

Berlian Hardini, Fachriza Noor Abdi, Budi Haryanto, Mardewi Jamal, Triana Sharly P.A
**PENAMBAHAN ABU TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI BAHAN TAMBAH
DALAM PEMBUATAN PAVING BLOCK**

Ekajati Stepanigari, M. Jazir Alkas, Masayu Widiastuti
**ANALISIS REDESAIN PENGENDALIAN SIMPANG DENGAN MENGGUNAKAN
MKJI 1997 DAN PROGRAM PTV VISSIM**
(Studi Kasus: Jalan P. M. Noor - Jalan D. I. Panjaitan 1 - Jalan D. I. Panjaitan 2)

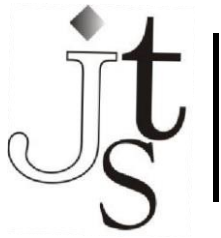
Fahrian, Budi Haryanto, Mardewi Jamal
**PERBANDINGAN PENJADWALAN PROYEK DENGAN METODE PDM
(PRECEDENCE DIAGRAM METHOD) & CPM (CRITICAL PATH METHOD)**
(Studi Kasus: Lanjutan Pembangunan Proyek Gedung SD Islamic Center Samarinda)

Johannes E. Simangunsong, Muhammad Jazir Alkas, Alinia Wati
**PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK PET SEBAGAI BAHAN TAMBAH ASPAL
PADA CAMPURAN ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC)**

Lidwina Putri Astani, Intan Supraba, Rachmad Jayadi
**ANALISIS KEBUTUHAN AIR DOMESTIK DAN NON DOMESTIK DI KABUPATEN
KULON PROGO, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA**

Ma'ruf Syafaat, Mardewi Jamal, Ery Budiman
**ANALISIS PERHITUNGAN WAKTU DAN BIAYA ANTARA ATAP BETON
KONVENSIONAL DENGAN SANDWICH PANEL PADA PERLUASAN BANDARA
PATTIMURA AMBON**

Siti Aminah, Muhammad Jazir Alkas, Ery Budiman
**ANALISA PERBANDINGAN TEBAL LAPIS PERKERASAN JALAN LENTUR
ANTARA METODE ANALISA KOMPONEN SKBI 1987 DAN METODE MANUAL
DESAIN JALAN LENTUR BINA MARGA 2017**



TEKNOLOGI SIPIL
Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi
ISSN : 2252-7613

Volume 05 Nomor 2
November 2021

Dewan Redaksi :

Pelindung

Ir. M. Dahlan Balfas, ST.,MT

Pembina

Ir. Budi Nining Widarti, ST.,M.Eng

Pemimpin Redaksi

Dr. Ir. Hj. Mardewi Jamal, ST, MT

Wakil Pemimpin Redaksi

Ir. Triana Sharly P. Arifin, ST, M.Sc.

Mitra Bestari / Reviewer

Prof. Dr- ing. Ir. Herman Parung, M.Eng (Universitas Hasanuddin)

Dr. Erniati, ST, MT (Universitas Fajar)

Dr. Tamrin, ST, MT (Universitas Mulawarman)

Dr. Johannes E. Simangunsong, ST.,MT (Universitas Mulawarman)

Dr. Ery Budiman, ST, MT (Universitas Mulawarman)

Penyunting

Ir. Hj. Masayu Widiastuti, MT

Fachriza Noor Abdi, ST.,MT

Budi Haryanto, ST.,MT

M. Jazir Alkas, ST.,MT

Heri Sutanto, ST.,MT

Rusfina Widayati, ST.,MSc

Administrator

Aspiah, SE

Alamat Redaksi

Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Mulawarman

Kampus Gunung Kelua, Jalan Sambaliung No. 9 Samarinda 75119

Laman : <http://sipil.ft.unmul.ac.id>, Email : tekniksipil@ft.unmul.ac.id

Telp. (0541) 736834, Fax (0541) 749315

Editorial

Redaksi Jurnal Teknologi Sipil dalam edisi Volume 5 Nomor 2 ini mengucapkan terima kasih kepada Prodi Teknik Sipil dan Fakultas Teknik Universitas Mulawarman yang telah memberikan dukungannya.

Diharapkan seluruh penulis makalah akan tetap setia dan konsisten dalam mempublikasikan hasil-hasil penelitian terbaru. Selain itu kami berusaha agar lingkup edar Jurnal Teknologi Sipil dapat semakin meluas yang pada akhirnya juga akan memacu peningkatan kualitas dari Jurnal Teknologi Sipil.

Akhir kata, redaksi mengucapkan terima kasih atas segala bentuk kontribusi serta kritik dan saran yang telah diberikan oleh seluruh pendukung setia jurnal ini.

Wassalam

Redaksi

Daftar Isi

<i>Berlian Hardini, Fachriza Noor Abdi, Budi Haryanto, Mardewi Jamal, Triana Sharly P.A</i>	
PENAMBAHAN ABU TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI BAHAN TAMBAH DALAM PEMBUATAN PAVING BLOCK.....	1
<i>Ekajati Stepanigari, M. Jazir Alkas, Masayu Widiastuti</i>	
ANALISIS REDESAIN PENGENDALIAN SIMPANG DENGAN MENGGUNAKAN MKJI 1997 DAN PROGRAM PTV VISSIM (Studi Kasus: Jalan P. M. Noor - Jalan D. I. Panjaitan 1 - Jalan D. I. Panjaitan 2)	6
<i>Fahrian, Budi Haryanto, Mardewi Jamal</i>	
PERBANDINGAN PENJADWALAN PROYEK DENGAN METODE PDM (PRECEDENCE DIAGRAM METHOD) & CPM (CRITICAL PATH METHOD) (Studi Kasus: Lanjutan Pembangunan Proyek Gedung SD Islamic Center Samarinda).....	17
<i>Johannes E. Simangunsong, Muhammad Jazir Alkas, Alinia Wati</i>	
PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK PET SEBAGAI BAHAN TAMBAH ASPAL PADA CAMPURAN ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC).....	26
<i>Lidwina Putri Astani, Intan Supraba, Rachmad Jayadi</i>	
ANALISIS KEBUTUHAN AIR DOMESTIK DAN NON DOMESTIK DI KABUPATEN KULON PROGO, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA.....	34
<i>Ma'ruf Syafaat, Mardewi Jamal, Ery Budiman</i>	
ANALISIS PERHITUNGAN WAKTU DAN BIAYA ANTARA ATAP BETON KONVENSIONAL DENGAN SANDWICH PANEL PADA PERLUASAN BANDARA PATTIMURA AMBON.....	42
<i>Siti Aminah, Muhammad Jazir Alkas, Ery Budiman</i>	
ANALISA PERBANDINGAN TEBAL LAPIS PERKERASAN JALAN LENTUR ANTARA METODE ANALISA KOMPONEN SKBI 1987 DAN METODE MANUAL DESAIN JALAN LENTUR BINA MARGA 2017.....	50

PENAMBAHAN ABU TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI BAHAN TAMBAH DALAM PEMBUATAN *PAVING BLOCK*

Berlian Hardini¹⁾, Fachriza Noor Abdi²⁾, Budi Haryanto³⁾, Mardewi
Jamal⁴⁾, Triana Sharly P. Arifin⁵⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Mulawarman, Jl.Sambaliung No.9
Email : berlianhardini01@gmail.com

^{2,3,4,5)}Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl.Sambaliung No.9
Kampus Gunung Kelua, Samarinda
fnabdi@ft.unmul.ac.id²⁾
haryb7951@gmail.com³⁾
wie_djamal@yahoo.com⁴⁾
triana.sharly@gmail.com⁵⁾

Abstrak

Paving block adalah komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen *portland*, air dan agregat halus dengan atau tanpa bahan tambah lainnya yang tidak mengurangi mutu dari beton tersebut. *Paving block* merupakan sarana transportasi yang umumnya digunakan dalam perkerasan jalan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu tempurung kelapa pada *paving block* menggunakan pasir palaran dengan perbandingan 1:6. Metode pengujian yang digunakan berdasarkan SNI 03-0691-1996. Benda uji berbentuk persegi panjang dengan ukuran 20cm x 10cm x 6cm sebanyak 39 benda uji dimana 9 benda uji merupakan produksi pabrik dan 30 benda uji merupakan benda uji dengan bahan tambah abu tempurung kelapa sebesar 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10% dari berat semen dengan faktor air semen sebesar 0,40. Pengujian kuat tekan menggunakan masing masing 3 buah benda uji dan pengujian daya serap air menggunakan 3 buah benda uji berlaku untuk setiap variasi. Pengujian kuat tekan dilakukan setelah *paving block* berumur 28 hari.

Untuk variasi perbandingan abu tempurung kelapa adalah 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10% dari berat semen dengan nilai fas sebesar 0,40. Kemudian diperoleh nilai kuat tekan berturut-turut sebesar sebesar 7,2 MPa, 10,5 MPa, 7,8 MPa, 7,6 MPa dan 6,1 Mpa. Berdasarkan hasil tersebut maka *paving block* dengan penambahan abu tempurung kelapa sebesar 2,5% terhadap berat semen dengan perbandingan semen, pasir dan air yaitu 1:6:0,40 memenuhi syarat berdasarkan SNI 03-0691-1996 masuk pada mutu D atau dapat digunakan untuk taman yang memiliki harga produksi lapangan sebesar Rp. 1.290,- /buah.

Kata kunci : *paving block*, abu tempurung kelapa, daya tekan, daya serap air, biaya produksi

Abstract

The composition of paving block are a mixture of portland cement, water and fine aggregates with or without other added materials that do not reduce the quality of the concrete. Paving blocks aim to transportation that is commonly used in road pavement.

This research aim to find the effect of adding coconut shell ashes on paving blocks with a ratio 1: 6. The test method based on SNI 03-0691-1996. The rectangular sample measuring 20cm x 10cm x 6cm with 39 sample which are 9 samples are factory production and 30 sample are samples with 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10% coconut shell ashes of cement weight with 0,40 cement water factor. Strong pressing test use 3 samples and water absorption test use 3 samples for every variant. Strong pressing test concrete after 28 days.

Variant of coconut shell ashes are 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10% of cement weight with 0,40 cement water factor. The result of strong pressing test are 7.2 MPa, 10.5 MPa, 7.8 MPa, 7.6 MPa and 6.1 Mpa. Based on these results, paving blocks with the 2,5% addition of coconut shell ashes with ratio of cement, fine aggregates and water that is 1:6:0, would qualify according to SNI 03-0691-1996 to quality D or could be used for the park that have cost production price Rp. 1,290, - / piece.

Keywords: paving blocks, coconut shell ashes, compressive strength, water absorption, cost production.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun rumah tangga. Limbah utamanya berhubungan dengan pencemaran lingkungan. Menurut PP Nomor 18 tahun 1999, limbah adalah sisa suatu kegiatan usaha. Dalam pengertian lain ialah buangan yang dihasilkan oleh aktivitas produksi baik domestik maupun non-domestik. Adanya limbah dalam jumlah tertentu berdampak pada kesehatan manusia dan ekosistem.

Pertumbuhan penduduk yang sangat pesat mengakibatkan tingginya pembangunan infrastruktur terutama pada sarana hunian. Pertambahan kawasan-kawasan hunian lebih lanjut akan memicu meningkatnya kebutuhan bahan bangunan. Salah satu cara untuk mengatasi kebutuhan bahan bangunan tersebut adalah dengan cara meningkatkan pemanfaatan sumber daya lokal yang berada di lingkungan agar biaya yang dikeluarkan lebih ekonomis.

Tempurung kelapa adalah limbah dari pasar tradisional, yang tidak termasuk dalam produk utama dari proses pengolahan kelapa. Tempurung kelapa adalah jenis limbah padat dari pasar tradisional yang umumnya hanya dimanfaatkan sebagai sumber bahan bakar untuk keperluan memasak, khususnya bagi rumah tangga yang masih menggunakan tungku dapur tradisional. Bahkan tak jarang limbah tempurung kelapa yang melimpah tersebut dibiarkan begitu saja sehingga hancur kembali ke alam tanpa memberi manfaat ekonomis.

Berdasarkan SNI-03-0691-1996 tentang bata beton (*paving block*), *paving block* adalah komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen *portland*, air dan agregat halus

dengan atau tanpa bahan tambah lainnya yang tidak mengurangi mutu dari beton tersebut.

Tempurung kelapa yang dipandang sebelah mata oleh masyarakat diharapkan mampu meningkatkan kuat tekan *paving block*, sehingga masyarakat tidak lagi membuang sampah tempurung kelapa di sembarang tempat yang dapat menimbulkan polusi lingkungan.

Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh penambahan abu tempurung kelapa pada *paving block* dengan pengujian berdasarkan SNI 03-0691-1996.

Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui kuat tekan *paving block* berdasarkan penambahan abu tempurung kelapa yang bervariasi.
2. Untuk mengetahui kualitas *paving block* dengan bahan tambah abu tempurung kelapa berdasarkan SNI 03-0691-1996.
3. Berapa harga pokok produksi sebuah *paving block* dengan penambahan limbah abu tempurung kelapa yang kompetitif di pasaran?

Paving block

Paving block adalah suatu komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen portland, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton tersebut (SNI 03-0691-1996).

Abu Tempurung kelapa

Indonesia memiliki potensi tinggi produksi kelapa. Luas areal tanaman kelapa mencapai 3.654.478 Ha dengan total produksi sekitar 3.051.585 ton, dari luasan tersebut sekitar 99% diusahakan oleh petani rakyat. Komoditas kelapa di samping dimanfaatkan untuk konsumsi dalam

negeri sebagian diekspor yang akan mendatangkan devisa sehingga komoditas ini dapat dijadikan salah satu sumber perekonomian nasional.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa komposisi kimia tempurung kelapa yakni, selulosa 26,60%, lignin 29,40%, pentosan 27,70%, *solvent* ekstraktif 4,20%, *uronat anhidrid* 3,50%, abu 0,62%, nitrogen 0,11%, dan air 8,01%, abu tempurung kelapa ini mengandung silika yang merupakan bahan tambah bersifat seperti *pozzolan*. kepadatan abu tempurung kelapa ini sebesar 2,05 g/cm³ di mana ini termasuk material masuk kategori *fly ash*.

Syarat Mutu *Paving block*

Adapun persyaratan-persyaratan mutunya berdasarkan SNI-03-0691-1996 adalah:

a. Sifat Tampak

Bata beton harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.

b. Ukuran

Bata beton harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi +8%.

c. Sifat Fisika

Bata beton harus mempunyai sifat-sifat fisika seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 1 Sifat-sifat fisika *paving block*

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		Penyerapan Air Rata-rata Maksimal (%)	Klasifikasi Mutu Paving Block
	Rata-Rata	Min		
A	40	35	3	Digunakan untuk Jalan
B	20	17.0	6	Digunakan untuk peralatan parker
C	15	12.5	8	Digunakan untuk pejalan kaki
D	10	8.5	10	Digunakan untuk taman

Klasifikasi Mutu *Paving block*

Klasifikasi *paving block* :

1. *Paving block* mutu A : digunakan untuk jalan
2. *Paving block* mutu B : digunakan untuk pelataran parkir

3. *Paving block* mutu C : digunakan untuk pejalan kaki
4. *Paving block* mutu D : digunakan untuk taman dan penggunaan lain

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang dipakai dalam penelitian ini mengacu kepada SNI 03-0691-1996 mengenai Bata Beton (*Paving block*). Pencetakan *paving block* dilaksanakan di PT Borneo Abadi *Paving block* Specialist dan pengujian dilaksanakan Laboratorium Rekayasa Sipil Fakultas Teknik Universitas Mulawaraman. Bahan-bahan yang digunakan berupa :

1. Semen, dalam penelitian ini di g u n a k a n adalah semen Portland tipe 1 berfungsi sebagai bahan pengikat material pengisi lainnya.
2. Agregat halus yang digunakan berupa pasir palaran yang lolos pada saringan 4,75 mm. Sebelum dipakai sebagai benda uji, pasir diuji untuk mengetahui kelayakan data teknis meliputi kandungan lumpur, gradasi pasir, berat jenis dan kadar air.
3. Air berasal dari PT Borneo Abadi *Paving block* Specialist .
4. Bahan tambah abu tempurung kelapa yang lolos saringan no.200

Peralatan yang digunakan berupa Alat uji Fisis Agregat halus, drum bekas untuk proses pembakaran tempurung kelapa dan alu untuk proses penghalusan tempurung kelapa, *Press Machine* dengan cetakan *paving block* 20 cm x 10 cm x 6 cm dan skop.

Pembuatan Benda Uji

Variasi dan jumlah benda uji yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 36 benda uji dengan 6 *paving block* produksi pabrik dan 30 benda uji menggunakan bahan tambah abu tempurung kelapa sebesar 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% terhadap berat semen dan menggunakan factor air semen sebesar 0,40.

Perawatan Benda Uji

Paving block setelah dilakukan pencetakan dianginkan selama 5 hari selanjutnya dilakukan perendaman selama 12 hari setelah sudah 12 hari dilakukan perendaman *paving block* diangkat dan kembali dianginkan selama 7 hari dengan total umur *paving block* yaitu berumur 28 hari

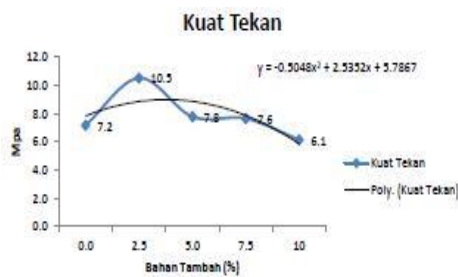
Pengujian Benda Uji

Pengujian kuat tekan menggunakan 3 buah benda uji yang telah berusia 28 hari dan pengujian daya serap juga menggunakan 3 buah benda uji, berlaku untuk semua variasi.

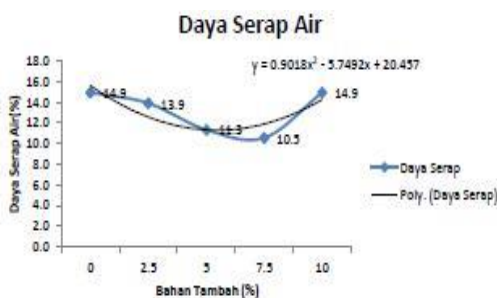
Pengujian daya serap air dilakukan dengan merendam 3 buah benda uji untuk semua variasi selama 24 jam, selanjutnya dilakukan pengeringan menggunakan oven dengan suhu 105⁰ selama 24 jam.

HASIL DAN ANALISIS

Berdasarkan SNI 03-0691-1996, diperoleh hasil pengujian nilai kuat tekan dan daya serap air rata-rata yang ditampilkan dalam grafik 1 dan 2.



