai risikonya sedang. Untuk mengurangi nilai risiko diperlukan peningkatan kapasitas dalam bentuk fisik dan non-fisik.

2. Dari kesimpulan di atas di sarankan adanya penelitian lanjutan untuk menentukan jenis mitigasi dalam rangka pengurangan risiko bencana di wilayah tersebut.



Gambar 2. Peta Risiko Longsor Desa Terong, Dlingo, Bantul

## REFERENSI

- Republik Indonesia, (2007), *Undang-Undang Republik Indonesia No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana*, Sekretariat Negara, Jakarta
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), (2015), *Kerangka Kerja Sendai untuk Pengurangan Risiko Bencana (2015-2030)*, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Jakarta
- United Nation-International Strategi for Disaster Reduction (UN-ISDR), (2007) *Panduan untuk Mengimplementasikan Kerangka Kerja Sendai*,
- Republik Indonesia, (2008), *Peraturan Pemerintah No. 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penang-gulangan Bencana*, Sekretariat Negara, Jakarta
- BNPB, (2008), *Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Republik Indonesia, No.4 tahun 2008 tentang Pedoman Rencana Penanggulangan Bencana*, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Jakarta
- BNPB, (2012), *Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Republik Indonesia No.2 tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana*, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Jakarta.

## PENGARUH KADAR LIMBAH KACA SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PORUS

Miftahul Fauziah<sup>1</sup>Fitri Sari Wijayati<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,  
Universitas Islam Indonesia

Email: *miftahul.fauziah@uii.AC.id*

<sup>2</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,  
Universitas Islam Indonesia

Email: *fitri.swjy@yahoo.com*

### ABSTRACT

*Porous asphalt allows water to be more easily drained from the road surface into asphalt concrete pavement. It absorbs rainwater through the coarse aggregate, this may be a solution of flooding at most cities in Indonesia which is caused by continuous rain. Glass is one of waste that had not been much recycled and need to be considered, By using glass as a material substitution is expected to be longlife and has a strength equals or even better on asphalt mixtures. This research was conducted in order to find the effect of substitution levels of glass on Marshall characteristics, durability, value of indirect tensile strength, abrasion resistance and permeability according to specifications of Australia Asphalt Pavement Association (AAPA) 2004. The research was carried out by using variant levels of substitution glass on fine aggregate No.8 in mixture that are 0%, 10%, 20%, 30%, and 40%. The results show that the glass waste on fine aggregate No.8 can be used in porous asphalt mixture only to 30% of proportion. From the Marshall test the results showed that the mixture ability to withstand a load is increasing up to optimum limit and declined thereafter at stability value then the flow level, MQ, VITM, VMA which is increasing up to optimum limit also declined after that as for VFWA level and density is declining until certain level then rising thereafter. The ability toward impact with Cantabro test result is increased up to optimum limit. The mixture homogeneous is increased, it shows from value of Asphalt Flow Down that decreased continuously with the increasing of glass waste proportion.*

**Keywords :** *Waste Glass, Porous Asphalt, AAPA 2004, Marshall Characteristic, Cantabro, Asphalt Flow Down*

### PENDAHULUAN

Peningkatan dan pengembangan aksesibilitas transportasi jalan adalah suatu hal yang sangat penting untuk menunjang aktivitas sosial dan perekonomian daerah di suatu negara. Salah satu faktor pendukung aksesibilitas suatu jaringan jalan menjadi aman dan nyaman bagi pengguna jalan yaitu dengan mendesain suatu lapis permukaan perkerasan jalan yang akan tetap memuaskan selama masa layannya. Hujan intensitas tinggi menjadi salah satu permasalahan pada lapis permukaan perkerasan jalan. Hujan ini akan mengakibatkan berbagai permasalahan yaitu genangan air yang tidak dapat mengalir cepat melalui as jalan dan menyerap cepat kedalam

lapisan aspal membuat air menggenang sehingga jalan tergerus, menimbulkan permukaan yang licin dan menyebabkan kebisingan. Salah satu alternatif untuk mengurangi dampak yang ditimbulkannya yaitu dengan menggunakan lapisan perkerasan aspal porus (*porous asphalt*).

Aspal porus menyerap air hujan melalui agregat kasar yang dirancang sehingga air tidak akan naik ke lapisan atas, setelah itu menyusup kedalam hingga ke lapisan *geotextile* yang kemudian mengalirkan air untuk dibuang. Hal ini dapat menjadi solusi dari hujan yang selalu datang dan mengakibatkan banjir di sebagian besar kota di Indonesia. Karena pada dasarnya aspal porus

dapat menangani air hujan selama bertahun-tahun sebelum akhirnya menunjukkan keretakan ataupun lubang. Pada penelitian ini, akan digunakan limbah kACa sebagai bahan *Substitusi* agregat halus pada campuran aspal porus. Salah satu limbah yang tidak banyak di daur ulang adalah limbah kACa. KACa saat ini hanya digunakan untuk daur ulang pada fase yang sama, dari limbah botol kACa akan didaur ulang hanya menjadi botol kACa dan seterusnya. Dengan menggunakan kACa sebagai bahan pengganti, campuran kACa daur ulang dan batu dapat di gunakan menjadi agregat di harapkan dapat membuat ruang kosong lebih dari dua kali lipat aspal biasa, memiliki umur layan yang panjang dan memiliki kekuatan yang setara atau bahkan lebih baik di banding aspal biasa.

Dengan demikian, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan limbah kACa pada campuran perkerasan aspal porus sebagai substitusi agregat halus. Apabila hasil penelitian ini menunjukkan hasil memenuhi kriteria perkerasan dan dapat meningkatkan stabilitas serta mutu campuran perkerasan sesuai dengan *Australia Asphalt Pavement Association (AAPA)* tahun 2004 maka diharapkan limbah kaca tersebut dapat digunakan sebagai bahan substitusi pada campuran perkerasan aspal porus.

## STUDI PUSTAKA

Pada Penelitian ini, dicantumkan beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang dirasa memiliki keterkaitan dan dapat digunakan sebagai studi pustaka. Penelitian-penelitian terdahulu yang berhubungan dengan penelitian ini diantaranya adalah.

Arsyad (2012) melakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan anti stripping (*wetfix-be*) terhadap aspal porus dengan menggunakan bahan pengikat *liquid asbuton*, dapat di ketahui bahwa dari hasil pengujian karakteristik aspal porus diperoleh nilai *Marshall Quotient* yang memenuhi spesifikasi hanya pada kadar *wetfix-be* 0,2% - 0,31% dan pengujian *Cantabro* nilai memenuhi spesifikasi hanya pada kadar *wetfix-be* 0,34%

- 0,4%, sedangkan untuk pengujian *VIM*, *Stabilitas*, *Flow*, *Porositas*, *Permeabilitas*, dan *Drain-Down* secara keseluruhan nilai kadar *wetfix-be* 0,2% - 0,4% memenuhi standar spesifikasi.

Penelitian mengenai evaluasi kinerja aspal porus dengan menggunakan spesifikasi gradasi dari *Australia (AAPA)*, *California (CalAPA)* dan *British (BA)* dilakukan oleh Putri dkk. (2013) Penelitian ini menggunakan 3 standar gradasi porus yaitu *Australia (AAPA)*, *California (CalAPA)* dan *British (BS)*. Untuk spesifikasi karakteristik *Marshall* mengACu pada standar *Australia (AAPA)*, dari masing-masing standar gradasi dibuat 12 benda uji dengan variasi kadar aspal 4%-7%. Pengujian permeabilitas pada penelitian ini menggunakan uji falling head yaitu dengan menghitung waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air dri h1 menuju h2.

Djakfar dkk. (2015) melakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan additive terhadap kinerja *Marshall* pada campuran aspal porus. Bahan *additive* yang digunakan yaitu *Gilsonite HMA Modifer Grade* dan *Lateks*.

Penelitian tentang limbah kACa penah dilakukan oleh Jasim (2014) mengenai penggunaan limbah kACa sebagai agregat kedua untuk campuran aspal. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi akibat dari penggunaan limbah kACa sebagai agregat pengganti pada campuran aspal dengan pengujian *Marshall*.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah pada penelitian ini menggunakan limbah kACa sebagai substitusi agregat halus dengan jenis campurannya adalah aspal porus dan peraturan spesifikasi yang dipakai adalah *Australia Asphalt Pavement Association (AAPA)* 2004.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis campuran aspal porus dan menggunakan jenis aspal keras dengan penetrasi 60/70 dari PT.Pertamina Aspal Cilacap. Agregat yang akan digunakan berasal dari Clereng dan bahan substitusi yang akan digunakan yaitu

limbah kaca dari botol bekas. Pengujian dan analisis kimia terhadap kaca tidak dilakukan. Kadar limbah kaca yang akan digunakan adalah 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% dari total berat agregat halus yang lolos saringan No.4 dan tertahan di saringan No.8 pada campuran. Dalam campuran ini gradasi yang akan digunakan adalah gradasi menurut *Australia Asphalt Pavement Association (AAPA) 2004* dengan kombinasi agregat pada Tabel 1 berikut.