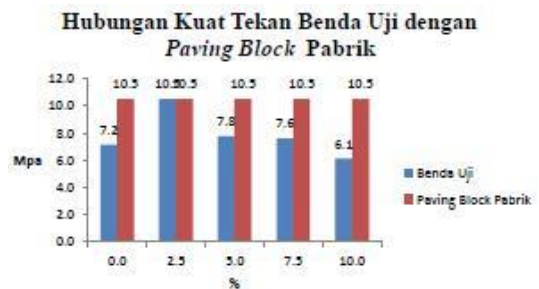
Grafik 1 Kuat Tekan *Paving block* Rata-rata



Grafik 2 Daya Serap Air *Paving block* Rata-rata

Dari grafik 1 dan 2 di atas diperoleh nilai persentase penambahan abu tempurung kelapa 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% berturut-turut sebesar 7,2 MPa, 10,5 MPa, 7,8 MPa, 7,6 MPa dan 6,1 Mpa. Dimana pada persentase 2,5% bahan tambah abu tempurung kelapa masuk dalam kategori mutu D untuk taman dan penggunaan lainnya.

Peningkatan kuat tekan ini menunjukkan adanya silika yang merupakan senyawa yang bersifat pozzolan yang terkandung dalam tempurung kelapa. *Pozzolan* merupakan sifat semen ketika dalam keadaan halus dapat bereaksi dengan air dan kapur pada suhu normal dan menjadi massa padat.



Grafik 3 Hubungan Kuat Tekan Benda Uji dengan *Paving Block* Pabrik

Diketahui nilai kuat tekan untuk benda uji F1, F2, F3 berturut turut 10,0 MPa, 11,6 MPa dan 10,0 MPa sehingga diperoleh nilai kuat tekan rata-rata sebesar 10,5 MPa. *Paving block* kemudian digolongkan berdasarkan SNI 03-0691-1996 sehingga diperoleh kategori mutu D untuk taman dan penggunaan lain.



Grafik 4 Hubungan Daya serap Benda Uji dengan *Paving block* Pabrik

Berdasarkan Grafik 4 tentang hubungan daya serap benda uji dengan *paving block* Pabrik, tidak ada *paving block* pabrik yang masuk dalam kategori mutu SNI 03-0691-1996.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah

1. Nilai kuat tekan rata-rata *paving block* produksi pabrik adalah 10,5 MPa, sedangkan kuat tekan pada persentase penambahan abu tempurung kelapa 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% berturut-turut sebesar 7,2 MPa, 10,5 MPa, 7,8 MPa, 7,6 MPa dan 6,1 Mpa.

2. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kualitas *paving block* yang tergolong dalam kategori D berdasarkan SNI 03-0691-1996 yakni pada benda uji 2,5% dengan nilai kuat tekan sebesar 10,5 MPa, sedangkan pada persentase 0%, 5%, 7,5% dan 10% adalah 7,2 MPa, 7,8 MPa, 7,6 MPa dan 6,1 Mpa. Dari kuat tekan tersebut maka penambahan abu tempurung kelapa dinilai mampu meningkatkan kualitas dari *paving block* dari sisi kuat tekannya, sedangkan dari sisi penyerapan air abu tempurung kelapa memiliki nilai yang lebih rendah dari benda uji tanpa bahan tambah.

3. Perhitungan harga pokok produksi *paving block* dengan abu tempurung kelapa sebagai bahan tambah ialah sebesar Rp. 1.290,-/buah yang termasuk dalam kategori mutu D, kemudian diasumsikan memperoleh keuntungan sebesar 15% maka *paving block* bernilai seharga Rp. 1.490,-.

DAFTAR PUSTAKA

1. A. R. Mukhlis Iwan Mustaqim & Juli Marliansyah, 2017. *Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa*.
2. Badan Standarisasi Nasional. 1996. Bata Beton (*Paving block*). SNI 03-0691-1996. Jakarta.

ANALISIS REDESAIN PENGENDALIAN SIMPANG DENGAN MENGGUNAKAN MKJI 1997 DAN PROGRAM *PTV VISSIM* (Studi Kasus: Jalan P. M. Noor - Jalan D. I. Panjaitan 1 - Jalan D. I. Panjaitan 2)

Ekajati Stepanigari¹⁾ M. Jazir Alkas²⁾ Masayu Widiastuti³⁾

¹⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda
e-mail: ekajees@gmail.com

²⁾Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda
e-mail: mjalkaz@gmail.com

³⁾Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda
e-mail: widiwidada@ft.unmul.ac.id

Abstrak

Simpang merupakan daerah dengan titik pertemuan dua jalan atau lebih. Salah satu simpang di Kota Samarinda yang sering mengalami kemacetan adalah simpang Tiga Panjaitan (Jl. D.I Panjaitan 1, Jl. P.M Noor dan Jl. D.I Panjaitan 2), simpang ini merupakan simpang tiga tak bersinyal. Untuk mengatasi permasalahan pada simpang tersebut diambil solusi penanganan dengan merencanakan simpang bersinyal dan bundaran. Dalam penelitian ini, kinerja simpang dianalisis dengan menggunakan MKJI 1997 dan dimodelkan dengan *software PTV Vissim Student Version*.

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan solusi alternatif terbaik untuk pengembangan simpang yang dinilai dengan tingkat pelayanan simpang. Dan membandingkan hasil antara MKJI 1997 dengan *PTV Vissim*. Proses pendekatan antara MKJI 1997 dengan *PTV Vissim* dilakukan dengan jalan kalibrasi antara kedua metode tersebut. Hal ini dilakukan dengan menyesuaikan model *PTV Vissim* dengan MKJI 1997, yang dapat dilihat dari uji statistik GEH.

Analisis kinerja simpang kondisi eksisting dengan menggunakan MKJI 1997 menghasilkan nilai tundaan simpang = 84.90 detik/kendaraan dan nilai derajat kejenuhan = 1.56, dengan tingkat pelayanan simpang F. Sedangkan hasil analisis menggunakan *PTV Vissim* diperoleh nilai tundaan simpang = 56.40 detik/kendaraan, dan nilai derajat kejenuhan simpang = 1.29, dengan tingkat pelayanan simpang F.

Selanjutnya pada alternatif pertama yaitu dengan merencanakan simpang bersinyal dengan pengaturan 2 fase dan 3 fase dengan menggunakan MKJI 1997. Dari hasil perencanaan pengaturan lampu lalu lintas dengan menggunakan MKJI 1997, pada pengaturan 2 fase diperoleh tingkat pelayanan simpang D pada tiap-tiap pendekat (berdasarkan nilai tundaan), dan tingkat pelayanan simpang pada Jl. D.I Panjaitan 1, Jl. P.M Noor dan Jl. D.I Panjaitan 2 berturut-turut E, E dan D (berdasarkan nilai derajat kejenuhan). Selanjutnya hasil perencanaan pengaturan lampu lalu lintas dengan pengaturan 3 fase diperoleh tingkat pelayanan simpang E pada tiap-tiap pendekat (berdasarkan nilai tundaan), dan tingkat pelayanan simpang berturut-turut D, E dan E (berdasarkan nilai derajat kejenuhan).

Alternatif kedua yaitu perencanaan bundaran, dari standar pedoman MKJI 1997, dipilih tipe bundaran R10-22. Pada alternatif ini diperoleh nilai tundaan simpang pada Jl. D.I Panjaitan 1 = 4.17 detik/kendaraan, Jl. P.M Noor = 3.34 detik/kendaraan dan Jl. D.I Panjaitan 2 = 4.7 detik/kendaraan dengan tingkat pelayanan simpang A pada tiap-tiap pendekat. Selanjutnya diperoleh nilai derajat kejenuhan pada Jl. D.I Panjaitan 1 = 0.72, Jl. P.M Noor = 0.64 dan Jl. D.I Panjaitan 2 = 0.73 dengan tingkat pelayanan simpang C pada tiap-tiap pendekat. Sedangkan hasil analisis menggunakan *PTV Vissim* diperoleh nilai tundaan simpang diantaranya pada Jl. D.I Panjaitan 1 = 21.98 detik/kendaraan, Jl. P.M Noor = 26.83 detik/kendaraan dan Jl. D.I Panjaitan 1 = 15.49 detik/kendaraan, dengan tingkat pelayanan simpang berturut-turut C, D dan C pada tiap-tiap pendekat. Nilai derajat kejenuhan yang diperoleh pada

Jl. D.I Panjaitan 1 = 1.03, Jl. P.M Noor = 1.21 dan Jl. D.I Panjaitan 2 = 1.12, dengan tingkat pelayanan simpang F pada tiap-tiap pendekat. Dari hasil perencanaan bundaran dan pengaturan lampu lalu lintas

dapat dibandingkan berdasarkan kinerjanya maka dapat direkomendasikan bahwa pada perencanaan simpang tersebut lebih mengarah kepada perencanaan pengaturan tanpa sinyal lalu lintas dengan bundaran.

Kata kunci: Kinerja simpang, Tingkat Pelayanan Simpang, MKJI 1997, Software PTV Vissim

**REDESIGN ANALYSIS OF INTERSECTION MANAGEMENT
USING MKJI 1997 AND THE PTV VISSIM SOFTWARE
(CASE STUDY: P.M NOOR ST - D.I. PANJAITAN 1 ST - D.I PANJAITAN 2 ST)**

ABSTRACT

often experiences traffic jams is the Panjaitan Y intersection (D.I Panjaitan 1 St, P.M Noor St, and D.I Panjaitan 2 St), this intersection is an intersection without any traffic light. To solve the problem at the intersection, a solution is taken by planning the intersection by adding traffic lights and roundabouts. In this study, the intersection performance was analyzed using the MKJI 1997 and modeled with the PTV Vissim student version software.

Research purpose finds the best alternative solution for the next intersection alternative design which is assessed by the level service of the intersection. And it is comparing the results between MKJI 1997 and PTV Vissim. The approach process between MKJI 1997 and PTV Vissim was carried out by calibration between both methods. It is controlled by adjusting the PTV Vissim model to MKJI 1997, which can be seen from the GEH statistic test.

Intersection performance analysis of existing conditions using MKJI 1997 has resulted in intersection delay = 84.90 seconds/vehicle and the degree of saturation value = 1.56, with level service of intersection in F category. While results analysis processes with PTV Vissim obtained the intersection delay value = 56.40 seconds/vehicle and degree of saturation value = 1.29, with level service of intersection in F category, also. Furthermore, the first alternative design, intersection design with 2-phase and 3-phase signalized apparatus with MKJI 1997 method.

Results of traffic light control have been designed by MKJI 1997 on 2-phase settings, it is obtained the level service of intersection in D class for each approach (based on delay value), and the level service at the intersection at D.I Panjaitan 1 leg, P.M Noor leg and D.I Panjaitan 2 one, respectively are E, E, and D (based on degree of saturation value). Next, results of the traffic light arrangement planning with 3-phase arrangement obtained the level service intersection in E class for each approach (based on delay value), and level service of intersection respectively are D, E, and E (based on degree of saturation value).

The second alternative is roundabout planning, based on MKJI 1997, the roundabout type R10-22 is selected. In this alternative, the intersection delay value is obtained at D.I Panjaitan 1 st = 4.17 seconds/vehicle, P.M Noor st = 3.34 seconds/vehicle, and D.I Panjaitan 2 st = 4.7 seconds/vehicle with level service of intersection in A category for each approach. Next, degree saturation value is obtained on D.I Panjaitan 1 st = 0.72, P.M Noor st = 0.64, and D.I Panjaitan 2 st = 0.73 with level service of intersection in C category for each approach. While results of analysis using PTV Vissim obtained value of the intersection delay, including on D.I Panjaitan 1 st = 21.98 seconds/vehicle, P.M Noor st = 26.83 seconds/vehicle and D.I Panjaitan 1 st = 15.49 seconds/vehicle, with level service of intersections, are C, D, and C for each approach. The degree of saturation value obtained D.I Panjaitan 1 st = 1.03, P.M Noor st = 1.21, and D.I Panjaitan 2 st = 1.12, with level service of intersection in F class for each approach. From the results of roundabout planning and traffic light settings, it can be compared based on its performance, it can be recommended that the intersection planning is more directed at planning the arrangement without traffic signals with a roundabout.

Keywords: Intersection Performance, Level of Service, MKJI 1997, Software PTV Vissim

PENDAHULUAN

Simpang tak bersinyal (*unsignalized intersection*), yaitu simpang yang tidak memakai sinyal lalu lintas. Pada simpang ini pemakai jalan harus memutuskan apakah mereka cukup aman untuk melewati simpang atau harus berhenti dahulu sebelum melewati simpang tersebut [1].

Salah satu persimpangan di Kota Samarinda yang sering mengalami kemacetan adalah simpang tiga Panjaitan. Persimpangan ini merupakan simpang tak bersinyal yang mempertemukan antara jalan nasional dan jalan kota, sehingga menyebabkan persimpangan ini dilewati berbagai macam moda kendaraan. Permasalahan yang sering terjadi adalah penumpukan kendaraan dan letak simpang tersebut berdekatan dengan pusat kegiatan masyarakat antara lain tempat beribadah, pasar, dan pusat-pusat pertokoan.

Berdasarkan kondisi di atas, maka diperlukan suatu penelitian untuk menganalisis kinerja simpang tersebut. Pengembangan dari simpang tak bersinyal menjadi bersinyal dan bundaran perlu dipertimbangkan. Untuk mendukung pengembangan simpang tersebut, maka perlu dilakukan pula pemodelan simulasi lalu lintas yang bertujuan untuk memperkirakan kinerja lalu lintas pada persimpangan atau sistem jaringan jalan. Sehingga pada penelitian ini untuk melakukan pemodelan tersebut digunakan *software PTV Vissim*.

Oleh karena itu, penulis mengangkat judul “**Analisis Redesain Pengendalian Simpang dengan menggunakan MKJI 1997 dan Program PTV Vissim**”. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan oleh instansi pemerintah atau swasta sebagai pertimbangan dalam mengatasi kemacetan dan penumpukan kendaraan di persimpangan.

Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka diharapkan tujuannya adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kinerja simpang tidak bersinyal di lokasi penelitian sekarang
2. Mengetahui kinerja simpang bersinyal
3. Mengetahui kinerja simpang tidak bersinyal dengan bundaran
4. Mengetahui solusi dari alternatif terbaik dengan parameter yang sesuai untuk pengembangan simpang pada kasus di atas

5. Mengetahui konvergensi antara MKJI 1997 dan program *PTV Vissim* pada kasus di atas

Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada pembahasan tentang:

1. Penelitian dilakukan pada persimpangan Jalan P. M. Noor-Jalan D. I. Panjaitan 1 -Jalan D. I. Panjaitan 2
2. Prosedur perhitungan untuk tingkat kinerja berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997
3. Pemodelan simpang menggunakan program *PTV Vissim 2021 (student version)*
4. Penelitian ini membahas kinerja simpang dan tidak membahas analisa biaya serta pembebasan lahan

TINJAUAN PUSTAKA

Persimpangan

Persimpangan merupakan suatu ruang/tempat pertemuan antara 2 atau lebih ruas jalan yang bertemu atau bersilangan, bervariasi dari persimpangan yang sangat sederhana yang terdiri dari ruang/tempat pertemuan antara 2 (dua) ruas jalan sampai dengan persimpangan yang sangat kompleks berupa ruang/tempat pertemuan dari beberapa (>2) ruas jalan [2].

Kinerja suatu simpang didefinisikan sebagai ukuran kuantitatif yang menerangkan kondisi operasional fasilitas simpang [3].

Dalam MKJI (1997) disebutkan bahwa ukuran-ukuran yang menjadi dasar kinerja simpang tak bersinyal adalah kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan dan peluang antrian [4].

Kapasitas

Kapasitas merupakan arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan (tetap) pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu. Kapasitas pada simpang tak bersinyal dihitung dengan persamaan berikut:

$$C = C_o \times F_W \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI}$$

Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan pada simpang tak bersinyal dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$DS = \frac{Q_{TOT}}{C}$$

Tundaan Simpang (D)

Tundaan simpang dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$D = DG + DT_1 \text{ (det/smp)}$$

Peluang Antrian

Peluang antrian simpang tak bersinyal diperoleh dengan menggunakan persamaan:

Batas atas:

$$QP\% = 47,7 \times DS - 24,68 \times DS^2 + 56,47 \times DS^3$$

Batas bawah:

$$QP\% = 9,02 \times DS + 20,66 \times DS^2 + 10,49 \times DS^3$$

Tingkat Pelayanan Simpang

Tingkat pelayanan adalah ukuran kuantitatif dan kualitatif yang menggambarkan kondisi operasional lalu lintas [3].

Tingkat pelayanan ini umumnya digunakan sebagai ukuran dari pengaruh bertambahnya volume/jumlah kendaraan pada suatu daerah. Adapun kriteria tingkat pelayanan simpang disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Kriteria tingkat pelayanan berdasarkan nilai tundaan (D)

Tingkat Pelayanan	Tundaan (detik/kend.)
A	≤ 5
B	> 5.1 - 15
C	> 15.1 - 25
D	> 25.1 - 40
E	> 40.1 - 60
F	≥ 60

(Sumber: [3])

Tabel 2. Kriteria tingkat pelayanan jalan berdasarkan nilai derajat kejenuhan (DS)

Tingkat Pelayanan	Derajat Kejenuhan (V/C)
A	0,0 - 0,20
B	0,21 - 0,44
C	0,45 - 0,74
D	0,75 - 0,84
E	0,85 - 1
F	>1

(Sumber: [4])

PTV Vissim

Vissim atau *Verkehr Städten SIMulationsmodel* adalah *software* yang bisa melakukan simulasi untuk lalu lintas multi-modal mikroskopik, transportasi umum dan pejalan kaki, dikembangkan oleh *PTV Planung Transport Verkehr AG* di Karlsruhe, Jerman [6].

Kalibrasi PTV Vissim

Kalibrasi pada *Vissim* merupakan proses dalam membentuk nilai-nilai parameter yang sesuai sehingga model dapat mereplikasi lalu lintas hingga kondisi yang semirip mungkin [7].

Pada penelitian ini menggunakan model antrian kendaraan Wiedemann 74. Parameter kalibrasi yang diubah pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3. Berikut.

Tabel 3. Perubahan Parameter Kalibrasi

Fitur pada program	Parameter yang diubah	Nilai	
		Sebelum	Sesudah
<i>Following</i>	<i>Look ahead distance</i>		
	• Minimal	0 m	0 m
	• Maximal	250 m	200 m
	<i>Look back distance</i>		
	• Minimal	0 m	0 m
	• Maximal	150 m	150 m
	<i>Model parameters</i>		
	<i>Average standstill distance</i>	2 m	0,5 m
	<i>Additive part of safety distance</i>	1	0,5 m
	<i>Multiple part of safety distance</i>	3	1
<i>Lance change</i>	<i>Cooperative lane change</i>	<i>No</i>	<i>Yes</i>
<i>Lateral</i>	<i>Desired position at free flow</i>	<i>Middle of lane</i>	<i>Any</i>
	<i>Overtake on same lane</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>
<i>Minimum lateral distance</i>			
• Distance standing	1 m	0,2 m	
• Distance driving	1 m	0,5 m	

Validasi PTV Vissim

Validasi pada *Vissim* merupakan proses pengujian kebenaran dan kalibrasi dengan membandingkan hasil observasi dan hasil simulasi [7].

(*Geoffrey E. Havers, 1970*) adalah yang menemukan rumus statistik nilai GEH yang digunakan dalam rekayasa lalu lintas, perkiraan lalu lintas, dan permodelan lalu lintas untuk membandingkan hasil observasi dan hasil

simulasi. Metode digunakan untuk memvalidasi data panjang antrian dari nilai GEH tersebut, dapat dilihat persamaannya sebagai berikut:

$$GEH = \sqrt{\frac{(\text{simulated-observed})^2}{0,5 \times (\text{simulated-observed})}}$$

dengan:

simulated = parameter lalu lintas hasil simulasi menggunakan program

observed = parameter lalu lintas hasil pengamatan di lapangan

Kesimpulan dari hasil perhitungan untuk rumus statistik GEH dapat dijelaskan sebagai berikut:

Tabel 4. Kesimpulan untuk nilai statistik GEH

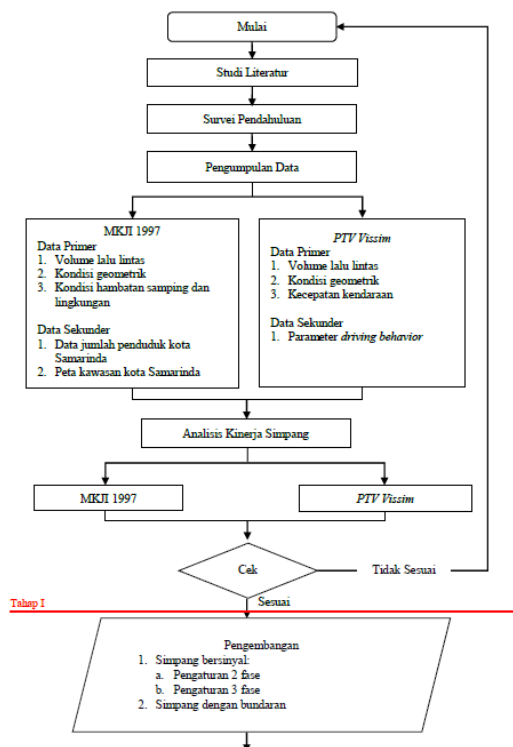
GEH < 5,0	Diterima
5,0 ≤ GEH ≤ 10,0	Peringatan: kemungkinan model error atau data kurang baik
GEH > 10,0	Ditolak

(Sumber: [8])

METODOLOGI PENELITIAN

Bagan Alur Penelitian

Adapun bagan alur pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut:



Tahap I



Gambar 2. Bagan Alur Penelitian

Uraian pengembangan pada penelitian ini berdasarkan Gambar 2 di atas dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Pengembangan Simping

Tahap	Uraian	Keterangan
I	Simpang tak bersinyal (<i>existing</i>)	Kalibrasi
II	1. Simping bersinyal a. Pengaturan 2 fase b. Pengaturan 3 fase 2. Simping dengan bundaran	Alternatif pengembangan
III	Dipilih pengembangan dengan parameter terbaik	Evaluasi

Teknik Analisis Data

Adapun teknik analisis data

yang dilakukan dalam penelitian ini, antara lain sebagai berikut:

- Dalam penelitian ini penulis menganalisis secara manual data-data yang telah didapat dengan menggunakan formula yang ada
- Penulis mensimulasikan dan mengontrol hasil analisis *PTV Vissim* terhadap hasil perhitungan MKJI 1997 dan membuat analisis.
- Penulis melakukan analisis terhadap hasil perhitungan yang dilakukan, saling mencocokkan antara *PTV Vissim* dan MKJI 1997 dan terakhir membuat kesimpulan.

Langkah Pemodelan Penelitian dengan Program *PTV Vissim*

Secara garis besar, tahapan yang dilalui dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Meng-*input background* dan membuat jaringan jalan, dengan menggunakan foto udara sebagai patokan dalam menggambarkan *layout* simpang dan membuat jaringan jalan pada *Vissim*

- b. Menentukan jenis kendaraan, meng-*input* komposisi kendaraan dan jumlah kendaraannya, yang didapatkan dari survei lapangan.
- c. Meng-*input* kecepatan kendaraan
- d. Menentukan rute perjalanan
- e. Mengatur dan menempatkan sinyal lalu lintas
- f. Melakukan kalibrasi dan validasi

ANALISIS DAN PEMBAHASAN
Kondisi Lingkungan dan Geometrik Simpang

Analisis Data Simpang Eksisting dengan menggunakan MKJI 1997

Analisis kinerja simpang dilakukan pada kondisi eksisting dan jam puncak pagi (07.00 – 08.00), hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 5. di bawah ini.

Tabel 5. Kinerja Simpang Tak Bersinyal (Kondisi Eksisting)

Parameter		
Q	3644	smp/jam
C	2492	smp/jam
DS	1,56	
DT₁	80,90	smp/jam
DT_{MA}	58,54	smp/jam
DT_{MI}	123,31	smp/jam
DG	4	smp/jam
D	84,90	smp/jam
LOS^a	F	
LOS^b	F	

Keterangan:

LOS^a = (*Level of Service*)/Tingkat pelayan simpang berdasarkan nilai tundaan

LOS^b = (*Level of Service*)/Tingkat pelayan simpang berdasarkan nilai derajat kejenuhan

Dari hasil analisis diperoleh derajat kejenuhan (*DS*) pada Simpang Tiga Panjaitan sebesar 1,45. Berdasarkan Tabel pada bagian 2 mengenai kriteria tingkat pelayanan simpang berdasarkan

derajat kejenuhan (*DS*), simpang ini termasuk dalam tingkat pelayanan F. Nilai tundaan simpang (*D*) yang diperoleh sebesar 71,261 detik/smp. Berdasarkan Tabel pada bagian 2, simpang ini termasuk dalam tingkat pelayanan

Survei kondisi lingkungan dan geometrik persimpangan di Jl. P.M Noor - Jl. D.I Panjaitan 1 - D.I Panjaitan 2 dilakukan dengan pengamatan

visual, serta dilakukan langsung pengukuran dilokasi penelitian.

Kondisi lingkungan pada lokasi penelitian diantaranya kelas ukuran kota sedang dengan hambatan samping tinggi dan tipe lingkungan komersial. Sementara kondisi geometrik simpang dapat dilihat pada Tabel 5. di bawah ini.

F, dimana nilai tundaan > 60 det/smp yang artinya setiap 1 kendaraan berhenti/menunggu selama 71,261 detik untuk dapat terbebas dari kemacetan.

Oleh karena itu, perlu diterapkan suatu manajemen lalu lintas yang dapat menanggulangi masalah ini. Adapun yang diterapkan pada penelitian ini adalah merencanakan APILL dan bundaran.

Alternatif Solusi Perbaikan dengan menggunakan MKJI 1997
Hasil Analisis Perencanaan Simpang Bersinyal

- a. Simpang Bersinyal 2 Fase

Hasil analisis kinerja simpang bersinyal (2 fase) disajikan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Kinerja Simpang Bersinyal (2 Fase)

Parameter/Pendekat	B	U	T
Q (smp/jam)	718	752	1375
C (smp/jam)	827	868	1627
DS	0,87	0,87	0,84
QL (meter)	18,93	19,03	32,63
DT (det./kend.)	32,16	33,85	31,26
DG (det./kend.)	3,79	3,92	4,00
D (det./kend.)	35,95	37,67	35,26
Nsv (smp/jam)	679	717	1229
LOS^a	D	D	D
LOS^b	E	E	D

Tabel 7. Waktu Siklus Simpang Bersinyal (2 Fase)

Parameter/Pendekat	B	U	T
Fase	1	2	1
Hijau	40	36	29
Kuning	3	3	3
Intergreen Merah detik	2	2	1
Semua			
Waktu Merah	41	45	53

Waktu siklus	86	86	86
--------------	----	----	----

Berdasarkan hasil analisis diperoleh waktu siklus (c) sebesar 86 detik. Nilai ini melebihi waktu siklus yang disarankan dalam MKJI 1997, yaitu untuk pengaturan 2 fase waktu siklus yang layak disarankan sebesar 40 – 80 detik. Sehingga, dicoba direncanakan kembali menjadi simpang bersinyal dengan pemberian 3 fase sinyal dengan mengubah waktu siklusnya.

b. Simpang Bersinyal 3 Fase

Hasil analisis kinerja simpang bersinyal (3 fase) disajikan pada Tabel 8 dan 9.

Tabel 8. Kinerja Simpang Bersinyal (3 Fase)

Parameter/Pendekat	B	U	T
Q (smp/jam)	526	752	973
C (smp/jam)	629	868	1108
DS	0,84	0,87	0,88
QL (meter)	31,60	44,75	68,42
DT (det./kend.)	53,32	38,64	45,95
DG (det./kend.)	3,94	3,87	4,00
D (det./kend.)	57,26	42,51	49,95
Nsv (smp/jam)	519	698	928
LOS ^a	E	E	E
LOS ^b	D	E	E

Tabel 9. Waktu Siklus Simpang Bersinyal (3 Fase)

Parameter/Pendekat	B	U	T
Fase	3	1	2
Hijau	18	44	29
Kuning	3	3	3
Intergreen			
Merah	2	2	1
Semua			
Waktu Merah	82	56	71
Waktu siklus	105	105	105

Berdasarkan hasil analisis diperoleh waktu siklus (c) sebesar 105 detik. Nilai ini melebihi waktu siklus yang disarankan dalam MKJI 1997, yaitu untuk pengaturan 3 fase waktu siklus yang layak disarankan sebesar 50 – 100 detik.

Hasil Analisis Perencanaan Bundaran

Pada perencanaan ini, dimensi bundaran yang direncanakan yaitu bundaran dengan jari-jari 10 m. Hasil analisis kinerja simpang dengan bundaran disajikan pada Tabel 10. di bawah ini.

Tabel 10. Kinerja Simpang dengan Bundaran

Parameter/Bagian Jalinan	AB	BC	CA
Q (smp/jam)	1850	1744	2088
C (smp/jam)	2555	2734	2852

DS	0,72	0,64	0,73
DT (det./kend.)	4,17	3,34	4,27
DT _{TOT} (det./kend.)	7722	5829	8916
D _{TR} (det./kend.)	6,17		
DR (det./kend.)	10,17		
LOS ^a	C	C	C
LOS ^b	A	A	A

Pemodelan simulasi simpang menggunakan PTV Vissim

Pemodelan lalu lintas menggunakan *software PTV Vissim* akan mengetahui kapasitas, panjang antrian tiap pendekat simpang dan nilai tundaan rata-rata yang bertujuan untuk mengetahui tingkat kinerja simpang. Tabel 11. di bawah ini menyajikan hasil analisis simpang pada simpang tidak bersinyal kondisi eksisting.

Tabel 11. Kinerja Simpang Tak Bersinyal (Kondisi Eksisting)

Pendekat	Queue Length (m)	Vehicles (Unit)	Vehicle Delay (detik/kend.)	LOS ^a
B	3,44	504	4,69	A
	3,44	660	45,76	E
U	10,45	876	25,71	D
	2,59	1128	20,10	C
T	46,67	768	68,04	F
	85,87	672	193,24	F
Simpang	29,80	4608	56,40	F

Hasil Analisis Perencanaan Simpang Bersinyal

a. Simpang Bersinyal 2 Fase

Hasil analisis kinerja simpang bersinyal (2 fase) disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Kinerja Simpang Bersinyal (2 Fase)

Pendekat	Queue Length (m)	Vehicles (Unit)	Vehicle Delay (detik/kend.)	LOS ^a
B	10,29	510	7,05	A
	10,29	714	22,74	C
	10,29	1224	14,90	B
U	63,53	654	75,18	E
	63,53	846	74,97	E
	63,53	1500	75,08	E
T	67,59	570	12,01	B
	67,59	516	181,21	F
	67,59	1086	96,61	F
Simpang	47,13	3810	61,10	E

b. Simpang Bersinyal 3 Fase

Hasil analisis kinerja simpang bersinyal (3 fase) disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Kinerja Simpang Bersinyal (3 Fase)

Pendekat	Queue Length (m)	Vehicles (Unit)	Vehicle Delay (detik/kend.)	LOS ^a
B	56,91	420	14,09	B
	56,91	564	117,78	F
	56,91	984	65,94	E
U	45,17	852	53,51	D
	45,17	1098	48,60	D
	45,17	1950	51,05	D
T	54,48	642	30,88	C
	54,48	1098	86,59	F
	54,48	1740	58,73	E
Simpang	52,19	4674	61,23	E

Hasil Analisis Perencanaan Bundaran

Hasil analisis kinerja simpang dengan bundaran disajikan pada Tabel 14.

Tabel 14. Kinerja Simpang dengan Bundaran

Pendekat	Queue Length (m)	Vehicles (Unit)	Vehicle Delay (detik/kend.)	LOS ^a
B	13,61	876	23,81	C
	13,61	924	20,15	C
	13,61	1800	21,98	C
U	21,33	702	26,94	D
	21,33	738	26,73	D
	21,33	1440	26,83	D
T	4,40	912	13,81	B
	4,40	954	17,17	C
	4,40	1866	15,49	C
Simpang	11,47	5106	20,97	C

Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dari kedua metode baik menggunakan MKJI 1997 maupun *PTV Vissim* dipilih solusi alternatif simpang dengan perencanaan bundaran berjari-jari 10 meter.

Hal ini dapat dilihat dari nilai tundaan yang berkurang dan mempengaruhi tingkat pelayanan simpang yang awalnya bernilai F (buruk sekali) jika dianalisis menggunakan MKJI meningkat menjadi A pada tiap-tiap pendekat, dan jika dianalisis menggunakan *PTV Vissim* meningkat pula antara lain pada pendekat Barat bernilai C, pendekat Utara bernilai D dan pendekat Timur bernilai C.

Nilai derajat kejenuhan juga berkurang dan mempengaruhi tingkat pelayanan simpang yang

awalnya F (buruk sekali) jika dianalisis menggunakan MKJI meningkat menjadi C pada tiap-tiap pendekat dan jika dianalisis menggunakan *PTV Vissim* meskipun nilai derajat kejenuhan berkurang, tingkat pelayanan simpang tetap bernilai F.

Pada penelitian ini simulasi tidak bisa dijalankan secara optimal, dikarenakan *PTV Vissim* yang digunakan adalah *student version*, sehingga simulasi yang dijalankan terbatas waktunya hanya 10 menit saja, yang mana seharusnya simulasi dijalankan selama 1 jam sesuai dengan nilai *input* volume kendaraan selama 1 jam di lapangan. Sehingga kemungkinan faktor ini menyebabkan hasil analisis kapasitas pada *PTV Vissim* berbeda cukup jauh dengan hasil analisis kapasitas menggunakan MKJI 1997. Faktor-faktor lain yang kemungkinan menyebabkan hasil analisis antara MKJI 1997 dan *PTV Vissim* berbeda antara lain adalah karena perbedaan perkalian eivalen (smp) untuk sepeda motor, mobil, dan kendaraan berat.

Perbedaan Hasil Analisis Kinerja Simpang antara MKJI 1997 dan *PTV Vissim*

- a. MKJI 1997
 1. MKJI dikembangkan pertama kali pada tahun 1997
 2. MKJI menggunakan teori pendekatan makroskopik terhadap aliran lalu lintas.
 3. Data volume menggunakan Satuan Mobil Penumpang (SMP) sehingga lalu lintas yang digunakan selalu mengasumsikan besaran mobil penumpang.
 4. Data input berupa volume kendaraan, kondisi geometrik berupa tipe simpang, lebar pendekat, jumlah lajur, ada/tidaknya median, lebar median, ukuran kota, kondisi lingkungan jalan, kondisi hambatan samping, rasio kendaraan tak bermotor, rasio kendaraan belok kanan/kiri/arah jalan minor.
 5. Parameter yang dianalisis untuk simpang tak bersinyal: kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan, peluang antrian (keseluruhan

simpang), sedangkan untuk simpang bersinyal: kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan, panjang antrian (per lengan).

b. *PTV Vissim*

1. *PTV Vissim* dikembangkan sejak 1992 dan masih diperbaharui sampai saat ini.
2. *PTV Vissim* menggunakan teori pendekatan mikroskopik terhadap aliran lalu lintas.
3. Data volume menggunakan satuan kendaraan.
4. Data input berupa volume kendaraan, kecepatan kendaraan, kondisi geometrik jalan, rute perjalanan/kendaraan, perilaku pengemudi.
5. Parameter yang dianalisis antara lain: kapasitas, tundaan, panjang antrian, tingkat pelayanan simpang/*Level of Service* (per lengan dan keseluruhan simpang), derajat kejenuhan dianalisis secara manual dari nilai volume dan

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pada Simpang Tiga Panjaitan Kota Samarinda diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada simpang tidak bersinyal (kondisi eksisting) diperoleh hasil analisis kinerja simpang dengan menggunakan MKJI 1997 antara lain nilai tundaan simpang 84,90 detik/kendaraan, dengan tingkat pelayanan simpang F dan nilai derajat kejenuhan simpang adalah sebesar 1,56, dengan tingkat pelayanan simpang F.

Sedangkan hasil analisis menggunakan *PTV Vissim* antara lain diperoleh nilai tundaan simpang 56,40 detik/kendaraan, dengan tingkat pelayanan simpang F dan nilai derajat kejenuhan simpang adalah sebesar 1,29, dengan tingkat pelayanan simpang F.

2. Hasil analisis kinerja dari simpang bersinyal dengan menggunakan MKJI 1997 dan *PTV Vissim* pada masing-masing perencanaan fase antara lain:
 - a. Pada perencanaan simpang bersinyal 2 fase dengan menggunakan MKJI 1997 diperoleh nilai tundaan simpang diantaranya pada pendekat Barat sebesar 35,95 detik/kendaraan, pendekat Utara

sebesar 37,67 detik/kendaraan dan pendekat Timur sebesar 35,26 detik/kendaraan, dengan tingkat pelayanan simpang D pada tiap-tiap pendekat. Nilai derajat kejenuhan yang diperoleh diantaranya pada pendekat Barat sebesar 0,87, pendekat Utara sebesar 0,87 dan pendekat Timur sebesar 0,84, dengan tingkat pelayanan simpang berturut-turut E, E dan D pada tiap-tiap pendekat.