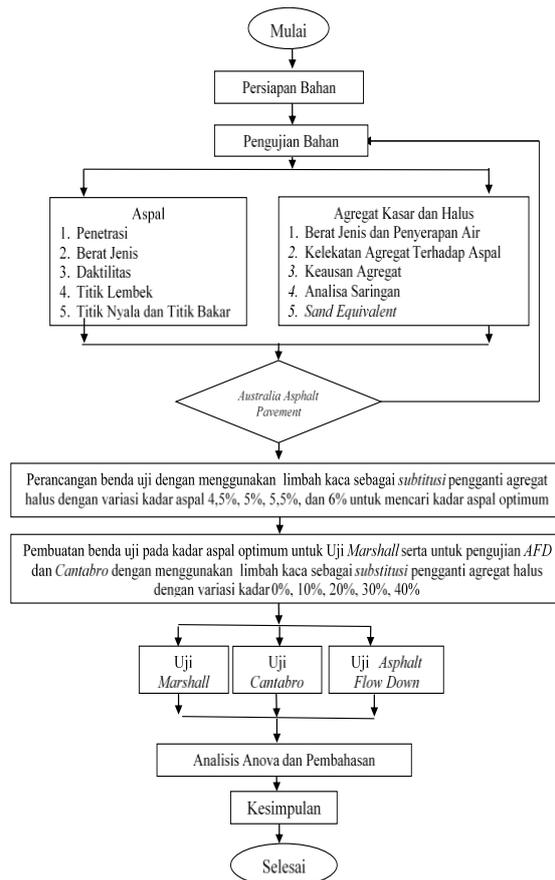
Tabel 1. Batasan Gradasi Agregat Campuran Aspal Porus

Ukuran Ayakan	% Berat Yang Lolos
(mm)	Ag. Maks.14 mm
19,000	100
12,700	85-100
9,530	45-70
4,760	10-25
2,380	7-15
1,190	6-12
0,595	5-10
0,297	4-8
0,149	3-7
0,074	2-5
Total	100
<b>Kadar Aspal</b>	<b>4,5 – 6,0</b>

Flowchart pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

#### Analisis Hasil dan Pembahasan

Analisis hasil dan pembahasan yang akan dibahas yaitu karakteristik bahan, hasil pengujian untuk kadar aspal optimum dan hasil pengujian pada kadar aspal optimum dengan menggunakan limbah kaca.



Gambar 1 Bagan Alir penelitian

#### Hasil Pengujian Karakteristik Bahan

Pengujian karakteristik bahan yang dilakukan adalah pengujian aspal AC 60/70 pada Tabel 2, pengujian agregat kasar pada Tabel 3, pengujian agregat halus pada Tabel 4, pengujian agregat halus dari limbah kaca pada Tabel 5 dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil pengujian AC 60/70

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil
1	Berat Jenis	$\geq 1,0$	1,09
2	Penetrasi (0,1 mm)	60 – 70	68,3
3	Daktilitas (cm)	$\geq 100$	165
4	Titik Nyala ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 232$	312
5	Kelarutan TCE (%)	$\geq 99$	99,5
6	Titik Lembek ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 48$	48

Tabel 3. Hasil pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil
1	Berat Jenis	> 2,5	2,732
2	Penyerapan Air oleh Agregat (%)	< 3	2,71
3	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	> 95	99
4	Keausan <i>Loss Angeles</i> (%)	< 40	26,04

Tabel 4. Hasil pengujian Agregat Halus

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil
1	Berat Jenis	>2,5	2,837
2	Penyerapan Air oleh Agregat (%)	< 3	2,51
3	<i>Sand Equivalent</i> (%)	> 50	78,38

Tabel 5. Hasil pengujian Agregat Halus dari Limbah Kaca

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil
1	Berat Jenis	>2,5	1,467
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	< 3	0,708

### Hasil Pengujian untuk Kadar Aspal Optimum

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum dari hasil pengujian *Marshall*, *Cantabro* dan *Asphalt Flow Down*. Hasil pengujian *Marshall* dapat dilihat pada Tabel 6, dan pengujian *Cantabro* dan *AFD* pada Tabel 7 berikut.

Tabel 6. Hasil Pengujian *Marshall* untuk KAO

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/m <sup>3</sup> )	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
4,5	535,6	4,00	139,83	18,54	31,48	27,11	2,06
5	606,2	3,78	160,87	18,06	34,31	27,54	2,06
5,5	598,5	3,74	165,94	17,61	37,16	27,99	2,06
6	507,1	4,35	116,89	17,24	39,60	28,54	2,05
Spesifikasi	> 500	>2	< 400	18-25			

Tabel 7. Hasil Pengujian *Cantabro* dan *AFD* untuk KAO

Kadar Aspal (%)	<i>Cantabro</i> (kg)	<i>AFD</i> (%)
4,5	35,35	0,15
5	33,87	0,20
5,5	39,97	0,48
6	25,56	0,88
Spesifikasi	≤ 35	≤ 30

Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Kadar Aspal Optimum

No	Pengujian	Nilai
1	<i>Cantabro Loss</i>	4,60
2	<i>VITM</i>	5,01
3	Rata-Rata <i>Cantabro</i> dan <i>VITM</i>	4,81
4	<i>AFD</i>	0,17
5	Aspal Optimum	5,0

Berdasarkan Tabel 8 diatas dapat dilihat bahwa dengan menggunakan *Cantabro Loss* pada 35% untuk mendapatkan batas kadar aspal minimum yang dapat digunakan yaitu dengan nilai 4,60. Selanjutnya nilai *VITM* pada 18% digunakan untuk mendapatkan batas maksimum kadar aspal didapatkan hasil 5,01. Nilai rata-rata dari kedua hasil grafik didapatkan 4,81 yang kemudian nilai tersebut diplot pada grafik *Asphalt Flow Down* dan mendapatkan hasil 0,17. Sehingga dapat diketahui aspal optimum yang dapat digunakan adalah 5,0.

### Hasil Pengujian pada KAO

Berikut adalah rekapitulasi hasil pengujian *Marshall*, *Cantabro* dan *Asphalt Flow Down* pada kadar aspal optimum yang dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10 berikut.

Tabel 9. Rekapitulasi Hasil Pengujian *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum

Kadar Kaca (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
0	519,59	2,54	205,55	19,87	32,10	29,01	2,05
10	612,38	2,78	220,72	20,75	30,26	30,26	2,02
20	653,31	2,67	248,05	21,52	30,20	30,54	2,01
30	565,84	2,51	230,37	20,32	31,33	29,67	2,03
40	431,74	2,35	182,95	19,48	32,67	28,92	2,06
<b>Spesifikasi</b>	<b>&gt; 500</b>	<b>&gt;2</b>	<b>&lt; 400</b>	<b>18-25</b>			

Tabel 10. Rekapitulasi Hasil Pengujian *AFD* dan *Cantabro*

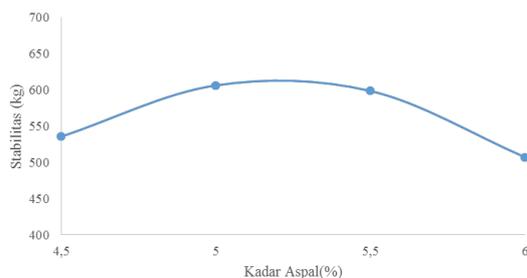
Kadar KACa (%)	Asphalt Flow Down (%)	Kehilangan Berat Rerata (%)
0	0,24	30,81
10	0,20	28,82
20	0,17	27,89
30	0,14	29,01
40	0,11	31,19

### Karakteristik *Marshall* untuk Mencari Kadar Aspal Optimum

Salah satu hal yang dibutuhkan untuk mencari kadar aspal optimum yaitu dari karakteristik *Marshall*. Karakteristik *Marshall* terdiri atas stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient*, *void in total mix*, *VFWA*, *VMA*, dan *density*.

#### 1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan campuran beton aspal menahan beban sampai terjadi deformasi akibat beban yang bekerja tanpa mengalami perubahan bentuk. Grafik hubungan antara kadar aspal dan nilai stabilitas dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



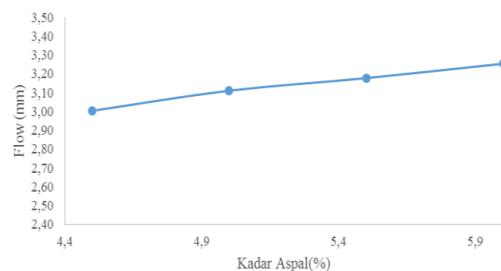
Gambar 2. Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas

Penambahan aspal diatas batas maksimum akan menyebabkan penurunan stabilitas dan

menghasilkan suatu perkerasan yang cenderung bersifat plastis. Penurunan nilai stabilitas juga disebabkan oleh kadar aspal yang pada awalnya berfungsi sebagai pengikat antar agregat akan menjadi pelicin setelah melampaui batas optimum, sehingga gaya saling mengunci antar agregat dalam campuran semakin menurun.

#### 2. Flow

Nilai *flow* untuk mencari kadar aspal optimum dapat dilihat dari grafik hubungann antara kadar aspal dan nilai *flow* pada Gambar 3 berikut ini.

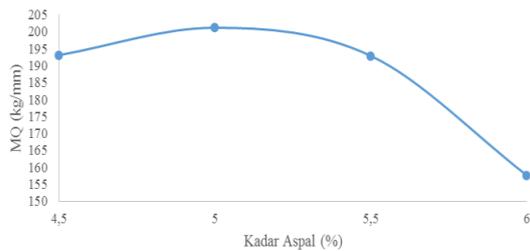


Gambar 3. Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *flow*

Dapat dilihat bahwa seiring dengan penambahan kadar aspal nilai *flow* mengalami peningkatan.. Hal ini disebabkan oleh kadar aspal pada campuran aspal porus yang semakin meningkat. Suatu campuran yang memiliki nilai *flow* tinggi dengan stabilitas yang rendah cenderung menjadi plastis dan mudah dibentuk, sedangkan campuran yang memiliki nilai *flow* rendah dan stabilitas tinggi cenderung kaku sehingga mudah mengalami retak atau getas apabila menerima beban yang melebihi daya dukungnya.

#### 3. *Marshall Quotient*

Nilai *Marshall Quotient* merupakan perbandingan antar nilai stabilitas dan nilai *flow*. Nilai *Marshall Quotient* pada perencanaan perkerasan dengan metode *Marshall* digunakan sebagai pendekatan nilai fleksibilitas dari suatu lapis perkerasan. Nilai *MQ* dapat dilihat pada grafik hubungan antara kadar aspal dan nilai *MQ* pada Gambar 4 berikut ini.



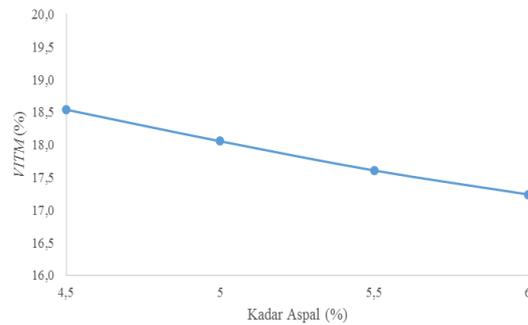
Gambar 4. Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *MQ*

Berdasarkan grafik pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai *Marshall Quotient* mengalami peningkatan setelah mencapai batas maksimum mengalami penurunan seiring dengan pertambahan kadar aspal. Hal ini disebabkan karena pada campuran aspal porus kadar aspal semakin meningkat dan juga dipengaruhi oleh nilai stabilitas. Dapat dilihat pada kadar 4,5% dan 5% nilai stabilitas mengalami kenaikan namun pada kadar 5,5% dan 6% nilai stabilitas mengalami penurunan, sedangkan pada nilai *flow* terus mengalami kenaikan dari kadar 4,5% hingga 6%. Hal ini menunjukkan bahwa campuran dengan kadar 4,5% dan 5% cenderung lebih plastis menerima beban dan pada kadar 5,5% dan 6% cenderung lebih getas karena nilai *MQ* didapatkan dari perbandingan nilai stabilitas dan *flow*, sehingga nilai stabilitas dan *flow* akan mempengaruhi besarnya nilai *MQ*.

#### 4. Void in Total Mix

*VITM* merupakan persentase banyaknya rongga yang terdapat dalam suatu campuran terhadap total volume aspal dan agregat. Nilai *VITM* untuk mencari kadar aspal optimum dapat dilihat dari grafik hubungan antara kadar aspal dan nilai *VITM* pada Gambar 5 berikut ini.

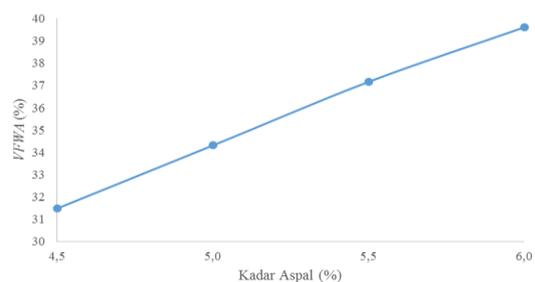
Nilai *VITM* dalam suatu campuran dibutuhkan dapat mengetahui besarnya rongga yang terdapat dalam suatu campuran dan menurut *AAPA* (2004). Nilai *VITM* mempunyai batas maksimum dan minimum. Berdasarkan grafik pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa seiring dengan penambahan kadar aspal *VITM* mengalami penurunan. Hal ini disebabkan rongga udara yang terisi aspal semakin besar dan memperkecil volume rongga udara, berarti campuran tersebut semakin rapat.



Gambar 5. Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *VITM*

#### 5. VFWA

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik nilai *VFWA* pada berbagai kadar aspal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 berikut ini.

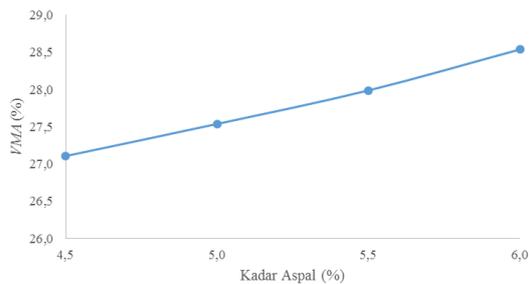


Gambar 6. Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *VFWA*

*VFWA* (*Void Filled With Asphalt*) menunjukkan persentase rongga terisi aspal pada suatu campuran setelah dipadatkan. Besarnya nilai *VFWA* juga sebagai indikasi besarnya rongga yang terisi oleh aspal sehingga dapat mengetahui kedekatan suatu campuran terhadap air dan udara yang terdapat pada penelitian ini. Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa seiring dengan penambahan kadar aspal maka nilai *VFWA* semakin meningkat, hal ini disebabkan oleh kadar aspal pada campuran aspal porus yang semakin meningkat.

#### 6. VMA

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik nilai *VMA* pada berbagai kadar aspal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 berikut ini.

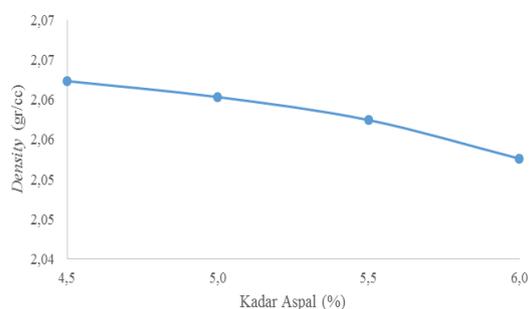


Gambar 7. Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai VMA

VMA menunjukkan persentase banyaknya pori antara butir-butir agregat dalam campuran, atau bisa dinyatakan sebagai persentase rongga yang dapat ditempati aspal dan udara. Nilai VMA pada umumnya mengalami penurunan sampai batas maksimum dan akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal. Nilai VMA dipengaruhi oleh gradasi agregat, jumlah tumbukan dan kadar aspal. Berdasarkan grafik pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa nilai VMA cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal yang menyebabkan film aspal lebih tebal, sehingga jarak antar agregat semakin besar.

#### 7. Density

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik nilai *density* pada berbagai kadar aspal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8 berikut ini.



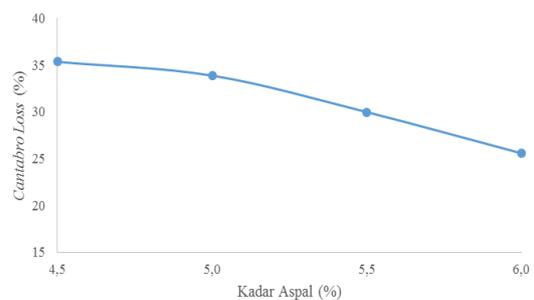
Gambar 8. Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *Density*

*Density* menunjukkan kepadatan suatu campuran setelah mengalami pemadatan. Semakin tinggi nilai *density* suatu campuran menunjukkan kerapatannya semakin baik. Berdasarkan grafik pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa nilai *density* pada campuran aspal porus menurun seiring penambahan

kadar aspal. Hal ini disebabkan oleh semakin meningkatnya kadar aspal, jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar butir semakin besar, sehingga campuran menjadi semakin rapat.

#### Karakteristik *Cantabro* untuk Mencari Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik nilai *Cantabro* pada berbagai kadar aspal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9 berikut ini.

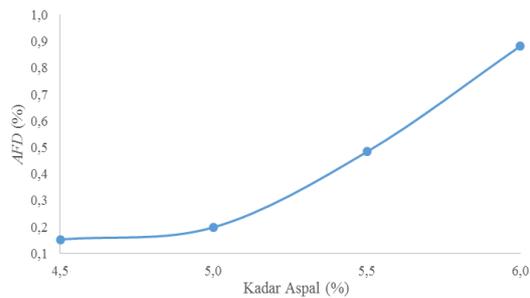


Gambar 9 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *Cantabro*

Berdasarkan Gambar 9 dapat dilihat bahwa nilai *Cantabro* semakin menurun seiring dengan pertambahan kadar aspal. Penurunan pada hasil pengujian *Cantabro* menunjukkan bahwa ketahanan campuran terhadap benturan cenderung meningkat, hal ini disebabkan kehilangan berat pada campuran yang semakin kecil dengan persentase penambahan kadar aspal.

#### Karakteristik *Asphalt Flow Down* untuk Mencari Nilai Kadar Aspal Optimum

*Asphalt Flow Down* menunjukkan kadar aspal maksimum yang tercampur homogen dengan agregat tanpa terjadinya pemisahan aspal. Grafik hubungan antara kadar aspal dan nilai *Asphalt Flow Down* dapat dilihat pada Gambar 10 berikut ini.