Sedangkan hasil analisis menggunakan *PTV Vissim* diperoleh nilai tundaan simpang diantaranya pendekat Barat sebesar 14,90 detik/kendaraan, pendekat Utara sebesar 75,08 detik/kendaraan dan pendekat Timur sebesar 96,61 detik/kendaraan, dengan tingkat pelayanan simpang berturut-turut B, E dan F pada tiap-tiap pendekat. Nilai derajat kejenuhan yang diperoleh diantaranya pada pendekat Barat sebesar 1,71, pendekat Utara sebesar 0,86 dan pendekat Timur sebesar 2,36, dengan tingkat pelayanan simpang berturut-turut F, E dan F pada tiap-tiap pendekat.

- b. Pada perencanaan simpang bersinyal 3 fase dengan menggunakan MKJI 1997 diperoleh nilai tundaan simpang diantaranya pada pendekat Barat sebesar 57,26 detik/kendaraan, pendekat Utara sebesar 42,51 detik/kendaraan dan pendekat Timur sebesar 49,95 detik/kendaraan, dengan tingkat pelayanan simpang E pada tiap-tiap pendekat. Nilai derajat kejenuhan yang diperoleh diantaranya pada pendekat Barat sebesar 0,84, pendekat Utara sebesar 0,87 dan pendekat Timur sebesar 0,88, dengan tingkat pelayanan simpang berturut-turut D, E dan E pada tiap-tiap pendekat.

Sedangkan hasil analisis menggunakan *PTV Vissim* diperoleh nilai tundaan simpang diantaranya pada pendekat Barat sebesar 65,94 detik/kendaraan, pendekat Utara sebesar 51,05 detik/kendaraan dan pendekat Timur sebesar 58,73 detik/kendaraan, dengan tingkat pelayanan simpang berturut-turut E, D dan E pada tiap-tiap pendekat. Nilai derajat kejenuhan yang diperoleh pada pendekat Barat sebesar 2,13, pendekat Utara sebesar 0,66 dan pendekat Timur

sebesar 1,47, dengan tingkat pelayanan simpang berturut-turut F, C dan F pada tiap-tiap pendekat.

3. Hasil analisis kinerja dari simpang tidak bersinyal dengan bundaran (R-10) dengan menggunakan MKJI 1997 antara lain diperoleh nilai tundaan simpang diantaranya pada pendekat Barat sebesar 4,17 detik/kendaraan, pendekat Utara sebesar 3,34 detik/kendaraan dan pendekat Timur sebesar 4,27 detik/kendaraan, dengan tingkat pelayanan simpang A pada tiap-tiap pendekat. Diperoleh pula nilai derajat kejenuhan diantaranya pada pendekat Barat sebesar 0,72, pendekat Utara sebesar 0,64 dan pendekat Timur sebesar 0,73, dengan tingkat pelayanan simpang C pada tiap-tiap pendekat.

Sedangkan hasil analisis menggunakan *PTV Vissim* diperoleh nilai tundaan simpang diantaranya pada pendekat Barat sebesar 21,98 detik/kendaraan, pendekat Utara sebesar 26,83 detik/kendaraan dan pendekat Timur sebesar 15,49 detik/kendaraan, dengan tingkat pelayanan simpang berturut-turut C, D dan C pada tiap-tiap pendekat. Nilai derajat kejenuhan yang diperoleh pada pendekat Barat sebesar 1,03, pendekat Utara sebesar 1,21 dan pendekat Timur sebesar 1,12, dengan tingkat pelayanan simpang F pada tiap-tiap pendekat.

4. Alternatif terbaik untuk pengembangan simpang adalah alternatif kedua yaitu perencanaan bundaran dengan jari-jari 10 meter.
5. MKJI 1997 dan *PTV Vissim* kurang tepat bila dibandingkan secara langsung karena terdapat beberapa parameter masukan yang berbeda satu sama lain.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah:

1. Perlu segera dilakukan evaluasi kinerja simpang oleh instansi terkait mengingat kondisi Simpang Tiga Panjaitan (Jl. P.M Noor - D.I Panjaitan 1 - D.I Panjaitan 2) Kota Samarinda sering terjadi tundaan yang sangat padat pada jam-jam sibuk.
2. Perlu dilakukan pelebaran jalan untuk mendukung adanya perencanaan bundaran pada Simpang Tiga Panjaitan, adapun pelebaran yang direkomendasikan yaitu pada

Jl. P.M. Noor adalah sebesar 6 meter (pada mulut simpang) dan 2 meter (ke arah tepi luar untuk masing-masing jalinan).

3. Sebaiknya untuk penelitian selanjutnya digunakan *software PTV Vissim* berlisensi resmi, sehingga simulasi dapat dijalankan secara optimal, dan jika memungkinkan perlu dilakukan peningkatan kembali terhadap *software PTV Vissim* agar bisa sesuai dengan parameter-parameter yang ada di acuan MKJI 1997 atau US-HCM 2010.
4. Untuk penelitian selanjutnya dapat dicoba alternatif lain diantaranya, perencanaan simpang bersinyal dengan bundaran (jari-jari disesuaikan dengan lahan yang ada pada kondisi eksisting), perencanaan kanalisasi, alternatif-alternatif ini dapat dimodelkan langsung menggunakan *PTV Vissim* untuk melihat hasil analisis kinerja simpangnya.

Daftar Acuan

Jurnal:

- [1] Dinata, W.A., Erwan, K., & Sumiyattinah, 2017, *Analisis Kinerja Simpang Tiga pada Jalan Komyos Sudarso – Jalan Umuthalib Kota Pontianak*, Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura Vol. 4, No. 4, hh. 1 – 9, Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Kalimantan Barat.
- [5] Pangestu, O. R., Fauziah, M., 2018, *Evaluasi Kinerja Ruas Jalan Brigjen Katamso Dan Usulan Perbaikan Sampai Lima Tahun Mendatang*, Prosiding Sidang Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- [6] Aryandi, R.D., & Munawar, A., 2014, *Penggunaan Software Vissim untuk Analisis Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Mirota Kampus Terban Yogyakarta)*, Vol. 2 No. 1 The 17th FSTPT International Symposium, Jember University, 22-24 August 2014, hh. 338 – 347, Civil and Enviromental Engineering, UGM, Yogyakarta.
- [7] Irawan, Z.I., & Putri, N.H., 2015, *Kalibrasi Vissim Untuk Mikrosimulasi Arus Lalu Lintas Tercampur Pada Simpang Bersinyal (Studi Kasus: Simpang Tugu, Yogyakarta)*, Jurnal Penelitian Transportasi Multimoda Vol. 13 / No. 03 / September / 2015, hh. 97 – 106, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gajah Mada.
- [8] Susetyo, D. A., Frazila, R.B., Sjafruddin, A., 2020, *Analisis Kinerja Lalu Lintas Pada*

Perlintasan Kereta Api Sebidang Dengan Mikrosimulasi, Program Studi Magister Sistem dan Teknik Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung.

Buku:

- [2] Tamin, Ofyar Z., 2008, *Perencanaan, Pemodelan, dan Rekayasa Transportasi*, Penerbit ITB, Bandung.
- [3] Menteri Perhubungan Republik Indonesia, 2015, *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*.
- [4] Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, PT. Bina Karya, Jakarta.

**PERBANDINGAN PENJADWALAN PROYEK DENGAN METODE PDM
(PRECEDENCE DIAGRAM METHOD) & CPM (CRITICAL PATH METHOD)
(Studi Kasus: Lanjutan Pembangunan Proyek Gedung SD Islamic Center Samarinda)**

Fahrian¹⁾, Budi Haryanto²⁾, Mardewi Jamal³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl.Sambaliung No.9
Kampus Gunung Kelua, Samarinda

Email : fahrianfahry@gmail.com¹⁾

^{2,3)}Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl.Sambaliung No.9 Kampus
Gunung Kelua, Samarinda

haryb7951@gmail.com²⁾

wie_djamal@yahoo.com³⁾

Abstrak

Dewasa ini sering kita temukan proyek konstruksi yang memiliki pekerjaan – pekerjaan yang sama dan berkelanjutan pada suatu proyek sehingga kebutuhan akan pemakaian sumber daya juga berkelanjutan, seperti pembangunan rumah – rumah pada proyek – proyek perumahan, ruas – ruas jalan pada proyek jalan raya, proyek pemasangan pipa dan sebagainya. Proyek ini digolongkan sebagai pekerjaan – pekerjaan yang berulang (repetitif). Proyek Lanjutan Pembangunan Gedung SD *Islamic Center* merupakan proyek konstruksi lanjutan dari infrastruktur bangunan yang sempat terhenti pekerjaannya, kemudian Proyek Lanjutan Pembangunan Gedung SD *Islamic Center* merupakan proyek repetitif (pekerjaan berulang) hal ini terlihat dari beberapa item pekerjaannya yang relatif sama antar tiap lantai bangunan. Metode yang dikenal efektif untuk perencanaan penjadwalan proyek dengan pekerjaan berulang (repetitif) adalah metode *precedence diagram method* (PDM) dan *critical path method* (CPM). Pada Penelitian kali ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas metode penjadwalan proyek dengan metode *precedence diagram method* (PDM) dan *critical path method* (CPM), serta mengetahui perbandingan antar metode *precedence diagram method* (PDM) dan *critical path method* (CPM) pada penjadwalan proyek Lanjutan Pembangunan Gedung SD *Islamic Center* Samarinda

Proses Penjadwalan dengan metode PDM dan CPM dilakukan dengan menggunakan *Software Microsoft Project* 2019 dan secara Manual di *Microsoft Excel* 2019, diawali dengan menentukan keterkaitan hubungan tiap item pekerjaan (*Predecessor*), kemudian melakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur untuk memperoleh nilai *Total Float* agar dapat mengetahui item pekerjaan kritis.

Hasil analisis penjadwalan proyek dengan menggunakan metode PDM didapat durasi pekerjaan total selama 175 hari selesai pada 13 desember 2019 serta terdapat 26 item pekerjaan kritis, kemudian dengan metode CPM diperoleh total durasi pekerjaan proyek 190 hari selesai pada 29 desember 2019 dengan 18 item pekerjaan kritis. Perbandingan metode PDM dengan metode CPM terdapat beberapa hal yang menjadi perbedaan diantaranya ialah tampilan informasi yang disajikan sebagai bentuk penjadwalan, pada PDM terdapat 4 konstrain pekerjaan yaitu Early Start (ES), Early Finish (EF), Late Start (LS) dan Late Finish (LF), CPM terdapat item pekerjaan Semu/Khayal.

Kata Kunci: *Microsoft Excel 2019, Microsoft Project 2019, CPM, PDM*

Abstract

Today we often find construction projects that do the same and continuous work on a project. So that the need for resource use is also sustainable, such as the construction of houses in housing projects, roads in highway projects, pipe installation projects and so on. This project is classified as repetitive work. The Continued Project for the Construction of the Islamic Center Elementary School is a continuation construction project of building infrastructure that had stopped its work, then this construction project is a repetitive project (repetitive work) this can be seen from several work items which are relatively the same between each floor of the building. Methods that are known to be effective for planning project scheduling with repetitive work are the precedence diagram method (PDM) and the critical path method (CPM). This research was conducted to determine the effectiveness of the project scheduling method with the precedence diagram method (PDM) and critical path method (CPM) methods, as well as to find out the comparison between the precedence diagram method (PDM) and critical path method (CPM) methods on project scheduling for Advanced Development. Samarinda Islamic Center Elementary School.

The Scheduling process using the PDM and CPM methods is carried out using Microsoft Project 2019 Software and Manually in Microsoft Excel 2019, starting with determining the Predecessor of each work item, then performing forward and backward calculations to obtain the Total Float value in order to find out the items critical work.

The results of the project scheduling analysis using the PDM method obtained a total work duration of 175 days completed on December 13, 2019 and there were 26 critical work items. Meanwhile, with the CPM method, the total project work duration was 190 days completed on December 29, 2019 with 18 critical work items. Comparison between the PDM and CPM methods, there are several things starting from the display of information presented as a form of scheduling, in PDM there are 4 work constraints namely Early Start (ES), Early Finish (EF), Late Start (LS) and Late Finish (LF), CPM contains imaginary work items.

Keywords: Microsoft Excel 2019, Microsoft Project 2019, CPM, PDM

Pendahuluan

Latar Belakang

Dewasa ini sering kita temukan proyek konstruksi yang memiliki pekerjaan - pekerjaan yang sama dan berkelanjutan pada satu proyek. Sehingga kebutuhan akan pemakaian sumber daya juga berkelanjutan, seperti pembangunan rumah – rumah pada proyek proyek perumahan, ruas-ruas jalan pada proyek jalan raya, proyek pemasangan pipa dan sebagainya.

Proyek multi unit ini digolongkan sebagai pekerjaan-pekerjaan yang berulang (repetitif). Dalam banyak kasus muncul sebagai hasil pemecahan atau penguraian dari suatu pekerjaan umum menjadi beberapa pekerjaan khusus. Penjadwalan proyek yang tidak memperhitungkan pekerjaan – pekerjaan yang berulang ini akan menyebabkan unit pekerjaan yang berulang tersebut mengalami penundaan (*lag*), hal ini akan berpengaruh pada lamanya durasi dari proyek tersebut.

Ada beberapa metode penjadwalan proyek yang berkembang pada saat ini, seperti metode bagan balok (*bar chart*), metode kurva S (*Hanumm curve*), metode penjadwalan linear *line of balance* (LoB), dan metode jaringan kerja (*network planning*) yang terdiri dari *critical path method* (CPM), *precedence diagram method* (PDM) dan sebagainya.

Studi kasus penelitian kali ini adalah proyek pembangunan Gedung SD Islamic center samarinda. Proyek Lanjutan Pembangunan Gedung SD Islamic Center merupakan proyek konstruksi lanjutan dari infrastruktur bangunan yang sempat terhenti pekerjaannya, kemudian proyek konstruksi kali ini merupakan proyek *repetitif* (pekerjaan berulang) hal ini terlihat dari

beberapa item pekerjaannya yang relatif sama antar tiap lantai bangunan.

Maka dari itu dilakukannya penelitian kali ini untuk mengetahui efektivitas metode penjadwalan proyek

dengan metode *precedence diagram method* (PDM) dan *critical path method* (CPM), serta mengetahui perbandingan antar metode *precedence diagram method* (PDM) dan *critical path method* (CPM) pada penjadwalan proyek Lanjutan Pembangunan Gedung SD Islamic Center Samarinda

Perumusan Masalah

1. Seberapa efektif *precedence diagram method* (PDM) dan *Critical Path Method* (CPM) mampu merencanakan jadwal Proyek Lanjutan Pembangunan Gedung SD Islamic Center Samarinda ?
2. Bagaimana Jalur Kritis pada Proyek Lanjutan Pembangunan Gedung SD Islamic Center Samarinda ?
3. Bagaimana perbandingan penjadwalan Proyek dengan Metode PDM dan CPM ?

Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui penjadwalan proyek dengan menggunakan metode *precedence diagram method* (PDM) dan *Critical Path Method* (CPM) pada Proyek Lanjutan Pembangunan Gedung SD Islamic Center Samarinda
2. Untuk mengetahui jalur kritis pada Proyek Lanjutan Pembangunan Gedung SD Islamic Center Samarinda
3. Untuk membandingkan penjadwalan proyek lanjutan Pembangunan Gedung SD Islamic Center Samarinda dengan metode PDM dan CPM.

Landasan Teori

Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan, yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan, dan material serta rencana durasi proyek dan progres waktu untuk penyelesaian proyek.

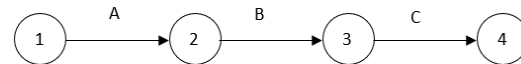
Metode Penjadwalan Proyek

Ada beberapa metode penjadwalan proyek konstruksi yang sering digunakan untuk mengelola waktu dan sumber daya proyek. Masing-masing metode mempunyai kelebihan dan kekurangannya. Pertimbangan penggunaan metode – metode tersebut didasarkan atas kebutuhan dan hasil yang ingin dicapai terhadap kinerja penjadwalan.

CPM

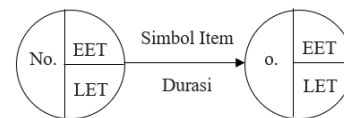
CPM (*Critical Path Method*) digambarkan sebagai kegiatan pada anak panah AOA (*activity on arrow*). Pada AOA kegiatan digambarkan sebagai anak panah yang menghubungkan dua lingkaran yang mewakili dua peristiwa/kejadian, sehingga pada CPM terdapat *dummy* yang merupakan aktifitas semu atau aktifitas khayal yaitu aktivitas tanpa memerlukan waktu, biaya atau fasilitas

Adapun logika ketergantungan kegiatan-kegiatan dalam CPM dapat dinyatakan seperti ditampilkan pada **Gambar 1**



Gambar 1 Kegiatan A pendahulu kegiatan B, Kegiatan B pendahulu kegiatan C (Wahyu A. 2012)

Berikut contoh Tampilan yang disajikan CPM untuk per kegiatannya beserta simbolnya seperti yang ditampilkan pada **Gambar 2**



Gambar 2 Simbol dalam CPM (Sumardjito, 2011)

Keterangan :

No = No item pekerjaan

EET = *EARLIEST EVENT TIME* (Waktu Paling Awal)

LET = *LATEST EVENT TIME* (Waktu paling Lambat)

1. Perhitungan Maju (*forward pass*)

$EET = \max (EET_i + D_{ij})$, untuk semua kegiatan (i, j) yang didefinisikan.

Keterangan:

EET_i = waktu awal tercepat (*erliest event time*) untuk semua kegiatan yang berasal dari kejadian i .

D_{ij} = durasi kegiatan dari kejadian i ke j . Untuk i EET awal selalu bernilai 0.

2. Perhitungan Mundur (*backward pass*)

$LET_i = \min (LET_j - D_{ij})$, untuk semua kegiatan (i, j) yang didefinisikan.

Keterangan :

LET_i = waktu penyelesaian terakhir (*latest event time*) untuk semua kegiatan yang datang ke kejadian i .
 Jika n = kejadian akhir maka $EET_n = LET_n$.