Gambar 10 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *Asphalt Flow Down*

Berdasarkan Gambar 10 dapat dilihat bahwa nilai *Asphalt Flow Down* semakin meningkat seiring dengan pertambahan kadar aspal. Peningkatan pada hasil pengujian *Asphalt Flow Down* menunjukkan bahwa pemisahan aspal pada campuran cenderung meningkat, hal ini disebabkan pemisahan aspal pada campuran yang semakin besar dengan persentase penambahan kadar aspal.

### Karakteristik *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum

Untuk mengetahui karakteristik *Marshall* pada kadar aspal optimum dengan menggunakan limbah kaca No.8 sebagai bahan substitusi agregat halus maka dilakukan penelitaian Karakteristik *Marshall* terdiri dari stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient*, *void in total mix*, *VFWA*, *VMA*, dan *density*.

#### 1. Stabilitas

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh hasil hubungan antara kadar substitusi kaca dengan nilai stabilitas pada campuran porus seperti yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 11 berikut.

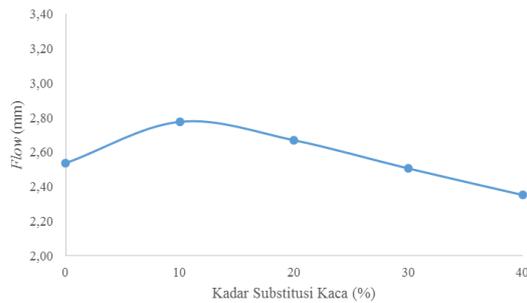


Gambar 11 Grafik Hubungan antara Kadar Substitusi Kaca dengan Stabilitas

Berdasarkan grafik pada Gambar 11 dapat dilihat bahwa semakin besar persentase penambahan substitusi kaca nilai stabilitas semula mengalami kenaikan akan turun setelah mencapai nilai optimumnya pada kadar substitusi 20%, dengan demikian berdasarkan analisis anova peningkatan dan penurunan yang terjadi pada nilai stabilitas akibat penambahan substitusi kaca tidak signifikan. Stabilitas campuran aspal porus yang menggunakan kadar substitusi kaca dengan aspal yang tercampur dalam jumlah yang optimal (5%) dapat menyelimuti agregat, serta di campur dan dipadatkan pada temperatur yang tepat sehingga mempunyai sifat saling mengunci (*interlock*) yang baik. Sebaliknya yang terjadi pada penurunan stabilitas dikarenakan campuran memiliki rongga yang lebih besar akibat penambahan substitusi kaca dan aspal yang dicampur tidak cukup kuat untuk mengunci antar agregat. Hal ini disebabkan beberapa faktor yaitu perbedaan berat jenis substitusi kaca dengan Clereng. Lalu akibat penyerapan substitusi kaca yang rendah sehingga menyebabkan ikatan aspal dengan agregat bertambah dan menyebabkan kenaikan terhadap nilai stabilitas. Faktor lainnya yang mempengaruhi adalah pada berat yang sama campuran yang menggunakan substitusi kaca mempunyai volume yang lebih banyak, sehingga mengakibatkan kebutuhan aspal semakin besar dan menurunkan stabilitasnya.

#### 2. *Flow*

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh hasil hubungan antara kadar substitusi kaca dengan nilai *flow* pada campuran porus seperti yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 12 berikut ini.



Gambar 12 Grafik Hubungan antara Kadar Substitusi Kaca dengan Flow

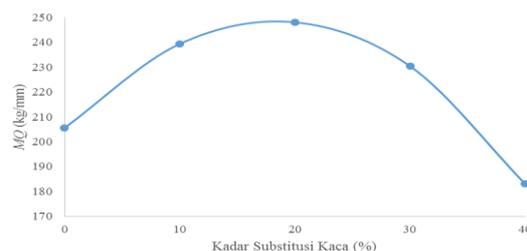
Berdasarkan grafik pada Gambar di atas dapat dilihat bahwa nilai *flow* semakin naik hingga nilai tertentu lalu kemudian turun setelah mencapai nilai optimumnya pada kadar substitusi 10% seiring dengan meningkatnya proporsi kadar substitusi kaca dalam campuran aspal porous, meskipun demikian peningkatan dan penurunan yang terjadi pada nilai *flow* dengan analisis anova akibat penambahan substitusi kaca memiliki hasil tidak signifikan. Peningkatan pada nilai *flow* menunjukkan bahwa kelelahan campuran porous semakin meningkat dan kelenturan campuran semakin baik. Hal ini disebabkan oleh semakin besar substitusi kaca maka nilainya meningkat hingga nilai tertentu kemudian turun setelah mencapai nilai optimumnya, dikarenakan Aspal yang seharusnya menyelimuti agregat banyak diserap oleh *filler* karena penyerapan agregat halus limbah kaca lebih kecil dibanding dengan Clereng dan berat jenis kaca yang rendah membuat volume semakin banyak pada berat yang sama sehingga menurunkan nilai *flow*.

### 3. Marshall Quotient

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh hasil hubungan antara kadar substitusi kaca dengan nilai *Marshall Quotient* pada campuran porous seperti yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 13 berikut ini.

Berdasarkan grafik pada Gambar 13 dapat dilihat bahwa nilai *Marshall Quotient* semakin naik hingga nilai tertentu lalu kemudian turun setelah mencapai nilai optimum pada kadar

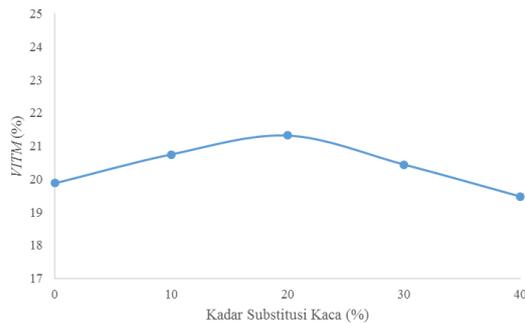
substitusi 20% seiring dengan meningkatnya proporsi kadar substitusi kaca dalam campuran aspal porous, meskipun demikian dengan analisis anova diketahui peningkatan yang terjadi pada nilai *Marshall Quotient* akibat penambahan substitusi kaca tidak signifikan. Nilai stabilitas yang semakin tinggi hingga optimum kemudian menjadi rendah dan nilai *flow* yang semakin tinggi hingga optimum kemudian menjadi rendah menyebabkan kenaikan dan penurunan pada nilai *Marshall Quotient*. Secara umum campuran porous dengan kadar limbah kaca mempunyai nilai *Marshall Quotient* yang lebih besar dibandingkan dengan campuran tanpa menggunakan limbah kaca. Hal ini disebabkan nilai stabilitas campuran tandap menggunakan limbah kaca memiliki stabilitas yang lebih rendah dan nilai *flow*-nya lebih rendah, sehingga menunjukkan bahwa campuran dengan menggunakan limbah kaca cenderung lebih plastis menerima beban. Namun hal ini tidak terjadi pada semua kadar limbah kaca, karena pada kadar limbah kaca 30% dan 40% nilai *Marshall Quotient* mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan pada nilai stabilitas kadar substitusi kaca 30% dan 40% mengalami penurunan dan juga terjadi pada nilai *flow*-nya sehingga membuat nilai *Marshall Quotient* yang cenderung semakin menurun.



Gambar 13 Grafik Hubungan antara Kadar Substitusi Kaca dengan MQ

### 4. Void in Total Mix

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh hasil hubungan antara kadar substitusi kaca dengan nilai *VITM* pada campuran porous seperti yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 14 berikut ini.

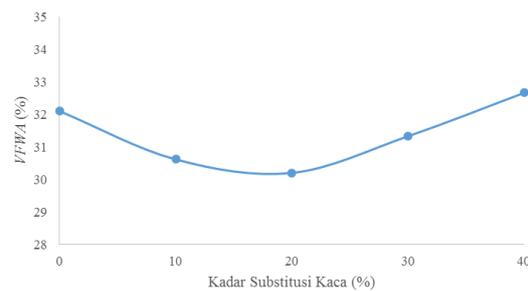


Gambar 14 Grafik Hubungan antara Kadar Substitusi Kaca dengan *VITM*

Berdasarkan grafik pada Gambar 14 dapat dilihat bahwa nilai *VITM* semakin naik hingga nilai tertentu yaitu pada kadar substitusi 20%, lalu kemudian turun setelah mencapai nilai optimumnya seiring dengan meningkatnya proporsi kadar substitusi kaca dalam campuran aspal porus, dan dengan analisis anova diketahui bahwa peningkatan dan penurunan yang terjadi pada nilai *VITM* akibat penambahan substitusi kaca adalah signifikan. Campuran porus yang menggunakan substitusi kaca mempunyai nilai *VITM* yang cenderung lebih besar dibanding dengan campuran porus yang tidak menggunakan substitusi kaca, namun pada kadar substitusi kaca tertentu nilai *VITM* cenderung lebih kecil dibanding yang tidak menggunakan kaca. Kenaikan pada *VITM* menunjukkan rongga yang ada dalam campuran semakin besar dan setelah mencapai nilai optimum akan menurun menjadi lebih kecil lalu membuat campuran lebih rapat dan mengalami penurunan nilai *VITM*. Hal ini disebabkan beberapa faktor yaitu gradasi agregat, berat jenis kaca dan kadar optimum pada campuran, rongga udara yang terisi aspal semakin kecil hingga kadar substitusi kaca 20% dan meningkat setelahnya dan membuat campuran tersebut semakin rapat.

#### 5. *VFWA*

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh hasil hubungan antara kadar substitusi kaca dengan nilai stabilitas pada campuran porus seperti yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 15 berikut ini.

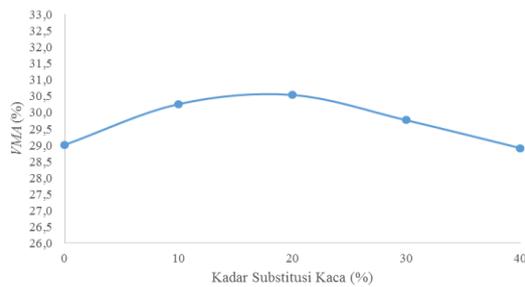


Gambar 15 Grafik Hubungan antara Kadar Substitusi Kaca dengan *VFWA*

Berdasarkan grafik pada Gambar 15 dapat dilihat bahwa nilai *VFWA* semakin rendah hingga nilai 20% lalu kemudian naik seiring dengan meningkatnya proporsi kadar substitusi kaca dalam campuran aspal porus, dengan analisis anova dapat diketahui bahwa peningkatan yang terjadi pada nilai *VFWA* akibat penambahan substitusi kaca adalah signifikan. Penurunan nilai *VFWA* pada campuran porus disebabkan berat jenis yang kecil sehingga membuat volume pada substitusi kaca bertambah dan membuat banyak rongga dalam campuran tidak terisi aspal. Faktor yang mempengaruhi nilai *VFWA* adalah gradasi agregat, kadar aspal, dan jumlah. Pada kadar substitusi kaca 20% nilai *VITM* mencapai nilai tertingginya yang mengakibatkan nilai *VFWA* pada persentase kadar yang sama mengalami penurunan hingga mencapai nilai terendahnya, hal ini dikarenakan banyaknya rongga yang terbentuk namun berkurangnya persen rongga yang terisi aspal karena aspal telah tercampur secara homogen sehingga membuat rongga udara antar butir agregat menjadi lebih banyak.

#### 6. *VMA*

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh hasil hubungan antara kadar substitusi kaca dengan nilai *VMA* pada campuran porus seperti yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 16 berikut ini.



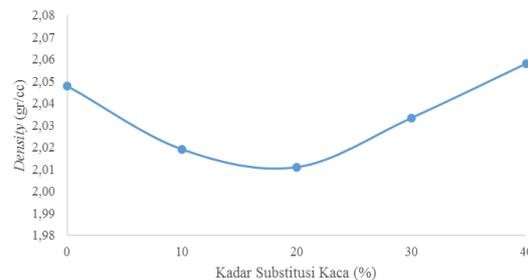
Gambar 16 Grafik Hubungan antara Kadar Substitusi Kaca dengan VMA

Berdasarkan grafik pada Gambar 16 dapat dilihat bahwa nilai VMA semakin naik hingga nilai 20% lalu kemudian turun setelah mencapai nilai optimanya seiring dengan meningkatnya proporsi kadar substitusi kaca dalam campuran aspal porus, dan dengan menggunakan analisis anova dapat diketahui bahwa secara keseluruhan peningkatan dan penurunan yang terjadi pada nilai VMA akibat penambahan substitusi kaca adalah signifikan. Peningkatan nilai VMA pada campuran porus menunjukkan bahwa rongga udara dan kadar aspal efektif yang menyelimuti agregat semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh karena semakin besarnya substitusi kaca ke dalam campuran porus kadar aspal optimum semakin meningkat dan juga dipengaruhi oleh *density* yang menunjukkan kepadatan campuran yang semakin menurun. Kadar aspal optimum yang dihasilkan semakin meningkat bisa disebabkan oleh berat jenis substitusi kaca yang lebih kecil dibandingkan dengan Clereng, sehingga menaikkan nilai VMA dalam campuran porus. Namun hal ini hanya dapat terjadi hingga dia menunjukkan VMA maksimum setelah itu nilai VMA mulai menurun sejalan dengan bertambahnya kadar substitusi. Penurunan ini disebabkan pula oleh berat jenis substitusi limbah kaca yang lebih kecil sehingga mengakibatkan volume yang sedikit pada berat yang sama dan mengurangi rongga yang tersedia untuk ditempati oleh aspal.

#### 7. Density

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh hasil hubungan antara kadar substitusi kaca dengan nilai *density* pada

campuran porus seperti yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 17 berikut ini.

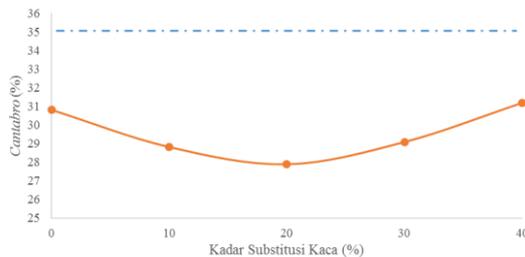


Gambar 17 Grafik Hubungan antara Kadar Substitusi Kaca dengan Density

Berdasarkan grafik pada Gambar 17 dapat dilihat bahwa nilai *density* semakin rendah hingga nilai kadar substitusi 20% lalu kemudian naik seiring dengan meningkatnya proporsi kadar substitusi kaca dalam campuran aspal porus, dengan demikian peningkatan dan penurunan secara keseluruhan yang terjadi pada nilai *density* akibat penambahan substitusi kaca dengan menggunakan analisis anova adalah signifikan. Penurunan ini disebabkan oleh berat jenis dari substitusi kaca yang lebih kecil dibanding Clereng, sehingga berat jenis yang lebih kecil menyebabkan volume yang lebih besar dibandingkan Clereng yang memiliki berat jenis lebih besar pada berat yang sama, namun seiring dengan penambahan substitusi kaca pada kadar tertentu nilai *density* meningkat karena rongga yang terdapat pada campuran lebih rapat. Nilai *density* merupakan perbandingan massa dan volume, oleh karena itu dengan nilai volume yang besar menghasilkan nilai *density* yang kecil hingga batas volume maksimum kemudian nilai *density* mengalami kenaikan. Pada kadar substitusi kaca 0% hingga 20% nilai *density* cenderung mengalami penurunan, hal ini menunjukkan bahwa kerapatan pada campuran dengan kadar substitusi kaca lebih rendah dibandingkan dengan kadar substitusi kaca 30% dan 40% seperti yang terlihat pada nilai VITM yang menunjukkan rongga yang terdapat dalam campuran meningkat pada kadar substitusi kaca 0% hingga 20%.

### Karakteristik *Cantabro* pada Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh hasil hubungan antara kadar substitusi kaca dengan nilai *Cantabro* pada campuran porus seperti yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 18 berikut ini.



Gambar 18 Grafik Hubungan antara Kadar Substitusi Kaca dengan *Cantabro*

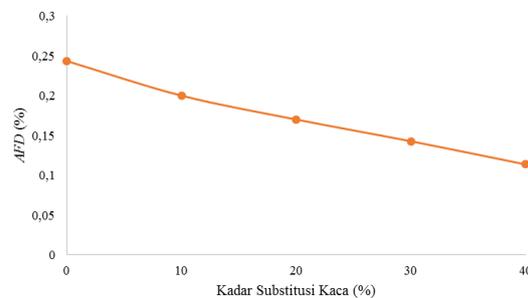
Berdasarkan Gambar 18 dapat dilihat bahwa nilai *Cantabro* semakin menurun seiring dengan penambahan kadar substitusi kaca dan meningkat setelah mencapai kadar substitusi optimumnya, meskipun demikian sesuai dengan hasil analisis anova penurunan dan kenaikan secara keseluruhan pada nilai *Cantabro* tidak signifikan. Penurunan pada pengujian *Cantabro* menunjukkan bahwa ketahanan campuran terhadap benturan cenderung meningkat dan peningkatan pada pengujian ini menunjukkan bahwa ketahanan campuran terhadap benturan cenderung menurun, hal ini disebabkan kehilangan berat pada campuran yang semakin besar dengan persentase penambahan kadar substitusi kaca.

### Karakteristik *Asphalt Flow Down* pada Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh hasil hubungan antara kadar substitusi kaca dengan nilai *Asphalt Flow Down* pada campuran porus seperti yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 19 berikut ini.

Berdasarkan Gambar 19 dapat dilihat bahwa semakin besar kadar substitusi kaca kedalam campuran porus maka nilai *Asphalt flow down* semakin kecil. Penurunan nilai *Asphalt flow down* seiring bertambahnya kadar substitusi kaca sesuai dengan analisis anova terjadi secara signifikan. Penurunan pada nilai

*Asphalt flow down* menunjukkan bahwa aspal tercampur homogen tanpa terjadinya pemisahan aspal seiring bertambahnya kadar substitusi kaca. Hal ini dikarenakan semakin bertambahnya kadar substitusi kaca yang digunakan maka semakin banyak juga volume kaca yang digunakan dengan berat yang sama sehingga aspal lebih terikat dan homogen.