Sebuah kegiatan (i, j) berada di lintasan kritis apabila kegiatan tersebut memenuhi ketiga kondisi berikut:

$$EET_i = LET_i$$

$$EET_j = LET_j$$

$$EET_j = EET_i = LET_j = LET_i = Dij$$

3. Perhitungan Waktu Mengambang (*float* atau *slack*)

Float dapat memberikan sejumlah kelonggaran waktu dan elastisitas pada sebuah jaringan kerja, ini dapat dipakai pada waktu penggunaan jaringan kerja dalam prakteknya dan memungkinkan untuk digunakan pada waktu mengerjakan penentuan jumlah material, peralatan dan tenaga kerja. *Float* ini terbagi atas dua jenis yaitu *total float* dan *free float*. *Total float* (TF) merupakan waktu mengambang total. Perhitungan *total float* dapat dicari dengan rumus:

$$TF_{ij} = LET_j - EET_i - Dij = LET_j - EET_{ij} = LET_{ij} - EET_i$$

untuk semua kegiatan (i, j) yang didefinisikan.

Keterangan:

$LET_{ij} = LET_i - Dij$ adalah saat awal terlambat (*latest start time*).

$EET_{ij} = EET_{ij} + Dij$ adalah saat penyelesaian tercepat (*earliest completion time*) untuk semua kegiatan (i, j).

Free float (FF) merupakan waktu mengambang bebas. Perhitungan *free float* dapat dicari dengan rumus:

$$FF_{ij} = EET_j - EET_i - Dij$$

untuk semua kegiatan (i, j) yang didefinisikan

PDM

Kegiatan dalam *Precedence Diagram Method* (PDM) digambarkan oleh sebuah lambang segi empat karena letak kegiatan ada dibagian *node* maka sering disebut juga *Activity On Node* (AON). Kegiatan dalam PDM diwakili oleh sebuah lambang yang mudah diidentifikasi, bentuk umum yang sering digunakan adalah sebagai berikut:

Adapun tampilan node tiap item pekerjaan pada PDM dapat dinyatakan seperti pada **Gambar 3**

ES	JENIS KEGIATAN	EF
LS		LF
NO. KEG.		DURASI

Gambar 3 Tampilan PDM (Deko S, 2013)

Keterangan:

ES = *Earliest Start*, waktu mulai paling awal suatu kegiatan.

EF = *Earliest Finish*, waktu selesai paling awal suatu kegiatan.

LS = *Latest Start*, waktu paling akhir kegiatan boleh mulai.

LF = *Latest Finish*, waktu paling akhir kegiatan boleh selesai.

Untuk menentukan kegiatan yang bersifat kritis dan kemudian menentukan jalur kritis dapat dilakukan perhitungan maju (*forward analysis*) dan perhitungan mundur (*backward analysis*). Perhitungan maju (*forward analysis*) dilakukan untuk mendapatkan besarnya *Earliest Start* dan *Earliest Finish*. Yang merupakan *predecessor* adalah kegiatan I, sedangkan kegiatan yang dianalisis adalah kegiatan J.

Float dapat didefinisikan sebagai sejumlah waktu yang tersedia dalam suatu kegiatan sehingga memungkinkan kegiatan tersebut dapat ditunda atau diperlambat secara sengaja atau tidak disengaja. Akan tetapi, penundaan tersebut tidak menyebabkan proyek menjadi terlambat dalam penyelesaiannya. *Float* dapat dibedakan menjadi

dua jenis, yaitu *total float* dan *free float*. *Total float* adalah sejumlah waktu yang tersedia untuk keterlambatan atau perlambatan pelaksanaan kegiatan tanpa mempengaruhi penyelesaian proyek secara keseluruhan. *Free Float* adalah sejumlah waktu yang tersedia untuk keterlambatan atau perlambatan pelaksanaan kegiatan tanpa mempengaruhi dimulainya kegiatan yang langsung mengikutinya.

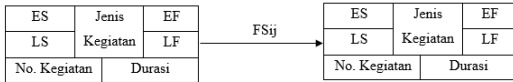
$$\text{Total Float (TF)}_j = (LF_j - EF_j)$$

$$\text{Free Float (FF)}_i = \text{Minimum} (ES_j - EFi)$$

Hubungan *Finish to Start* (FS)

Hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya (*start*) kegiatan berikutnya (*successor*) tergantung pada selesainya (*finish*) kegiatan sebelumnya (*predecessor*).

Adapun tampilan konstrain *Finish to Start* (FS) seperti pada **Gambar 4**



Gambar 4 Hubungan *Finish to Start* (FS) (Deko S, 2013)

Hubungan *Start to Start* (SS)
 Hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya (*start*) kegiatan berikutnya (*successor*) tergantung pada mulainya (*start*) kegiatan sebelumnya (*predecessor*).
 Adapun tampilan konstrain *Start to Start* (SS) seperti pada **Gambar 5**



Gambar 5 Hubungan *Start to Start* (SS) (Deko S, 2013)

Hubungan *Finish to Finish* (FF)
 Hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya (*finish*) kegiatan berikutnya (*successor*) tergantung pada selesainya (*finish*) kegiatan sebelumnya (*predecessor*).
 Adapun tampilan konstrain *Finish to Finish* (FF) seperti pada **Gambar 6**



Gambar 6 Hubungan *Finish to Finish* (FF) (Deko S, 2013)

Hubungan *Start to Finish* (SF)
 Hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya (*finish*) kegiatan berikutnya (*successor*) tergantung pada mulainya (*start*) kegiatan sebelumnya (*predecessor*).
 Adapun tampilan konstrain *Start to Finish* (SF) seperti pada **Gambar 7**



Gambar 7 Hubungan *Start to Finish* (SF) (Deko S, 2013)

Metodologi Penelitian

Lokasi Penelitian dilakukan di Proyek SD Islamic Center Samarinda. Dalam penelitian ini akan dilakukan penjadwalan proyek menggunakan *precedence diagram method* (PDM) dan *Critical Path Method* (CPM) pada proyek yang melakukan pekerjaan yang berulang (*repetitif*), dan mengetahui kelebihan dan kekurangan metode tersebut jika diterapkan pada proyek konstruksi *repetitif*.

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis dan pengecekan ulang terhadap data proyek.
2. Menyusun penjadwalan proyek dengan *precedence diagram method* (PDM) dan *Critical Path Method* (CPM) dengan software MS. Project 2019
3. Mengidentifikasi jalur kritis yang dihasilkan dari metode *precedence diagram method* (PDM) dan *Critical Path Method* (CPM)
4. Mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan penjadwalan proyek dengan *Precedence diagram method* (PDM) dan *Critical Path Method* (CPM).
5. Menarik kesimpulan dan saran.

Hasil dan Analisis

Data

Kegiatan pada proyek lanjutan pembangunan Gedung SD Islamic Center Samarinda terdapat 77 item kegiatan kerja yang dimulai dari pekerjaan persiapan sampai pekerjaan pengamatan akhir dan lain – lain.

Predecessor (Hubungan pekerjaan)

Berikut *Predecessor* pada item pekerjaan proyek lanjutan pembangunan Gedung SD Islamic Center Samarinda pada **Tabel 1**

Tabel 1 *Predecessor* Pekerjaan

NO	SIMBOL	PREDECESSOR	KONSTRAIN	LAG
1	A	MULAI	-	-
2	B	A	FS	0
3	C	A	FS	0
4	D	C	FS	0
5	E	B	FS	0
6	F	D, E	FS	0
7	G	N	FS	-2
8	H	L	FS	-2
9	I	M	FS	-7

10	J	O	FS	-7
11	K	F	FS	-2
12	L	G	FS	-2
13	M	H	FS	-7
14	N	K	FS	0
15	O	L	FS	-7
16	P	J	FS	-7
17	Q	O	FS	0
18	R	P	FS	0
19	S	R	FS	0
20	T	Q	FS	-3
21	U	T	SS	2
22	V	U	SS	2
23	W	Q	FS	0
24	X	W	SS	3
25	Y	X	FS	0
26	Z	AA	FS	-3
27	AB	AB	FS	-3
28	AC	I	FS	-3
29	AD	AB	FS	0
30	AE	AC	FS	-3
31	AF	AD	SS	3
32	AG	Q	SS	0
33	AH	R	SS	0
34	AI	Q	FS	0
35	AJ	R	FS	0
36	AK	S	FS	0
37	AL	AI	SS	3
38	AM	AJ	SS	3
39	AN	AK	SS	3
40	AO	AL	SS	3
41	AP	AM	SS	3
42	AQ	AN	SS	3
43	AR	AO	SS	3
44	AS	AP	SS	3
45	AT	AQ	SS	3
46	AU	AR	SS	3
47	AV	AS	SS	3
48	AW	AT	SS	3
49	AX	AU	SS	3
50	AY	AV	SS	3
51	AZ	AW	SS	3
52	BA	AU	SS	3
53	BB	AV	SS	3
54	BC	AU	SS	3
55	BD	AV	SS	3
56	BE	AU	SS	3
57	BF	AV	SS	3
58	BG	Y	FS	0
59	BH	BG	FS	0

60	BI	AX	SS	0
61	BJ	AY	SS	0
62	BK	AZ	SS	0
63	BL	BA, BC, BE	FS	0
64	BM	BB, BD, BF	FS	0
65	BN	BI	FS	3
66	BO	BJ	FS	3
67	BP	BK	FS	3
68	BQ	BL, BY, BZ	FS	0
69	BR	BM, BO	FS	0
70	BS	BQ	FS	0
71	BT	BR, BX	FS	0
72	BU	BS, BT	FS, FF	0
73	BV	BP	FS	0
74	BW	BV	SS	0
75	BX	BW	SS	3
76	BY	BL	FS	0
77	BZ	BY	SS	3

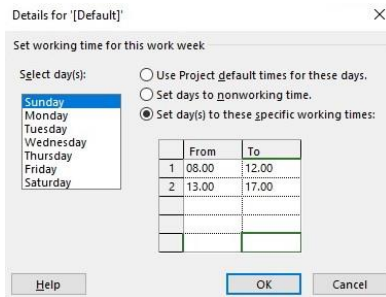
Setelah memperoleh keterhubungan pekerjaan maka selanjutnya membuat jaringan kerja dan mencari lintasan kritis dengan metode CPM dan PDM dengan menggunakan software *Microsoft Project 2019*.

Penjadwalan dengan *Microsoft Project 2019*

- a. Jalankan aplikasi *Microsoft Project 2019*.
- b. Input tanggal dimulainya proyek. Pada **Menu Bar** klik **Project > Project Information**, lalu masukan tanggal dimulainya proyek pada menu **Start date**. Langkah tersebut dapat dilihat pada **Gambar 8**.
- c. Input jam kerja yang diterapkan pada proyek. Pada **Menu Bar** klik **Project > Change Working Time**. Dalam penelitian ini, diberlakukan 7 (tujuh) hari kerja dalam seminggu dan 8 (delapan) jam dalam sehari yaitu dimulai pukul 08.00 hingga pukul 12.00. Jam istirahat yaitu pukul 12.00 hingga 13.00 dan pekerjaan akan dilanjutkan hingga pukul 17.00. Langkah tersebut dapat dilihat pada **Gambar 9**.



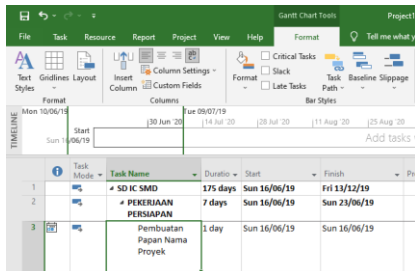
Gambar 8 Memasukan tanggal dimulainya proyek



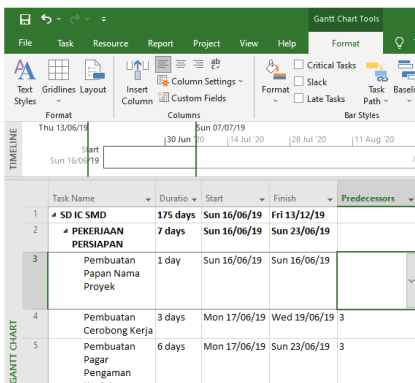
Gambar 9 Menentukan jam kerja pada proyek

d. Input jenis kegiatan beserta durasinya.

Pada menu **Task Name** klik jenis *item* pekerjaan, lalu pada menu **Duration** klik berapa lama durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan *item* pekerjaan tersebut. Langkah tersebut dapat dilihat pada **Gambar 10** Selanjutnya yaitu membuat hubungan antar pekerjaan, yang diinput pada kolom *predecessor* seperti pada **Gambar 11**



Gambar 10 Tampilan pada menu *task name* dan *duration*

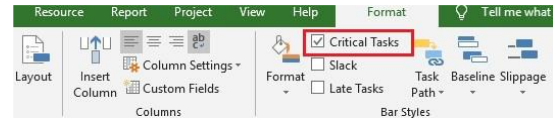


Gambar 11 Input Data *Predecessor*

e. Langkah yang terakhir yaitu menampilkan jalur kritis pada *gant* chart. Dapat dilakukan dengan memilih Format, kemudian pilih ikon **Critical Task**,

maka akan terlihat kegiatan yang kritis pada *gant* chart.

Langkah tersebut dapat dilihat pada **Gambar 12** Setelah itu maka jalur kritis akan muncul dengan sendirinya.



Gambar 12 Menu *Critical Task* pada Menu Bar

Perhitungan PDM

Perhitungan dilakukan dengan perhitungan maju dan mundur untuk mendapatkan nilai total float, pekerjaan dengan total float = 0 disebut pekerjaan kritis, sehingga diketahui pekerjaan mana saja yang merupakan pekerjaan di lintasan kritis.

Perhitungan Maju (*Forward analysis*)

Kegiatan A sebagai *Predecessor* untuk analisis kegiatan C, sedangkan kegiatan C sebagai *Predecessor* untuk analisis kegiatan D. Berikut adalah Perhitungan beberapa item pekerjaan kegiatan Proyek Pengembangan SD Islamic Center Samarinda :

1. Kegiatan A

$$ES_a = 0 \text{ (Kegiatan Awal dianggap 0)}$$

$$EF_a = ES_a + \text{Durasi A}$$

$$= 0 + 1$$

$$= 1$$

2. Kegiatan C

$$ES_c = EF_a = 1$$

$$EF_c = ES_c + \text{Durasi C}$$

$$= 1 + 6$$

$$= 7$$

3. Kegiatan D

$$ES_d = EF_c = 7$$

$$EF_d = ES_d + \text{Durasi D}$$

$$= 7 + 12$$

$$= 19$$

Perhitungan Mundur (*Backward Analysis*)

Kegiatan D sebagai *Predecessor* untuk analisis kegiatan C, sedangkan kegiatan C sebagai *Predecessor* untuk analisis kegiatan A. Berikut adalah Perhitungan beberapa item pekerjaan kegiatan Proyek Pengembangan SD Islamic Center Samarinda

1. Kegiatan D
 $LFd = LSf = 19$
 $LSd = LFd - \text{Durasi F}$
 $= 19 - 12$
 $= 759$

2. Kegiatan C
 $LFc = LSd = 7$
 $LSc = LFc - \text{Durasi C}$
 $= 7 - 6$
 $= 1$

3. Kegiatan A
 $LFa = LSc = 1$
 $LSa = LFa - \text{Durasi A}$
 $= 1 - 1$
 $= 0$

Perhitungan CPM

Perhitungan dilakukan dengan perhitungan maju dan mundur untuk mendapatkan nilai total float, pekerjaan dengan total float = 0 disebut pekerjaan kritis, sehingga diketahui pekerjaan mana saja yang merupakan pekerjaan di lintasan kritis.

Perhitungan Maju (Forward analysis)

1. Kegiatan A
 $EETa = 0$ (Di Awal dianggap Nol)
 $EETc = EETa + \text{Durasi A}$
 $= 0 + 1$
 $= 1$

2. Kegiatan C
 $EETd = EETc + \text{Durasi C}$
 $= 1 + 6$
 $= 7$

Perhitungan Mundur (Backward Analysis)

1. Kegiatan C
 $LETd = EETd = 7$
 $LETc = LETd - \text{Durasi c}$
 $= 7 - 6$
 $= 1$

2. Kegiatan A
 $LETa = LETc - \text{Durasi a}$
 $= 1 - 1$
 $= 0$

Identifikasi Jalur Kritis

Berdasarkan *output* dari *network diagram* dengan menggunakan *Microsoft Project 2019* didapatkan pekerjaan yang terdapat pada jalur kritis yang terdapat pada kode berikut

1. Dengan Menggunakan metode PDM:
 A – C – D – F – G – J – K – L – N – O – P – R – S – AK – AN – AQ – AT – AW – AZ – BK – BP – BT – BU – BV – BW – BX
2. Dengan menggunakan metode CPM :
 A – C – D – G – F – J – K – L – N – O – P – R – S – AK – BF – BP – BT – BU

Penjadwalan dengan metode PDM diperoleh dengan total durasi pengerjaan proyek lebih singkat yakni 175 hari jika dibandingkan dengan metode CPM yaitu 190 hari, dengan PDM diperoleh lintasan kritis sebanyak 26 item pekerjaan sedangkan CPM 18 item kritis. Hal ini karena PDM mampu melakukan pekerjaan secara tumpang tindih dalam proses perencanaannya karena dengan memiliki empat konstrain, berbeda dengan CPM yang hanya memiliki satu konstrain.