Gambar 19 Grafik Hubungan antara Kadar Substitusi Kaca dengan *Asphalt Flow Down*

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan dari karakteristik campuran porus aspal dengan limbah kaca sebagai substitusi agregat halus No.8 dapat disimpulkan bahwa campuran dengan menggunakan limbah kaca sebagai substitusi agregat halus baik digunakan hingga kurang dari 30% dari total campuran agregat halus No.8 dan mengalami perubahan karakteristik *Marshall* yaitu pada kemampuan campuran menahan beban yang semakin meningkat hingga batas optimum dan menurun setelahnya yaitu pada nilai stabilitas, kemudian nilai *flow*, *MQ*, *VITM*, *VMA* yang mengalami kenaikan hingga batas nilai optimumnya kemudian mengalami penurunan setelahnya, dan nilai *VFWA* dan *density* yang mengalami penurunan namun hingga nilai tertentu mengalami kenaikan setelahnya. Nilai *Cantabro* mengalami penurunan dan kenaikan yang tidak signifikan secara keseluruhan seiring dengan penambahan substitusi kaca kedalam campuran aspal porus. Hal ini menunjukkan bahwa campuran tersebut tahan terhadap campuran hingga mencapai nilai optimalnya dan akan kurang tahan terhadap benturan setelah melewati nilai optimumnya. Dan Nilai *AFD* (*Asphalt Flow Down*) mengalami penurunan yang signifikan seiring

dengan penambahan proporsi substitusi kaca kedalam campuran aspal porus. Hal ini menunjukkan bahwa campuran tersebut tercampur himogen.

### Saran

Merujuk pada hasil penelitian campuran aspal porus dengan menggunakan limbah kaca sebagai substitusi agregat halus No.8, maka disarankan agar penelitian lebih lanjut dapat menggunakan substitusi pada ukuran butiran yang lebih kecil sebagai agregat halus dengan harapan dapat meningkatkan stabilitas dan membutuhkan kadar aspal yang efektif dan menggunakan limbah lainnya sebagai substitusi agregat halus dengan harapan dapat meningkatkan stabilitas dan meningkatkan nilai guna limbah itu sendiri.

### DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, A., (2012), “Pengaruh Penambahan Anti Stripping (*Wetfix-Be*) terhadap Karakteristik Aspal Porus dengan Menggunakan Bahan Pengikat Liquid Asbuton”, *Jurnal Tugas Akhir*, Universitas Hasanuddin, Makasar.
- Australian Asphalt Pavement Association, (2004), *National Asphalt Specification*, National Technology & Leadership Committee, Melbourne
- Djakfar L., Zaika Y., Bowoutro H., (2015), “Pengaruh Penambahan *Additive* Terhadap Kinerja *Marshall* pada Campuran Aspal Porus”, *The 18th FSTPT International Symposium*, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Jasim, A.A., (2014), “Using Waste Glass as Secondary Aggregates in Asphalt Mixtures”, *International Journal of Advanced Research*, Volume 2, Issue 1, 41-46, College of Engineering University of Babylon, Iraq.
- Putri Y.G., Ariyanti F., Djakfar L., Bowoputro H., (2013), “Evaluasi Kinerja Aspal Porus Menggunakan Spesifikasi Gradasi dari Australia (AAPA), California (CalAPA) dan British (BS)”, *Jurnal Civitas Akademik*, Universitas Brawijaya, Malang

## PENGEMBANGAN MODEL UNTUK MEMPREDIKSI BIAYA PEMBANGUNAN RUMAH LAYAK HUNI BERDASARKAN HARGA BAHAN

Albani Musyafa

Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,  
Universitas Islam Indonesia

Email: albani\_muyafa@yahoo.com; albani.musyafa@uii.ac.id

### ABSTRACT

*Cost estimate is very important for all parties involved in a construction, such as owners, contractors, consultants, investors. A method for calculation of cost estimate is Budget Plan (RAB). However, the calculation requires some competencies and time. The objective of this study is to develop a easier method to calculate the cost estimation, i.e. by developing formulations of RAB based on the price of some materials. This research was carried out on simple house projects, which was built in 2014 in regions of Magelang, Bantul, Sleman and Yogyakarta. The data were collected by observation and interviews in the fields. The interviews were conducted to collect information of material prices and labor costs used as the independent variables. While, the observation aimed to calculate the value of RAB used as the dependent variable. Analysis of data used the correlation and regression techniques. Based on the analysis, the variables with strong correlation with RAB is prices of the brick (0.907), while the correlation between employee wage and RAB is quite low. The regression analysis resulted that the cost of house construction can be predicted by equations:  $RAB = 66,823 X_1 - 1.277.771$  or  $RAB = 53,244 X_1 + 26,423 X_2 - 1.826.152$ , with  $X_1$  is the price of standard brick per hundred pieces expressed in rupiah and  $X_2$  is a prices of floor covering material per square meter stated in rupiah. Based on the validation, the accuracy of the formulations is over 97%.*

**Keyword:** *Cost estimation, House construction, Regression*

### PENDAHULUAN

Estimasi biaya perlu dilakukan dengan cermat karena dalam manajemen konstruksi, estimasi ini memiliki peran fundamental diantaranya adalah sebagai bahan: perencanaan, studi kelayakan, penawaran, perjanjian kontrak kerja, pengendalian, dan pengawasan, perkiraan kebutuhan material/peralatan/tenaga kerja, menentukan harga jual/beli, perkiraan keuntungan. Estimasi biaya ini penting dikuasai oleh semua pihak yang terlibat dalam konstruksi termasuk owner atau investor.

Estimasi biaya merupakan bagian proses konstruksi yang sangat mendasar. Estimasi tersebut termasuk manajemen biaya yang merupakan salah satu bagian penting dari manajemen proyek konstruksi (Soeharto, 1995). Salah satu cara untuk membuat estimasi biaya tersebut adalah dengan menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB) (Sibero, 2011).

Cara perhitungan RAB ini tidak mudah terutama di luar kalangan profesional. Dalam melakukan penghitungan tersebut, diperlukan beberapa data seperti, gambar rencana bangunan yang berisi informasi bentuk bangunan, volume atau *quantity* pekerjaan, spesifikasi teknis pekerjaan atau rencana kerja dan syarat-syarat (RKS), harga bahan bangunan yang berisikan daftar harga material yang digunakan pada bangunan, harga upah tenaga kerja, dan koefisien analisa harga satuan bangunan atau standar harga pekerjaan (SNI, 2008).

Bagaimanapun, jika diketahui data yang memadai, perhitungan RAB dapat disederhanakan dengan mencari suatu persamaan sederhana yang didapat dari analisis regresi. Persamaan tersebut terdiri atas beberapa variabel bebas dan satu variabel terikat. Variabel bebas yang akan digunakan adalah harga bahan dan upah tenaga kerja (Santoso, 2002).

Tujuan penelitian ini adalah Untuk mendapatkan persamaan yang dapat digunakan untuk memperkirakan suatu Rencana Anggaran Biaya berdasarkan harga bahan/material dan upah tenaga kerja.

### **BATASAN PENELITIAN**

Agar didapat hasil yang lebih terarah, maka perlu dilakukan pembatasan penelitian yaitu :

1. Bangunan yang diamati adalah 30 buah rumah tembok sederhana baru tipe 45,
2. Tahun pembuatan 2014 di komplek perumahan,
3. Bahan-bahan atau material yang diteliti adalah semen (PC), pasir pasang, pasir urug, pasir beton, besi beton polos, bata merah, batu belah, keramik, genteng flat, dan kayu kusen,
4. Upah tenaga kerja adalah upah tukang batu,
5. RAB hanya meliputi pekerjaan pelaksanaan.
6. Dasar pembuatan RAB adalah SNI 2839:2008.

### **ESTIMASI BIAYA**

Estimasi biaya merupakan bagian proses konstruksi yang sangat mendasar (Soeharto, 1995). Estimasi harga digunakan oleh owner, konsultan perencana, kontraktor atau konsultan pengawas untuk penawaran, perencanaan, dan pengendalian biaya konstruksi. Estimasi tersebut termasuk manajemen biaya yang merupakan salah satu bagian penting dari manajemen proyek konstruksi (Haltenhoff, 1999). Secara umum ada dua macam metode menghitung estimasi yang biasa digunakan, yaitu Estimasi Kasar dan Estimasi Terperinci. Cara yang banyak digunakan untuk menghitung estimasi biaya terperinci tersebut adalah dengan menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB) (Soeharto, 1995).

Pada dasarnya RAB tersebut adalah hasil perkalian antara volume pekerjaan dan Harga Satuan Pekerjaan (HSP). Volume pekerjaan dapat dihitung secara keseluruhan atau per item pekerjaan. Satuan volume pekerjaan bisa dinyatakan dalam titik (ttk), meter lari ( $m^1$ ), meter persegi ( $m^2$ ), meter kubik ( $m^3$ ), lump sum (ls). HSP didapat dari analisis yang meliputi harga dari unsur bahan, alat dan tenaga kerja serta biaya-biaya pendukung lainnya yang ditetapkan dalam harga satuan

volume pekerjaan yang digunakan dalam suatu pekerjaan (SNI, 2008). Unsur tersebut memiliki koefisien (indeks) tertentu untuk suatu jenis pekerjaan. Untuk mendapatkan HSP suatu pekerjaan, koefisien-koefisien tersebut dikalikan dengan harga bahannya. RAB tersebut dihitung tiap pekerjaan, sehingga untuk mendapatkan RAB proyek, maka perlu ditotal RAB seluruh pekerjaan.

### **RAB RUMAH TINGGAL**

Rencana anggaran biaya (RAB) adalah suatu perencanaan biaya yang dibuat berdasarkan volume pekerjaan dan harga satuan pekerjaan. Rumah tinggal adalah salah satu jenis bangunan hunian yang paling banyak dijumpai. Sehingga RAB rumah tinggal ini sering dibuat atau digunakan. RAB tersebut mempunyai peran sangat penting dalam manajemen pembangunan rumah. Apalagi banyak rumah di Indonesia dibangun secara swakelola oleh pemilik/owner (Musyafa, 2013). Pemilik membuat RAB ini dengan tujuan untuk mendapatkan informasi secara detail tentang biaya yang harus disediakan untuk merealisasikan proyeknya. Estimasi yang baik akan memudahkan pemilik dalam mengendalikan proyeknya.

Umumnya, item pekerjaan yang terdapat pada proses pembangunan rumah tinggal tembok di wilayah penelitian adalah sebagai berikut (Musyafa, 2013):

1. Pekerjaan Persiapan, terdiri dari pembersihan lokasi dan pekerjaan pemasangan bowplank.
2. Pekerjaan Tanah, terdiri dari pekerjaan galian tanah pondasi, urugan pasir dan urugan tanah kembali.
3. Pekerjaan Pondasi, terdiri dari pekerjaan pasangan batu kosong dan pasangan pondasi.
4. Pekerjaan Beton, terdiri dari pekerjaan atau pemasangan sloof, kolom dan balok ring.
5. Pekerjaan Pintu dan Jendela, terdiri dari pekerjaan pembuatan dan pemasangan kusen, daun pintu dan daun jendela, serta kelengkapannya seperti engsel, slot, handel, hak angin grendel dll.
6. Pekerjaan Atap, terdiri dari pekerjaan pasangan rangka atap, penutup atap serta penutup plafond dan list.

7. Pekerjaan Lantai, pekerjaan pemasangan keramik dan pemasangan paving block.
8. Pekerjaan Sanitasi
9. Pekerjaan atau Instalasi Listrik
10. Finising atau Pekerjaan Pengecatan.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka beberapa harga bahan dan upah tenaga kerja yang mempengaruhi nilai rencana anggaran biaya (RAB) dipakai sebagai parameter dalam penelitian ini adalah harga pasir per kilogram, harga bata merah perbuah, harga besi tulangan (8 mm) per kilogram, harga semen perkilogram dan upah tukang perorang hari.

Dari unsur-unsur tersebut memiliki pengaruh yang berbeda-beda terhadap nilai RAB. Hal ini tergantung tingkat kebutuhan dan harga satuan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan dan pengaruh bahan dan upah tenaga kerja pada nilai RAB pada pembangunan rumah.

#### METODE PENELITIAN

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan pengamatan dan wawancara langsung di lapangan. Wawancara dilakukan untuk mengetahui harga upah dan harga bahan-bahan. Sebagai narasumber dalam wawancara ini adalah pelaksana/suplaier bahan/material. Sedangkan observasi dilakukan untuk mengetahui jenis pekerjaan, volume pekerjaan dan spesifikasi bahan yang digunakan. Hasil observasi ini dituangkan dalam gambar denah dan tampak bangunan. Jika tersedia, gambar dan informasi dalam brosur dijadikan acuan. Setelah data

terkumpul, RAB tiap bangunan dihitung. Ada 30 bangunan yang diteliti.

Penelitian dilakukan di proyek perumahan yang ada di kabupaten magelang, kabupaten bantul, kabupaten sleman, dan kota Yogyakarta. Proyek perumahan yang dijadikan sebagai objek penelitian adalah 20 lokasi perumahan berikut ini, yaitu: Griya Maliyan, The Jalimbar Residence, Mukti Banguntapan Residence, Grand Intan Residence, Pondok Permai Banguntapan Residence, Puri Glagah Mas, Agatama Regency, Pondok Permai Taman Tirta 2, Lembayung Residence, Puri Taman Nirwana, Pondok Permai Giwangan Residence, Roqa Hills Residence, Graha Margodadi Asri, The Reborn Fasco Village, Bumi Intan Asri, Perumahan Citran Bandara Asri, Asoka Citra, Ambarukmo Garden, Puri Damara, dan Puri Gardenia. Nilai RAB didapat dengan dihitung berdasarkan data tersebut.

#### DATA

Setelah terkumpul, data penelitian ditabulasi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1. Tabel 1 tersebut menunjukkan data yang terkumpul dalam penelitian ini. Data tersebut terdiri dari 30 kasus dengan delapan variabel. Delapan variabel tersebut terisi semua untuk semua kasus sehingga tidak ada nilai yang kosong. Semua variabel memiliki data dengan jenis skala (Santoso, 2000).

Untuk lebih mudah memahami data pada Tabel 1, maka data tersebut perlu didiskripsikan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Data Penelitian

No	PC/ 40 kg	Pasir/ m3	Batu bata /100 buah	Tulangan 10 mm/ btg	Penutup Lantai/ m2	Penutup atap/ m2	Tukang /OH	RAB /m2
1	55000	75000	60000	68000	52000	67500	90000	3065034
2	55000	70000	55000	65960	52000	54000	80000	2563400
3	56000	75000	61500	64600	52000	67500	80000	2865050
4	56000	75000	61500	64600	52000	67500	80000	2862902
5	55000	75000	61500	64600	52000	67500	80000	2643872
6	55000	75000	61500	64600	52000	67500	80000	2674136
7	52000	65000	55000	64600	47000	52500	80000	2330956
8	52000	65000	55000	64600	47000	52500	80000	2340949
9	55000	75000	61500	64600	52000	67500	80000	2809244
10	55000	75000	61500	64600	52000	67500	80000	2811928

No	PC/ 40 kg	Pasir/ m3	Batu bata /100 buah	Tulangan 10 mm/ btg	Penutup Lantai/ m2	Penutup atap/ m2	Tukang /OH	RAB /m2
11	55000	70000	55000	64600	49000	52500	80000	2430055
12	55000	70000	55000	64600	52000	54000	80000	2462740
13	55000	70000	55000	64600	52000	54000	80000	2438362
14	51500	65000	52500	64600	47000	52500	80000	2206870
15	51500	65000	52500	64600	47000	52500	80000	2207707
16	55000	70000	55000	64600	52000	54000	80000	2478770
17	55000	70000	55000	64600	52000	60000	80000	2572348
18	53500	70000	55000	54400	47000	52500	95000	2359612
19	53500	65000	55000	54400	47000	52500	95000	2346584
20	55000	70000	55000	54400	50000	54000	95000	2420959
21	53000	70000	55000	54400	47000	52500	95000	2300784
22	52000	65000	53000	54400	47000	52500	95000	2247729
23	52000	65000	53000	54400	47000	52500	95000	2248788
24	53000	65000	54000	55420	47000	52500	90000	2308854
25	55000	70000	55000	55420	47000	52500	90000	2368068
26	55000	70000	55000	55420	47000	52500	90000	2365691
27	51000	60000	52000	55420	47000	52500	90000	2163207
28	51000	60000	52000	55420	47000	52500	90000	2151182
29	55000	70000	55000	55420	52000	54000	90000	2329562
30	55000	70000	55000	55420	52000	54000	90000	2420959

Tabel 2. Diskripsi data

Variabel	N	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Deviasi std.
PC/ 40 kg	30	51.000	56.000	53.933,33	1.585,132
Pasir/ m3	30	60.000	75.000	69.166,67	4.371,407
Batu bata /100 buah	30	52.000	61.500	55.933,33	3.172,439
Tulangan 10 mm/btg	30	54.400	68.000	60.576,67	5.058,077
Penutup Lantai/ m2	30	47.000	52.000	49.500,00	2.460,025
Penutup atap/ m2	30	52.500	67.500	56.600,00	6.277,217
Tukang/OH	30	80.000	95.000	85.666,67	6.396,838
RAB/m2	30	2.151.182	3.065.034	2.459.876,73	233.652,226

Tabel 2 menunjukkan jumlah variabel dan nilai minimum, maksimum, rata-rata dan deviasi standard dari masing-masing variabel. Dari diskripsi tersebut, dapat difahami bahwa data cukup baik untuk digunakan dalam analisis korelasi (Santoso, 2000).

## ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis korelasi dilakukan untuk mengetahui kuat/lemahnya hubungan antar variabel bebas

dan terikat. Berdasarkan korelasi ini, dipilih variabel bebas yang memiliki korelasi kuat dengan variabel terikat. Sesuai jenis data, yaitu skala, teknik korelasi yang digunakan adalah Pearson's Product Moment (Santoso, 2000). Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis korelasi

	PC /40 kg	Pasir / m3	Batu bata /100 buah	Tulangan 10 mm/ btg	Penutup Lantai/ m2	Penutup atap/ m2	Tukang /OH
Korelasi dengan RAB/m <sup>2</sup>	,740**	,872**	,907**	,610**	,757**	,902**	,406*
Signifikansi	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,026

Tabel 4. Hasil analisis Regresi

Variabel terikat	Koef. X <sub>1</sub>	Konstanta	Akurasi (%)
Y <sub>1</sub>	66,823	-1.277.771	97,38

Keterangan: Y<sub>1</sub> = RAB/m<sup>2</sup>; X<sub>1</sub> = Harga Batu Bata/100 buah (Rp)

Tabel 5. Bobot biaya bangunan rumah

No	Jenis Pekerjaan	Bobot RAB (%)
1	Pekerjaan persiapan	1,60
2	Pekerjaan tanah	1,42
3	Pekerjaan pondasi	7,73
4	Pekerjaan dinding	10,54
5	Pekerjaan plesteran	7,67
6	Pekerjaan kayu	6,40
7	Pekerjaan beton	22,07
8	Pekerjaan atap	12,18
9	Pekerjaan penutup lantai	7,49
10	Pekerjaan langit-langit	5,04
11	Pekerjaan kunci dan kaca	2,14
12	Pekerjaan pengecatan	7,74
13	Pekerjaan sanitasi	6,68
14	Pekerjaan instalasi listrik	0,91
15	Pekerjaan pembersihan akhir	0,41

Tabel 3 tersebut menunjukkan bahwa semua variabel bebas (bahan bangunan) memiliki korelasi yang kuat dan positif dengan variabel terikat yaitu RAB. Hal ini menunjukkan bahwa jika harga bahan meningkat maka RAB juga ikut meningkat. Hal ini sesuai dengan prediksi awal, sehingga dapat dikatakan bahwa pemilihan variabel dan pengukuran data tersebut sudah cukup baik.

Satu-satunya variabel yang memiliki korelasi yang rendah adalah upah tenaga kerja. Hal ini menunjukkan bahwa standar upah tenaga kerja di bidang perumahan tidak lebih baik dari standar harga bahan bangunan. Ini juga menunjukkan belum adanya standar upah bahkan untuk pekerjaan yang relatif sama, yaitu pembangunan rumah tembok sederhana di kompleks perumahan.

Tabel 6. Hasil analisis Regresi

Variabel terikat	Koef. $X_1$	Koef. $X_2$	Konstanta	Akurasi (%)
$Y_2$	53,244	26,423	-1.826.152	98,74

Keterangan:  $Y_2 = RAB/m^2$ ;  $X_1 =$  Harga Batu Bata/100 buah (Rp);  $X_2 =$  Harga Penutup lantai /m<sup>2</sup> (Rp)

Tabel 3 tersebut juga menunjukkan bahwa harga batu bata mempunyai korelasi paling kuat dengan RAB, yaitu korelasinya bernilai 0,907. Korelasi tersebut juga memiliki signifikansi yang sangat baik yaitu 0,000 atau di bawah 0,05. Oleh karena itu, harga batu bata akan digunakan sebagai variabel bebas dalam pembentukan formulasi hubungan antara harga bahan dan RAB (Santoso, 2000).

Analisis regresi dilakukan untuk mengetahui formulasi hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas yang digunakan dalam analisis regresi ini adalah yang memiliki korelasi kuat, yaitu harga batu bata. Teknik regresi yang digunakan adalah regresi linear (Santoso, 2000). Hasil analisis regresi ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 tersebut menunjukkan bahwa dalam formulasi hubungan antara RAB dan harga bahan, hasil regresi memberikan koefisien 66,823 untuk variabel harga batu bata merah dan konstanta sama dengan -1.277.771. Sehingga hasil regresi tersebut dapat ditunjukkan pada persamaan 1.

$$Y_1 = 66,823 X_1 - 1.277.771 \quad (1)$$

Keterangan:

$$Y_1 = RAB/m^2;$$

$X_1 =$  Harga Batu Bata/100 buah (Rp)

Setelah diselidiki akurasi, Persamaan 1 tersebut memiliki tingkat kepercayaan 97,38 % atau memiliki tingkat kesalahan rata-rata plus/minus 2,62 %. Sehingga hasil prediksi dengan persamaan tersebut dapat lebih besar atau lebih kecil dengan kesalahan rata-rata pada angka tersebut. Penyelidikan tersebut didasarkan pada data 30 kasus tersebut.

Untuk mendapatkan formulasi dengan tingkat prediksi yang lebih tinggi, maka dicoba regresi linear dengan melibatkan variabel bebas yang lain, yaitu Harga Penutup Lantai. Variabel ini dipilih dengan pertimbangan bahwa variabel ini memiliki kolinearitas yang rendah dengan

variabel bebas utama, yaitu Harga Batu Bata (Santoso, 2000). Hasil analisis regresi ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6 tersebut menunjukkan bahwa dalam formulasi hubungan antara RAB dan harga bahan, hasil regresi memberikan koefisien 53,244 untuk variabel Harga Batu Bata, koefisien 26,423 untuk variabel Harga Penutup Lantai dan konstanta sama dengan -1.826.152. Sehingga hasil regresi tersebut dapat ditunjukkan pada persamaan 2.

$$Y_2 = 53,244 X_1 + 26,423 X_2 - 1.826.152 \quad (2)$$

Keterangan:

$$Y_2 = RAB/m^2$$

$X_1 =$  Harga Batu Bata/100 buah (Rp)

$X_2 =$  Harga Penutup lantai /m<sup>2</sup> (Rp)

Setelah diselidiki akurasi, Persamaan 2 tersebut memiliki tingkat kepercayaan 98,74 % atau memiliki tingkat kesalahan rata-rata plus/minus 1,26 %. Sehingga hasil prediksi dengan persamaan tersebut dapat dapat memberikan tingkat akurasi yang sedikit lebih baik. Penyelidikan tersebut juga didasarkan pada data 30 kasus tersebut.

Bagaimanapun, prediksi biaya yang dihasilkan oleh model Persamaan 1 dan 2 tersebut merupakan prediksi keseluruhan biaya pembangunan satu unit rumah. Untuk prediksi biaya tiap komponen atau pekerjaan konstruksi, maka hasil persamaan tersebut harus dikalikan dengan bobot masing-masing komponen sebagaimana ditunjukkan oleh Tabel 5 (Musyafa, 2013). Dengan demikian, prediksi biaya dapat dilakukan pada tingkat pekerjaan dalam pembangunan rumah layak huni.

## KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa: model formulasi antara harga bahan sebagai variabel bebas dan Biaya sebagai variabel

terikat dapat dinyatakan dalam dua persamaan sederhana yaitu:  $RAB = 66,823 X_1 - 1.277.771$  atau  $Biaya = 53,244 X_1 + 26,423 X_2 - 1.826.152$ , dengan  $X_1$  adalah harga batu bata ukuran  $22 \times 11 \times 5,5$  per seratus buah yang dinyatakan dalam rupiah dan  $X_2$  adalah harga material penutup lantai per meter persegi yang dinyatakan dalam rupiah. Formulasi tersebut memberikan tingkat akurasi yang cukup baik, yaitu diatas 97 %.

#### SARAN

Untuk pelaku kontraktor pelaksana/ pebisnis properti perumahan, disarankan untuk menekan biaya/harga bahan sebagaimana tercantum dalam data untuk menekan biaya produksi rumah sederhana yang terbuat dari tembok. Untuk estimator, formulasi dalam simpulan tersebut dapat digunakan sebagai cek ulang atas hitungan estimasi biaya bangunan tersebut. Untuk peneliti, disarankan untuk menggunakan meneliti hubungan/pengaruh bahan dan tenaga kerja pada biaya bangunan lain seperti gedung bertingkat, jalan raya, perairan dan lainnya.

#### TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada saudara Ikhwan Fathoni, mahasiswa JTS UII untuk bantuannya dalam pengumpulan data penelitian ini, dan rekan-rekan dosen di JTS UII untuk masukan-masukannya untuk penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Haltenhoff, C., (1999) *The CM Contracting System: Fundamentals and Practices*, Prentice Hall, New Jersey
- Musyafa, A., (2013), "Komposisi Harga Jual Rumah Tinggal Layak Huni Di Yogyakarta: Studi Kasus Pembangunan Rumah Tipe 90/115 di Luar Kompleks Perumahan", *Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7): Peran Rekayasa Sipil dan Lingkungan dalam Mewujudkan Pembangunan yang Berkelanjutan*, Kampus Universitas Sebelas Maret (UNS), Solo
- Santoso, S., (2000) *Buku Latihan SPSS Statistik Parametrik*, Elex Media Komputindo, Jakarta
- Santoso, S. (2002), *Buku Latihan SPSS Statistik Multivariat*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta
- Sibero, I.C., (2011), *Buku Pintar RAB Rencana Anggaran Biaya Untuk Membangun Rumah*, Mediakom, Yogyakarta
- Standar Nasional Indonesia, (2008), *Kumpulan Analisis Biaya Gedung dan Perumahan*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- Soeharto, I., (1995), *Manajemen Proyek: Dari Konseptual sampai Operasional*, Erlangga, Jakarta