Maka perbandingan pada metode PDM dan CPM dapat ditarik kesimpulan sebagaimana pada **Tabel 2**, perbandingan metode PDM dan CPM di Proyek Lanjutan SD Islamic Center Samarinda dapat di tarik kesimpulannya pada **Tabel 3**

Tabel 2 Perbandingan metode PDM dan CPM

No.	PDM	CPM
1.	Item dijelaskan dengan Node	Item dijelaskan dengan anak Panah
2.	Terdapat 4 konstrain (FS, SS, SF, FF)	Terdapat satu konstrain (FS)
3.	Tidak memiliki pekerjaan <i>Dummy</i> /Semu	Memiliki item pekerjaan <i>Dummy</i> /Semu
4.	Dapat melakukan pekerjaan tumpang Tindih.	Tidak dapat mengerjakan pekerjaan tumpang tindih
5.	Keterangan yang ditampilkan (ES,	Keterangan yang ditampilkan (EET,

Fahrian¹⁾, Budi Haryanto²⁾, Mardewi Jamal³⁾

	EF, LS, LF, No item, durasi, simbol item)	LET, Durasi. No kegiatan. Simbol)
--	-------------------------------------------	-----------------------------------

Tabel 3 Perbandingan metode PDM dan CPM pada Proyek Lanjutan SD Islamic Center Samarinda

No.	PDM	CPM
1.	43 konstrain FS, 34 konstrain SS, 1 konstrain FF	konstrain FS 78 lintasan
2.	26 lintasan Kritis	18 Lintasan Kritis
3.	Durasi pekerjaan total adalah 175 Hari	Durasi Pekerjaan total adalah 190 Hari

2. Deko Sanjaya, 2013, *studi perbandingan penjadwalan proyek metode line of balance (lob) dan precedence diagram method (pdm) pada pekerjaan berulang (repetitif) (Studi Kasus Proyek Perumahan Maysa Tamansari Residence)*, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Medan
3. Ervianto, Wulfram I, 2005, *Manajemen Proyek Konstruksi*, Andi Offset, Yogyakarta
4. PT. Praja Inti Mandiri, 2019, *Proyek Lanjutan SD Islamic Center Samarinda*, Islamic Center Samarinda, Samarinda

Kesimpulan

Berdasarkan Hasil dan Pembahasan yang telah diuraikan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil yang diperoleh dengan PDM didapat durasi pekerjaan total selama 175 hari selesai pada 13 desember 2019, dengan metode CPM diperoleh total durasi pekerjaan proyek 190 hari selesai pada 29 desember 2019.
2. Penjadwalan proyek dengan metode PDM terdapat 26 item pekerjaan yang berada pada lintasan kritis sedangkan CPM diperoleh 18 item pekerjaan kritis.
3. Perbandingan Metode PDM dan CPM terdapat beberapa perbandingan, tampilan yang digunakan dalam penyajian data informasi, kemudian konstrain kegiatan, hasil yang diperoleh terdapat perbedaan dalam lintasan kritis yang dihasilkan dan durasi total pekerjaan proyek. Berdasarkan penjadwalan yang telah dilakukan metode PDM lebih efektif karena menjadwalkan proyek dengan durasi lebih singkat sehingga proyek mampu selesai lebih hemat waktu dan biaya, dengan hal ini mampu mengurangi pembiayaan terhadap Sumber daya yang dipakai dalam pekerjaan proyek SD Islamic Center Samarinda.

Daftar Pustaka

1. Budi Laksito, 2005, *Studi Komparatif Penjadwalan Proyek Konstruksi Repetitif Menggunakan Metode Penjadwalan Berulang (RSM) dan Metode Diagram Preseden (PDM)*, Media Teknik Sipil, Surakarta

PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK PET SEBAGAI BAHAN TAMBAH ASPAL PADA CAMPURAN ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC)

Johannes E. Simangunsong¹, Muhammad Jazir Alkas², Alinia Wati³

¹Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman
Jl. Sambaliung No. 9, Samarinda, Kalimantan Timur 75119

E-mail: je.mangunsong@gmail.com

²Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman
Jl. Sambaliung No. 9, Samarinda, Kalimantan Timur 75119

E-mail: mjalkaz@gmail.com

³Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman
Jl. Sambaliung No. 9, Samarinda, Kalimantan Timur 75119

E-mail: aliniawati27@gmail.com

Abstrak

Aspal merupakan bahan pengikat yang paling banyak digunakan untuk perkerasan jalan. Sumber utama bahan aspal berasal dari proses penyulingan minyak bumi yang keberadaannya semakin hari semakin berkurang. Salah satu upaya untuk memodifikasi bahan aspal adalah dengan memanfaatkan limbah yang berasal dari bahan plastik sebagai bahan campuran pada aspal beton lapis aus (AC-WC). Salah satu limbah plastik yang dapat digunakan sebagai bahan tambah aspal adalah PET (*Polyethylene Terephthalate*).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik sifat aspal akibat penambahan limbah plastik (PET) dan pengaruh penambahan limbah plastik (PET) pada aspal terhadap nilai karakteristik Marshall pada campuran AC-WC.

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah limbah plastik (PET) dapat dimanfaatkan sebagai bahan modifikasi aspal (*Asphalt Modifier*) pada Campuran AC-WC yang ditunjukkan dengan terpenuhinya semua Karakteristik Marshall pada variasi kadar aspal 6% dan 6,5%

Kata Kunci: Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC), PET (Polyethylene Terephthalate), Modifikasi Aspal, Karakteristik Marshall

Abstract

Asphalt is the most widely used binder for road pavements. The main source of asphalt material comes from the petroleum refining process whose existence is decreasing day by day. One of the efforts to modify asphalt material is to utilize waste derived from plastic material Asphalt Concrete Wearing Coarse (AC-WC). One of the plastic wastes that can be used as an modifier asphalt is PET (Polyethylene Terephthalate).

The purposes of this study was to determine the characteristics of asphalt properties due to the addition of plastic waste (PET) and the effect of adding plastic waste (PET) to asphalt on the value of Marshall characteristics in the AC-WC mixture.

The results obtained from this study are plastic waste (PET) can be used as a modifier asphalt in the AC-WC mixture which is indicated by the fulfillment of all Marshall characteristics at variations in asphalt content of 6% and 6.5%.

Keywords: Asphalt Concrete Wearing Coarse (AC-WC), PET (Polyethylene Terephthalate), Modifier Asphalt, Marshall Characteristics

PENDAHULUAN

Perkerasan lentur merupakan perkerasan yang paling banyak digunakan pada struktur

Latar Belakang

perkerasan jalan raya, Beberapa kelebihan perkerasan lentur dibandingkan dengan perkerasan lainnya yaitu memiliki daya dukung yang besar dalam menerima beban kendaraan bermotor serta biaya konstruksi dan pemeliharaan yang lebih ekonomis sedangkan kelemahannya adalah seiring meningkatnya beban lalu lintas jalan ditambah minimnya dana pemeliharaan perkerasan jalan, dapat mempercepat tingkat kerusakan jalan. Kerusakan jalan yang terjadi biasanya dipengaruhi oleh stabilitas aspal. (Hadid. M dkk, 2020).

Perkerasan lentur adalah campuran antara agregat halus, kasar, filler, dan aspal.. Fungsi aspal dalam campuran adalah sebagai bahan pengikat. Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan atau nilai stabilitas aspal antara lain pertama dengan melakukan modifikasi pada campuran aspal dengan mengganti sebagian filler atau agregat halus dengan bahan tambah (Nursandah, F dan Zaenuri, M, 2019) dan kedua melakukan kodifikasi bahan aspal dengan menambahkan bahan tambah atau zat aditif (asphalt modifier). Bahan tambah aspal atau zat aditif dapat berupa polimer (plastik), karet (rubber), oksidan, antioksidan, dan hydrocarbon. (Masad, dkk 2020; Mashaan dkk, 2019; Khan dkk, 2016).

Penelitian kali ini akan menganalisa penambahan polimer (plastik) secara bersamaan sebagai bahan tambah aspal (asphalt modifier). Penambahan ini diharapkan dapat meningkatkan stabilitas aspal dan mengurangi penggunaan kadar aspal dalam campuran. Campuran aspal yang ditinjau adalah campuran Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) dengan menggunakan agregat Palu.

Adapun polimer (plastik) yang akan digunakan adalah limbah plastik jenis PET (Polyethylene Terephthalate) umumnya digunakan sebagai botol mineral. Penggunaan limbah plastik ini merupakan salah satu upaya untuk mengurangi sampah kemasan agar tidak menyebabkan dampak yang buruk tetapi dapat memberikan dampak yang baik untuk masyarakat dan lingkungan. Nasution, (2017) menyatakan limbah plastik PET sebagai bahan tambah dapat meningkatkan nilai stabilitas campuran aspal dari pada campuran aspal yang tidak menggunakan bahan tambah PET.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Untuk mengetahui karakteristik sifat aspal akibat penambahan limbah plastik (PET)
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah plastik PET pada aspal terhadap nilai karakteristik Marshall pada campuran AC-WC

Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada pembahasan tentang:

1. Campuran aspal beton yang ditinjau adalah aspal beton lapis aus (Asphalt Concrete – Wearing Course).
2. Aspal yang digunakan adalah aspal Pertamina pen 60/70.
3. Limbah Plastik yang digunakan adalah type PET (Polyethylene Terephthalate)
4. Bahan tambah berbentuk cacahan atau potongan-potongan
5. Persentase penambahan limbah plastik PET 6% terhadap berat aspal.
6. Pengujian yang dilakukan adalah Pengujian Marshall

TINJAUAN PUSTAKA

Aspal Beton

Menurut Sukirman (2003), lapisan aspal beton (laston) merupakan beton aspal dengan gradasi menerus yang umumnya digunakan untuk jalan dengan beban lalu lintas yang berat. Berdasarkan fungsinya lapisan aspal beton (laston) mempunyai tiga jenis campuran, yaitu:

- **Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)**

Lapisan aspal beton aus atau dikenal dengan AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) adalah lapisan aspal atas pada struktur perkerasan yang berfungsi sebagai lapisan aus dan mempunyai sifat non struktural. Lapisan aspal beton aus merupakan perkerasan yang paling halus dari lapisan jenis lainnya, mempunyai tebal nominal minimum 4 cm.

- **Aspal Beton Lapis Pengikat (AC-BC)**

Lapisan aspal beton pengikat atau dikenal dengan AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course) adalah lapisan aspal yang terletak dibagian bawah lapisan aspal beton aus dan terletak diatas lapisan pondasi.. Lapisan aspal beton pengikat mempunyai tebal nominal minimum 5 cm.

- **Aspal Beton Lapis Pondasi (AC-Base)**

Lapisan aspal beton lapis pondasi atau yang dikenal dengan AC-Base (Asphalt Concrete-

Base) adalah pondasi suatu perkerasan yang berasal dari campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu yang akan dicampurkan dan dipadatkan dalam keadaan panas. Lapisan aspal beton lapis pondasi mempunyai tebal nominal minimum adalah 6 cm.

Karakteristik Campuran Aspal Beton

Menurut Sukirman (2003), karakteristik campuran aspal beton terdiri dari 7 (tujuh) karakteristik, antara lain:

1. Stabilitas merupakan kemampuan suatu perkerasan yang dapat menerima beban kendaraan tanpa mengalami perubahan bentuk seperti gelombang, alur dan bleeding.
2. Durabilitas atau keawetan adalah kemampuan campuran aspal beton dalam menerima repetisi beban seperti berat kendaraan, gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan jalan dan kemampuan untuk menahan keausan yang disebabkan oleh cuaca dan iklim seperti air, suhu dan udara.
3. Fleksibilitas dan kelenturan adalah kemampuan campuran aspal beton yang berfokus akibat penurunan dan pergerakan pondasi tanah dasar tanpa terjadinya keretakan.
4. Ketahanan terhadap kelelahan (Fatigue Resistance) adalah kemampuan campuran aspal dalam menerima lendutan berulang yang disebabkan oleh repetisi beban tanpa mengalami kelelahan berupa alur dan retak
5. Kekesatan atau tahanan geser (Skid Resistance) adalah kemampuan campuran aspal dalam kondisi basah, memberikan kekuatan gesek pada roda kendaraan agar tidak tergelincir atau slip.
6. Kedap air (Impermeabilitas) adalah kemampuan suatu campuran agar air dan udara tidak mudah masuk kedalam lapisan aspal beton yang dapat mengakibatkan terjadinya percepatan pada proses penuaan aspal dan pengelupasan selimut aspal pada permukaan agregat.
7. Workability adalah kemampuan campuran aspal beton agar mudah dihamparkan dan dipadatkan, sehingga dapat mempermudah pelaksanaan untuk menentukan tingkat efisiensi pekerjaan.

Aspal

Aspal terbuat dari minyak mentah yang diproses dengan cara penyulingan atau ditemukan dalam

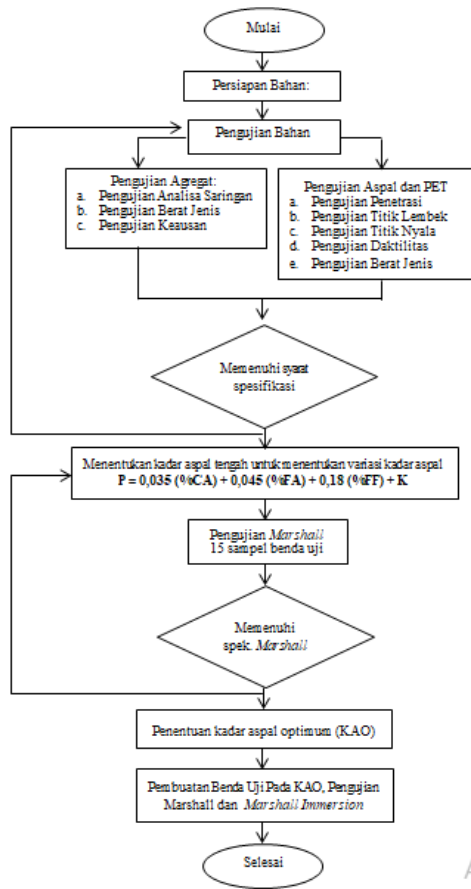
kandungan alam yang merupakan bagian dari komponen alam dan ditemukan bersama dengan material lain. Aspal merupakan bahan pengikat pada campuran aspal yang terbentuk dari susunan senyawa kompleks seperti asphaltene, resins, dan oils. Aspal bersifat visco-elastis dan tergantung waktu pada saat pembebanan. Proses pencampuran dan pemadatan aspal, sifat aspal didapat dari nilai viskositasnya, sedangkan pada masa pelayanan aspal mempunyai sifat viskositas dalam nilai modulus kekakuan.

PET (Polyethylene Terephthalate)

PET merupakan polimer yang jernih dan kuat bersifat sebagai penahan gas dan kelembaban. PET adalah film yang lunak, transparan, dan fleksibel mempunyai kekuatan bentur dan sobek yang baik, sehingga sangat mudah untuk didaur ulang. Untuk proses pemanasan pada suhu 110°C plastik jenis ini akan menjadi lunak atau cair. Berdasarkan sifat permeabilitas yang rendah dan sifat mekanik yang baik plastik ini mempunyai ketebalan 0,001 sampai dengan 0,01 inci. Plastik PET mempunyai berat jenis 1,38 g/cm³ (20°C), titik leleh 160°C-260°C, modulus elastisitas 2800-3100 Mpa, kuat tarik 55-75 Mpa dan batas elastisitas 50-15%. Plastik dengan bahan PET dapat digunakan untuk botol plastik seperti, botol air mineral, botol jus, dan semua jenis botol minuman. Plastik PET mempunyai ciri-ciri berwarna jernih atau transparan.

METODE PENELITIAN

Terdapat beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain tahapan persiapan material, pengujian bahan/material agregat dan aspal, penentuan Kadar Aspal Optimum, dan Pengujian Marshall dan Marshall Immersion. Secara lengkap tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

PEMBAHASAN DAN ANALISIS

Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat dilakukan berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia) yang telah ditentukan dalam spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 untuk campuran lapisan aspal beton lapis aus (AC-WC). Pengujian agregat tersebut terdiri dari: analisa saringan agregat kasar dan agregat halus berdasarkan (SNI ASTM C136-2012), berat jenis dan penyerapan agregat kasar berdasarkan (SNI 03-1969-2008), berat jenis dan penyerapan agregat halus berdasarkan (SNI 03-1970-2008) dan keausan agregat atau abrasi dengan mesin los angeles (SNI 03-2417-2008)

Hasil analisa saringan agregat kasar dan halus secara berturut-turut dapat dilihat pada Tabel 1, 2,3, dan 4.

Tabel 1. Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar (CA)

Saringan	Berat Tertahan (gram)	Jumlah Berat Tertahan (gr)	% Tertahan	% Lolos
¾"	0	0	0	100
½"	109,7	109,7	10,97	89,03
3/8"	294,8	404,5	40,45	59,55
No. 4	494,1	898,6	89,86	10,14
No. 8	-	-	-	-
No. 16	-	-	-	-
No. 30	-	-	-	-
No. 50	-	-	-	-
No. 100	-	-	-	-
No. 200	-	-	-	-
Pan	71,8	970,4	97,04	2,96

Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar ex. Palu didapat persentase agregat kasar yang tertahan di saringan No. 3/8" dengan nilai sebesar 40,45%. Sedangkan persentase agregat kasar yang lolos di saringan No. 3/8" dengan nilai sebesar 59,55%.

Tabel 2. Hasil Analisa Saringan Agregat Sedang (MA)

Saringan	Berat Tertahan (gram)	Jumlah Berat Tertahan (gr)	% Tertahan	% Lolos
¾"	0	0	0	100
½"	0	0	0	100
3/8"	207,3	207,3	20,73	79,27
No. 4	216,6	423,9	42,39	57,61
No. 8	415,2	839,1	83,91	16,09
No. 16	-	-	-	-
No. 30	-	-	-	-
No. 50	-	-	-	-
No. 100	-	-	-	-
No. 200	-	-	-	-
Pan	87,6	926,7	93,67	7,33

Hasil pengujian analisa saringan agregat sedang didapat persentase agregat sedang yang tertahan di saringan No. 4 dengan nilai sebesar 42,39%. Sedangkan persentase agregat sedang yang lolos di saringan No. 4 dengan nilai sebesar 57,61%.

Hasil pengujian analisa saringan agregat halus diperoleh persentase agregat halus yang tertahan di saringan No. 200 dengan nilai sebesar 86,28%. Sedangkan persentase agregat halus yang lolos di saringan No. 200 dengan nilai sebesar 13,72%.

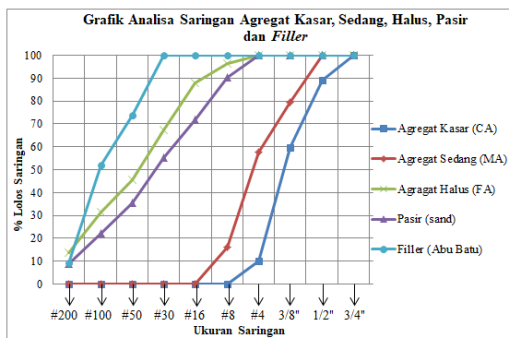
Tabel 3. Hasil Analisa Saringan Agregat Halus (FA)

Saringan	Berat Tertahan (gr)	Jumlah Berat Tertahan (gr)	% Tertahan	% Lolos
¾"	0	0	0	100
½"	0	0	0	100
3/8"	0	0	0	100
No. 4	0	0	0	100
No. 8	18,3	18,3	3,66	96,34
No. 16	41,2	59,5	11,9	88,1
No. 30	103,1	162,6	32,52	67,48
No. 50	109,1	271,7	54,34	45,66
No. 100	70,7	342,4	68,48	31,52
No. 200	89	431,4	86,28	13,72
Pan	44,4	475,8	95,16	4,84

Tabel 4. Hasil Analisa Saringan Pasir (Sand)

Saringan	Berat Tertahan (gr)	Jumlah Berat Tertahan (gr)	% Tertahan	% Lolos
3/4"	0	0	0	100
1/2"	0	0	0	100
3/8"	0	0	0	100
No. 4	0	0	0	100
No. 8	48,8	48,8	9,76	90,24
No. 16	91,7	140,5	28,1	71,9
No. 30	83,6	224,1	45	55
No. 50	98,7	322,8	64,56	35,44
No. 100	67	389,8	77,96	22,04
No. 200	64,9	454,7	90,94	9,06
Pan	20,2	474,9	94,98	5,02

Hasil pengujian analisa saringan pasir didapat persentase pasir yang tertahan di saringan No. 200 dengan nilai sebesar 90,94%. Sedangkan persentase pasir yang lolos di saringan No. 200 dengan nilai sebesar 9,06%. Secara grafis, hasil analisa saringan agregat dapat diperhatikan pada Gambar 2



Gambar 2. Grafik Analisa Saringan Agregat

Hasil Pengujian Aspal

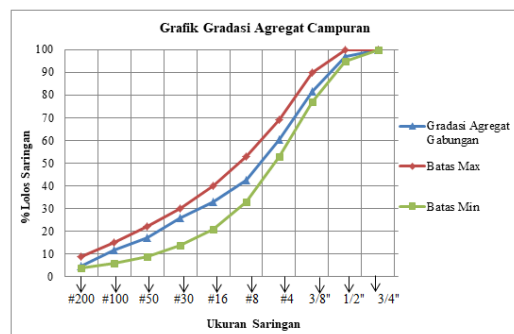
Pengujian aspal dilakukan berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia) yang telah ditentukan spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 untuk aspal keras. Pengujian aspal menggunakan 5 (lima) standar pengujian yang terdiri dari: pengujian penetrasi berdasarkan (SNI 06-2456-1991), pengujian titik lembek berdasarkan (SNI 2434-2011), pengujian titik nyala berdasarkan (SNI 2433-2011), pengujian daktilitas berdasarkan (SNI 2432-2011), dan pengujian berat jenis berdasarkan (SNI 2441-2011). Penelitian yang dilakukan menggunakan aspal keras pen 60/70, yang dicampur dengan bahan tambah limbah plastik sebanyak 6%, Hasil dari pengujian aspal ditunjukkan dalam pada Tabel 5, sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Pengujian Aspal

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pengujian	Spesifikasi		Keterangan
			min	max	
1	Penetrasi (0,1 mm)	62,17	60	70	Memenuhi
2	Titik Lembek (°C)	55,5	≥54	-	Memenuhi
3	Titik Nyala (°C)	245	≥232	-	Memenuhi
4	Daktilitas (cm)	111,4	≥100	-	Memenuhi
5	Berat Jenis (gr/cc)	1,04	≥1,0	-	Memenuhi

Perencanaan Pencampuran Gradasi Agregat Gabungan

Perencanaan gradasi agregat gabungan dapat menentukan kinerja perkerasan jalan, dengan melakukan pencampuran pada masing-masing fraksi agregat yang digunakan untuk mendapatkan gradasi agregat gabungan sesuai spesifikasi gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal. Hasil gradasi agregat gabungan campuran tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Gradasi Agregat Gabungan

Hasil analisa untuk perancangan persentase komposisi gradasi agregat gabungan dalam campuran diperoleh penggunaan agregat kasar sebesar 30%, agregat sedang sebesar 30%, agregat halus sebesar 23%, pasir (sand) sebesar 15% dan bahan pengisi (filler) sebesar 2%.

Perencanaan Kadar Aspal Tengah

Penentuan kadar aspal tengah menggunakan rumus menurut spesifikasi Depkimpraswil 2002 sebagai berikut:

$$P_b = 0,035(\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\text{filler}) + K$$

Keterangan:

P_b = kadar aspal tengah

CA = agregat kasar tertahan saringan No. 4

FA = agregat halus lolos saringan No. 4 dan tertahan saringan No. 200

Filler = bahan pengisi minimal 75% yang lolos saringan No. 200

K = konstanta dengan nilai 0,5-1,0 untuk laston dan 2,0-3,0 untuk laston untuk laston AC-WC nilai K yang diambil dengan nilai 0,75

Nilai kadar aspal tengah (Pb) diperoleh dari hasil perhitungan adalah 5,5%. Pada penelitian ini akan digunakan 5 variasi kadar aspal untuk campuran yaitu 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5% terhadap berat total campuran. Setiap variasi kadar aspal akan dibuat masing-masing 3 buah benda uji, sehingga total benda uji untuk setiap kadar aspal dengan bahan tambah limbah plastik 6% adalah 15 buah

Hasil pengujian Marshall

Pengujian Marshall dilakukan berdasarkan SNI 06-2489-1991, dari hasil pengujian Marshall akan dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai-nilai parameter Marshall, sebagai berikut:

- Stabilitas
- Kelelahan (Flow)
- Marshall Quotient (MQ)
- Rongga Antar Agregat (VMA)
- Rongga Udara Campuran (VIM)
- Rongga Terisi Aspal (VFA)

Hasil pengujian Marshall secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 6

Tabel 6. Hasil Pengujian Marshall

No.	Jenis Parameter	Kadar Aspal					Spesifikasi
		4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%	
1	Stabilitas (kg)	830,00	914,61	991,68	1018,08	1187,76	Min. 1000
2	Flow (mm)	4,03	4,06	3,97	3,83	4,00	2-4
3	Marshall Quotient (kg/mm)	205,78	225,27	250,00	265,59	296,94	Min. 250
4	VMA (%)	14,973	14,991	14,892	15,786	16,132	Min. 15
5	VIM (%)	7,276	6,145	4,873	4,708	3,928	3,0-5,0
6	VFA	51,554	59,135	67,393	70,299	75,666	

Hasil pengujian Marshall dengan menambahkan limbah plastik 6% terhadap material aspal menunjukkan:

- Bertambahnya kadar aspal nilai stabilitas akan terus mengalami kenaikan. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan limbah plastik pada aspal menyebabkan adanya peningkatan yang terjadi pada daya ikat aspal dan agregat dengan bertambahnya kerapatan pada campuran yang mempengaruhi besarnya nilai stabilitas, sehingga ikatan antar butiran semakin kuat yang dapat mengurangi kerusakan jalan seperti pelepasan butir, pengelupasan dan kelembaban.
- Nilai flow cenderung mengalami penurunan pada kadar aspal 5,5% sampai 6%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan limbah plastik pada aspal menyebabkan campuran menjadi kaku dan getas, sehingga pada saat menerima beban yang lebih besar campuran

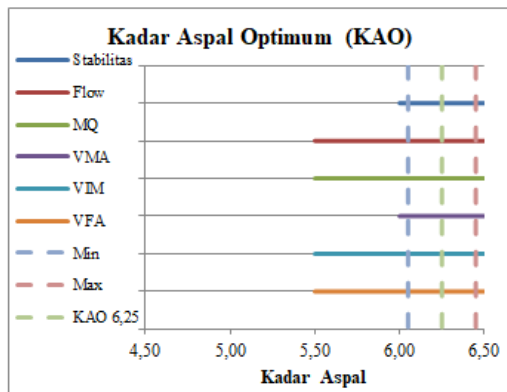
akan mudah retak. Sebaliknya, nilai flow mengalami peningkatan pada kadar aspal 4,5%, 5% dan 6,5%. Nilai flow melewati batas maksimum yang membuat gesekan antara agregat lebih mudah, sehingga pada menerima beban yang besar campuran menjadi lebih lembek dan mudah mengalami perubahan bentuk.

- Bertambahnya kadar aspal membuat nilai Marshall Quotient (MQ) terus mengalami peningkatan dari kadar aspal 4,5% sampai 6,5%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan limbah plastik pada aspal menyebabkan campuran menjadi kaku sehingga campuran tersebut menjadi tidak baik dan semakin getas yang akan menyebabkan campuran mudah mengalami retak.
- Nilai VMA (rongga antar agregat) cenderung mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar aspal. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan limbah plastik pada aspal menyebabkan campuran memiliki banyaknya rongga yang akan terisi oleh aspal. Hal ini juga mengakibatkan campuran pada saat menerima beban yang cukup besar akan mengalami bleeding.
- Seiring bertambahnya kadar aspal pada campuran aspal nilai VIM cenderung mengalami penurunan pada kadar aspal. Hal ini menunjukkan bahwa aspal yang telah ditambah dengan limbah plastik dapat menyebabkan campuran mempunyai kekakuan yang tinggi dikarenakan rongga dalam campuran menjadi kecil, sehingga diharapkan mampu menambah umur suatu perkerasan.
- Bertambahnya kadar aspal pada campuran mengakibatkan nilai VFA cenderung mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan bahwa aspal yang telah ditambah dengan limbah plastik dapat menyebabkan banyaknya rongga yang mampu menampung aspal, sehingga campuran mempunyai kekedapan yang tinggi terhadap air dan udara.

Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

KAO adalah nilai tengah pada rentang kadar aspal yang menghubungkan antara kadar aspal dengan parameter Marshall sesuai dengan syarat yang telah ditentukan. KAO bertujuan untuk dapat mengetahui kadar aspal manakah yang terbaik atau kadar aspal yang terefektif pada campuran aspal.

KAO dapat dianalisa setelah mendapatkan hasil dari pengujian Marshall yang dilakukan yaitu stabilitas, Flow, Marshall Quotient, VMA, VIM dan VFA dengan melihat grafik hubungan antara variasi kadar aspal dan hasil dari beberapa parameter pengujian Marshall serta telah dapat memenuhi spesifikasi yang ditentukan. Penentuan kadar aspal optimum (KAO) dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik KAO Limbah Plastik

Berdasarkan Gambar 4 di atas dapat dilihat bahwa rentang minimum dan maksimum kadar aspal yang memenuhi spesifikasi perkerasan aspal untuk campuran lapisan aspal beton aus (AC-WC) dengan bahan tambah limbah plastik 6%, yaitu pada kadar aspal 6% sampai 6,5%. sehingga diperoleh nilai KAO campuran beraspal dengan bahan tambah limbah plastik 6% adalah 6,25%

Pengaruh Bahan Tambah Limbah Plastik PET Terhadap Pengujian Marshall Immersion

Marshall Immersion atau pengujian perendaman bertujuan untuk mengetahui durabilitas campuran dan mengetahui perubahan karakteristik campuran terhadap pengaruh air, suhu, dan cuaca. Nilai Marshall Immersion didapatkan dari hasil perendaman benda uji ke dalam *water bath* pada suhu 60°C selama 30 menit dan 24 jam. Jumlah benda uji yang dibuat untuk pengujian ini sebanyak 6 buah (masing-masing 3 buah benda uji untuk waktu perendaman yang berbeda) dengan menggunakan KAO yang merupakan hasil dari campuran bahan aspal dan limbah plastik 6%. Hasil pengujian akan memperoleh nilai stabilitas sisa Marshall. Berdasarkan Bina Marga Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 nilai

stabilitas sisa Marshall setelah perendaman adalah 90%. Nilai Marshall Immersion yang lebih dari 90% dapat dinyatakan bahwa campuran tersebut mempunyai ketahanan yang cukup terhadap kerusakan yang disebabkan oleh pengaruh air, suhu dan cuaca.

Hasil stabilitas sisa Marshall dengan bahan tambah limbah plastik 6 % terhadap bahan aspal didapat nilai sebesar 90,30%, Hal ini menunjukkan bahwa campuran dengan bahan tambah limbah plastik 6% memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan yaitu 90%. Hasil pengujian Marshall Immersion secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengujian Marshall Immersion

Jenis Parameter	Waktu Perendaman	Bahan Tambah Limbah Plastik 6% (KAO=6,25%)
Stabilitas (kg)	30 menit	1398,91
Flow (mm)		3,80
Marshall Quotient (kg/mm)		368,13
VMA (%)		15,240
VIM (%)		3,500
VFA (%)		77,033
Stabilitas (kg)	24 Jam	1263,17
Flow (mm)		4,73
Marshall Quotient (kg/mm)		266,87
VMA (%)		14,814
VIM (%)		3,015
VFA (%)		79,648
Stabilitas Marshall sisa (%)		90,30

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Limbah plastik PET dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah aspal (Asphalt Modifier) pada Campuran AC-WC, semua parameter Marshall dapat terpenuhi pada variasi kadar aspal 6% dan 6,5%
- Pada KAO 6,25% stabilitas sisa Marshall dengan bahan tambah limbah plastik 6 % memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan yaitu > 90%

Saran

- Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan jenis limbah plastik lainnya seperti jenis limbah plastik LDPE ataupun HDPE atau bahan lainnya seperti material karet baiki karet alam cair ataupun limbah karet seperti karet ban.

- Penelitian selanjutnya, sebaiknya dapat menggunakan banyak variasi persentase penggunaan limbah plastik
- Perlu dipertimbangkan penggunaan agregat lokal sebagai material pembentuk campuran AC-WC

Daftar Pustaka

- [1] Hadid, M dan Ubudiyah, A, dan Apriyani, D. W (2020): Alternatif Aspal Modifikasi Polimer dengan Menggunakan Sampah Plastik Kemasan Makanan, Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas, Vol. 4, No. 1, Januari 2020
- [2] Khan, I. M., Kabir, S., Alhussain, M. A, dan Almansoor, F.F. (2016): Asphalt Design using Recycled Plastic and Crumb-rubber Waste for Sustainable Pavement Construction, Procedia Engineering 145 (2016) 1557 – 1564
- [3] Masad,E., Roja, K. L., Rehman, A., dan Abdala, A. (2020): A Review of Asphalt Modification Using Plastics: A Focus on Polyethylene, Texas A&M University at Qatar, Doha, Qatar, 2020
- [4] Mashaan, N. S., Rezagholilou, A., dan Nikraz, H. (2019): Waste Plastic as Additive in Asphalt Pavement Reinforcement: A review, 18th AAPA International Flexible Pavements Conference 2019, Sydney, New South Wales, Australia
- [5] Nursandah, F dan Zaenuri, M (2019): Penelitian Penambahan Karet Alam (Lateks) Pada Campuran Laston Ac-Wc Terhadap Karakteristik Marshall, Jurnal CIVILLA, Vol 4 No 2, ISSN No. 2503 – 2399
- [6] Sukirman, Silvia. 2003. Beton Aspal Campuran Panas. Grafika Yuana Marga: Bandung
- [7] Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3
- [8] SNI ASTM C136-2012
- [9] SNI 03-1969-2008
- [10] SNI 03-2417-2008

ANALISIS KEBUTUHAN AIR DOMESTIK DAN NON DOMESTIK DI KABUPATEN KULON PROGO, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Lidwina Putri Astani¹⁾, Intan Supraba²⁾, Rachmad Jayadi³⁾

¹⁾Mahasiswa Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika No. 2 Kampus UGM, Yogyakarta, 55281, Indonesia

Email: lidwinaputri94@mail.ugm.ac.id

²⁾Pengajar Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika No. 2 Kampus UGM, Yogyakarta, 55281, Indonesia

Email: intan.supraba@ugm.ac.id

³⁾Pengajar Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika No. 2 Kampus UGM, Yogyakarta, 55281, Indonesia

Email: rjayadi@ugm.ac.id

Abstrak

Kabupaten Kulon Progo merupakan salah satu wilayah di Provinsi DIY. Pada wilayah tersebut telah beroperasi *New Yogyakarta International Airport* (NYIA). Pesatnya pembangunan di wilayah ini sebagai kawasan pengembangan Aetropolis akan menimbulkan keterbatasan pasokan air dan meningkatnya kebutuhan air. Tujuan penelitian ini adalah menghitung kebutuhan air di wilayah kajian di Kabupaten Kulon Progo. Kebutuhan air yang dihitung di wilayah kajian meliputi kebutuhan air domestik, non-domestik, irigasi, industri, peternakan dan perikanan. Metode yang digunakan dalam kajian ini bersifat deskriptif dengan menggunakan data sekunder dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Kulon Progo serta perhitungan kebutuhan air mengacu pada SNI 6728-1-2015. Dari hasil perhitungan kebutuhan air terbesar adalah kebutuhan air irigasi yaitu Daerah Irigasi Kalibawang dengan kebutuhan air rata-rata pertahun sebesar 1,754 m³/detik, Daerah Irigasi Sapon kebutuhan air rata-rata pertahun sebesar 1,34 m³/detik, Daerah Irigasi Pengasih kebutuhan air rata-rata pertahun sebesar 1,366 m³/detik. Lalu kebutuhan air domestik sebesar 0,6157 m³/detik, kebutuhan air non-domestik sebesar 0,1847 m³/detik, kebutuhan air peternakan sebesar 0,0603 m³/detik, kebutuhan air industri sebesar 0,0061 m³/detik dan kebutuhan air perikanan sebesar 0,00000040 m³/detik.

Kata kunci: Kebutuhan Air Domestik, Kebutuhan Air Non-Domestik, Sumberdaya Air

Abstract

Kulon Progo Regency is one of the regions in the DIY Province. In this area, the New Yogyakarta International Airport (NYIA) has been operating. The rapid development in this area as an Aeropolis development area will lead to limited air supply and air demand. The purpose of this study is to calculate the water demand in the study area in Kulon Progo Regency. The calculated water needs in the study area include domestic, non-domestic, irrigation, industrial, livestock and fishery needs. The method used in this study is descriptive using secondary data from the Central Bureau of Statistics of Kulon Progo Regency and the calculation of water needs refers to SNI 6728-1-2015. From the calculation results, the largest water demand is the need for irrigation water, the Kalibawang Irrigation Area needs an average of 1.754 m³/second of water per year, the Sapon Irrigation Area needs an average of 1.34 m³/second water of water per year, the Pengasih Irrigation Area needs an average of 1.366 m³/second of water per year. Then domestic water needs are 0.6157 m³/second, non-domestic water needs are 0.1847 m³/second, livestock water needs are 0.0603 m³/second, industrial water needs are 0.0061 m³/second and fishery water needs of 0.00000040 m³/second.

Key words: Domestic Water Needs, Non Domestic Water Needs, Water Resources

Pendahuluan

Air merupakan salah satu kebutuhan primer bagi kehidupan manusia dan semua makhluk hidup lainnya. Tidak ada air maka tidak akan ada kehidupan. Kebutuhan air adalah perkiraan jumlah air yang diperlukan untuk memenuhi hajat hidup kumpulan manusia, hewan, tumbuhan, maupun keperluan untuk proses produksi industri dan pembangkit listrik, serta untuk pemeliharaan lingkungan. Perbedaan kebutuhan air bagi manusia disebabkan oleh banyak faktor, diantaranya adalah faktor jumlah penduduk dan aktivitas yang dilakukan. Semakin besar jumlah penduduk suatu wilayah maka kebutuhan air akan semakin besar. Begitu juga dengan semakin banyak aktivitas yang dilakukan oleh penduduk maka semakin banyak pula kebutuhan air yang diperlukan. Seperti di wilayah Kabupaten Gunungkidul, Kebutuhan air domestik memiliki besaran yang berbeda disetiap kelompok umur akibat perbedaan jenis aktivitas yang dilakukan. Kelompok umur 0-15 tahun memiliki kebutuhan air sebesar 32,43 - 91,43 liter per orang per hari, kelompok umur 16-65 tahun sebesar 41 - 113,87 liter per orang per hari, dan kelompok umur > 65 tahun sebesar 38,71 - 105,21 liter per orang per hari. Kebutuhan air non domestik untuk hewan ternak ayam sebesar 0,5 liter per hari, kambing sebesar 5 liter per hari, dan sapi sebesar 20 liter per hari. (Astuti, 2018)

Kabupaten Kulon Progo merupakan sebuah kabupaten di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dimana kondisi ketersediaan sumber daya air di wilayah ini dikategorikan menjadi 3 (tiga) kelompok berdasarkan zona wilayah yaitu zona wilayah hulu, zona wilayah tengah dan zona wilayah hilir. Zona wilayah hulu adalah wilayah dengan kondisi topografi dataran tinggi seperti Kecamatan Samigaluh, Kecamatan Kalibawang dan Kecamatan Girimulyo. Wilayah ini memiliki potensi sumber air yang sangat banyak berupa mata air. Persoalan dari pemanfaatan sumber air di zona ini adalah keterbatasan dalam menjangkau sumber air, dimana sumber air berada di lokasi yang lebih rendah dari lokasi pemukiman penduduk. Zona wilayah tengah yang dekat dengan pemerintahan merupakan kawasan dengan topografi relative landau seperti Kecamatan Pengasih dan sebagian Kecamatan Wates. Kebutuhan air baku di

wilayah ini rata-rata telah dilayani oleh PDAM, meskipun tidak menjangkau semua kawasan secara keseluruhan. Keterbatasan layanan PDAM ini dapat disebabkan kurangnya ketersediaan air dari sumber - sumber yang ada maupun kecilnya kemampuan PDAM dalam melakukan pendistribusian air ke seluruh wilayah. Zona wilayah hilir merupakan wilayah dengan kondisi topografi relative datar, meskipun beberapa bagian terdapat perbukitan. Wilayah yang masuk dalam zona ini adalah sebagian Kecamatan Wates. Rata-rata pemenuhan kebutuhan air baku di wilayah ini cukup rendah, karena minimnya ketersediaan sumber air maupun jaringan pelayanan air PDAM. Pada musim hujan masyarakat menggunakan bak penampung air hujan (PAH). Pada saat musim kemarau pemenuhan air dilakukan melalui *dropping* air dengan mobil tangki yang dilakukan secara berkala dan kapasitas yang sangat terbatas. Sehingga jumlah air yang sampai ke masyarakat tidak dapat memenuhi kebutuhan sesungguhnya. (Anonim, 2009)

Pesatnya pembangunan di Kabupaten Kulon Progo sebagai kawasan pengembangan Aetropolis yang nantinya akan menimbulkan keterbatasan pasokan air secara alamiah baik dalam dimensi ruang, waktu, jumlah dan kualitas. Di samping itu, telah beroperasi Bandara baru Yogyakarta atau *New Yogyakarta International Airport* (NYIA) yang akan beroperasi penuh mulai tanggal 29 Maret 2020. Tidak dapat dipungkiri keberadaan bandara baru ini akan membuat Kabupaten Kulon Progo menjadi meningkat dan berkembang di berbagai sektor.

Beberapa wilayah di Kabupaten Kulon Progo menurut Anonim (2009) yang kebutuhan air belum tercukupi, antara lain: Desa Jatimulyo, Dusun Nogosari, Dusun Bonces, Dusun Karangrejo, Desa Purwoharjo, Dusun Gebang, Dusun Sebu, Dusun Kedokan, Dusun Tetes, Desa Hargomulyo, Desa Hargotirto, Desa Hargorejo, Desa Kalirejo, Desa Hargowilis, Desa Banjaroyo, Desa Banjarharjo, Desa Banjarasri. Didasari oleh pentingnya pemenuhan kebutuhan air dalam kondisi geofisik lingkungan yang kurang mendukung, maka tujuan dari penelitian ini adalah menghitung kebutuhan air di wilayah

kajian yang dapat digunakan sebagai dasar kebijakan pemenuhan sarana penunjang kebutuhan air di beberapa wilayah di Kabupaten Kulon Progo.

Landasan Teori

Kebutuhan air irigasi

Kebutuhan air irigasi ini meliputi pemenuhan kebutuhan air untuk keperluan pertanian secara umum. Selain untuk memenuhi kebutuhan air di areal persawahan juga untuk memenuhi kebutuhan air untuk keperluan peternakan dan perikanan. Kebutuhan air untuk irigasi diperkirakan dari perkalian antara luas yang diairi dengan kebutuhannya persatuan luas. Kebutuhan air irigasi dihitung menggunakan data areal tanam, jadwal tanam, evapotranspirasi acuan, hujan efektif, jenis tanah, dan efisiensi saluran irigasi.

Kebutuhan air rumah tangga, perkotaan dan industri (RKI)

Kebutuhan air bersih rumah tangga (domestik)

Kebutuhan air domestik atau kebutuhan air bersih rumah tangga adalah air yang diperlukan untuk rumah tangga yang diperoleh secara individu dari sumber air yang dibuat oleh masing-masing rumah tangga seperti sumur dangkal, perpipaan atau hidran umum atau dapat diperoleh dari layanan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) PDAM.

Kebutuhan air bersih rumah tangga, dinyatakan dalam satuan Liter/Orang/Hari (L/O/H), besar kebutuhan tergantung dari kategori kota berdasarkan jumlah penduduk, yaitu:

Tabel 1. Kebutuhan Air Bersih Rumah Tangga Per Orang Per Hari Menurut Kategori Kota

Kategori Kota	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan air bersih (L/O/H)
Semi urban	3000–20000	60–90
Kota kecil	20000–100000	90–110
Kota sedang	100000–500000	100–125
Kota besar	500000–1000000	120–150
Metropolitan	>1000000	150–200

Sumber : Badan Standardisasi Nasional, 2015

Kebutuhan air non-domestik

Kebutuhan air perkotaan, yaitu untuk komersial dan sosial seperti toko, gudang, bengkel, sekolah, rumah sakit, hotel, dan sebagainya di asumsikan

antara 15% sampai dengan 30% dari total air pemakaian air bersih rumah tangga. Semakin besar dan padat penduduk akan cenderung lebih banyak memiliki daerah komersial dan social, sehingga kebutuhan airnya akan lebih tinggi.

Kebutuhan air industri

Kebutuhan air industri umumnya relatif konstan terhadap waktu. Dengan meningkatnya industri, maka meningkat pula kebutuhan air industri. Untuk menghitung kebutuhan air industri digunakan standard kebutuhan air industri. Standar kebutuhan air industri ini berdasarkan proses atau jenis industri yang ada pada wilayah yang akan dikembangkan dan rencana jumlah pekerja pada industri tersebut. Besarnya standar kebutuhan air industri adalah sebagai berikut:

- Untuk pekerja industri
Kebutuhan air untuk pekerja industri merupakan kebutuhan air domestik yang telah disesuaikan dengan kebutuhan pekerja pabrik. Adapun jumlah kebutuhan air tersebut adalah 60 liter/pekerja/hari.
- Untuk proses industri
Diklasifikasikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan Air Industri Berdasarkan Beberapa Proses Industri

Jenis Industri	Jenis Proses Industri	Kebutuhan Air (l/hari)	Mutu Air
Industri rumah tangga	Belum ada, rekomendasi dapat disesuaikan dengan kebutuhan air rumah tangga.		Disesuaikan dengan proses industri
Industri kecil			
Industri sedang	Minuman ringan	1.600 - 11.200	
	Industri es	18.000 - 67.000	
	Kecap	12.000 - 97.000	
Industri besar	Minuman ringan	65.000 - 78 juta	
	Industri pembekuan ikan dan biota perairan lainnya	225.000 - 1,35 juta	
Industri tekstil	Proses pengolahan tekstil	400-700 l/kapita/hari	

Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003

Tabel 3. Klasifikasi Industri Berdasarkan Jumlah Tenaga Kerja

Jumlah Tenaga Kerja (Orang)	Klasifikasi
1 – 4	Industri Kerajinan Rumah Tangga
5 – 19	Industri Kecil
20 – 99	Industri Sedang
>100	Industri Besar

Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003

Kebutuhan air untuk peternakan

Perhitungan kebutuhan air rata-rata untuk peternakan tergantung pada populasi/jumlah ternak dan jenis ternak. Secara umum kebutuhan air untuk ternak dapat diestimasi dengan cara mengalikan jumlah ternak dengan tingkat kebutuhan air berdasarkan persamaan berikut ini:

$$Q_E = (q_{(1)} \times P_{(1)} + q_{(2)} \times P_{(2)} + q_{(3)} \times P_{(3)} + q_{(4)} \times P_{(4)})$$

Keterangan :

Q_E = kebutuhan air untuk ternak (l/hari)

$q_{(1)}$ = kebutuhan air sapi, kerbau, kuda (l/ekor/h)

$q_{(2)}$ = kebutuhan air kambing, domba (l/ekor/h)

$q_{(3)}$ = kebutuhan air untuk unggas (l/ekor/hari)

$q_{(4)}$ = kebutuhan air untuk babi (l/ekor/hari)

$P_{(1)}$ = jumlah sapi, kerbau, dan kuda (ekor)

$P_{(2)}$ = jumlah kambing dan domba (ekor)

$P_{(3)}$ = jumlah unggas (ekor)

$P_{(4)}$ = jumlah babi (ekor)

Besar kebutuhan air untuk ternak dijabarkan pada tabel 4.

Tabel 4. Kebutuhan Air Untuk Ternak

Jenis Ternak	Kebutuhan Air (l/ekor/hari)
Sapi/kerbau/kuda	40
Kambing/domba	5
Babi	6
Unggas	0,6

Sumber : Badan Standardisasi Nasional, 2015

Kebutuhan air untuk perikanan

Kebutuhan air untuk perikanan diperkirakan berdasarkan luas kolam, tipe kolam serta kedalaman air yang diperlukan. Kebutuhan ini meliputi kebutuhan untuk mengisi kolam pada saat awal tanam dan penggantian air. Kebutuhan

air untuk perikanan untuk selanjutnya dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_{fp} = \frac{q_{(fp)}}{1000} \times A_{(fp)} \times 10000$$

Keterangan :

Q_{fp} = kebutuhan air untuk perikanan (m^3 /hari)

$q_{(fp)}$ = kebutuhan air untuk pembilasan (l/h/ha)

$A_{(fp)}$ = luas kolam ikan (ha)

Proyeksi data statistik

Metode proyeksi penduduk yang digunakan adalah proyeksi penduduk dengan menggunakan *mathematical method*. Perhitungan proyeksi penduduk dilakukan berdasarkan Buku Pedoman Perhitungan Proyeksi Penduduk dan Angkatan Kerja yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2010. Proyeksi jumlah penduduk dapat dilakukan melalui 3 metode yaitu aritmatika, geometrik dan eksponensial.

Pemilihan metode proyeksi yang paling tepat yang akan digunakan untuk proyeksi penduduk berdasarkan pada nilai standar deviasi (SD), dimana metode yang baik adalah metode yang memiliki nilai standar deviasi paling kecil.

- Metode aritmatik

$$P_t = P_0(1 + rt) \quad \text{dengan} \quad r = \frac{1}{t} \left(\frac{P_t}{P_0} - 1 \right)$$

- Metode geometrik

$$P_t = P_0(1 + r)^t \quad \text{dengan} \quad r = \left(\frac{P_t}{P_0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1$$

- Metode eksponensial

$$P_t = P_0 e^{rt} \quad \text{dengan} \quad r = \frac{1}{t} \ln \left(\frac{P_t}{P_0} \right)$$

Metodologi Penelitian

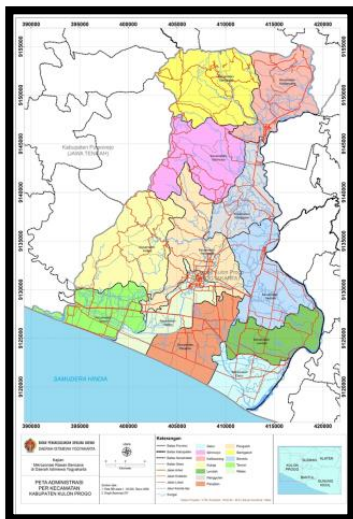
Lokasi studi penelitian ini dilakukan di Kabupaten Kulon Progo yang merupakan sebuah kabupaten di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yang terletak paling barat dengan batas sebelah barat dan utara adalah Propinsi Jawa Tengah dan sebelah selatan adalah Samudera Indonesia. Secara geografis terletak antara 7°38'42" - 7°59'3" Lintang Selatan dan 110°1'37" - 110°16'26" Bujur Timur.

Luas area adalah 58.627,5 Ha yang meliputi 12

kecamatan dan 88 desa. Dari luas tersebut 24,89 % berada di wilayah Selatan yang meliputi kecamatan Temon, Wates, Panjatan dan Galur, 38,16 % di wilayah tengah yang meliputi kecamatan Lendah, Pengasih, Sentolo, Kokap, dan 36,97 % di wilayah utara yang meliputi kecamatan Girimulyo, Nanggulan, Kalibawang dan Samigaluh. Luas kecamatan antara 3.000 - 7.500 Ha dan yang wilayahnya paling luas adalah kecamatan Kokap seluas 7.379,95 Ha sedangkan yang wilayahnya paling sempit adalah kecamatan Wates seluas 3.200,239 Ha.

Metode yang digunakan dalam kajian ini bersifat deskriptif yang merupakan analisa fenomena/kejadian pada masa lampau dan bertujuan untuk mengevaluasi kondisi pada periode tertentu sebagai dasar perencanaan untuk masa mendatang berdasarkan data yang dikumpulkan sesuai dengan tujuannya berdasarkan analisa secara teoritis dan empiris yang kemudian ditarik kesimpulan dari hasil analisa yang telah dilakukan.

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data sekunder, diantaranya adalah: Data Statistik Kependudukan, Data Statistik Peternakan, Data Statistik Perikanan, Data Statistik Industri, Data Daerah Irigasi, Peta dan Kebijakan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Kulon Progo.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Kabupaten Kulon Progo)

Perhitungan kebutuhan air mengacu pada SNI 6728-1-2015 tentang Penyusunan Neraca Spasial Sumber Daya Air, memproyeksikan kebutuhan air domestik dan non-domestik untuk 20 tahun ke depan dengan metode geometrik dengan mempertimbangkan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) setempat sebagai batasan proyeksi.

Hasil dan Pembahasan

Kebutuhan air domestik

Berdasarkan data dari BPS Kab. Kulon Progo Tahun 2019, data jumlah penduduk pada tahun 2018 adalah sebanyak 425.758 jiwa dan akan meningkat menjadi 430.401 jiwa 2 tahun mendatang, 437.739 jiwa 5 tahun mendatang, 450.248 jiwa 10 tahun mendatang, 463.114 jiwa 15 tahun mendatang, 476.348 jiwa 20 tahun mendatang. Pada tahun 2018 jumlah penduduk Kabupaten Kulon Progo jika dipandang dari Tabel 1. termasuk dalam kategori kota sedang.

Persentase penggunaan air paling besar adalah untuk kebutuhan mandi, kebutuhan toilet (buang air kecil dan BAB), kebutuhan cuci pakaian, kebutuhan cuci piring, kebutuhan minum dan memasak dan kebutuhan lainnya (ibadah, menyiram tanaman, dll). (Hananto,2019)

Tabel 5. Proyeksi Kebutuhan Air Domestik (m³/detik)

Kecamatan	Tahun 2018	Tahun 2020	Tahun 2023	Tahun 2028	Tahun 2033	Tahun 2038
Girimulyo	0,033	0,034	0,034	0,035	0,036	0,037
Kokap	0,047	0,048	0,048	0,050	0,051	0,053
Pengasih	0,073	0,074	0,075	0,077	0,079	0,082
Wates	0,071	0,072	0,073	0,075	0,077	0,079
Temon	0,040	0,040	0,041	0,042	0,043	0,044
Panjatan	0,053	0,054	0,055	0,057	0,058	0,060
Samigaluh	0,038	0,039	0,039	0,041	0,042	0,043
Kalibawang	0,041	0,041	0,042	0,043	0,044	0,046
Nanggulan	0,044	0,044	0,045	0,046	0,047	0,049
Sentolo	0,072	0,072	0,074	0,076	0,078	0,080
Lendah	0,058	0,059	0,060	0,062	0,063	0,065
Galur	0,046	0,046	0,047	0,049	0,050	0,051
Total	0,616	0,623	0,633	0,651	0,670	0,689

Kebutuhan air non-domestik

Dalam perencanaan studi kebutuhan air Indonesia untuk perkotaan kebutuhan air non-domestik diasumsikan sebesar 30% dari kebutuhan air bersih rumah tangga, dengan nilai konstan dari setiap tahapan perencanaan.

Tabel 6. Proyeksi Kebutuhan Air Non-Domestik (m³/detik)

Kecamatan	Tahun 2018	Tahun 2020	Tahun 2023	Tahun 2028	Tahun 2033	Tahun 2038
Girimulyo	0,010	0,010	0,010	0,011	0,011	0,011
Kokap	0,014	0,014	0,015	0,015	0,015	0,016
Pengasih	0,022	0,022	0,023	0,023	0,024	0,024
Wates	0,021	0,022	0,022	0,023	0,023	0,024
Temon	0,012	0,012	0,012	0,013	0,013	0,013
Panjatan	0,016	0,016	0,016	0,017	0,017	0,018
Samigaluh	0,011	0,012	0,012	0,012	0,013	0,013
Kalibawang	0,012	0,012	0,013	0,013	0,013	0,014
Nanggulan	0,013	0,013	0,013	0,014	0,014	0,015
Sentolo	0,021	0,022	0,022	0,023	0,023	0,024
Lendah	0,017	0,018	0,018	0,018	0,019	0,020
Galur	0,014	0,014	0,014	0,015	0,015	0,015
Total	0,185	0,187	0,190	0,195	0,201	0,207

Kebutuhan air industri

Kebutuhan air industri adalah kebutuhan air untuk proses industri dan pekerja industri.

Tabel 7. Kebutuhan Air Industri

Kecamatan	Jenis Sentra	Kebutuhan Air (m ³ /detik)	
		Pekerja Industri	Proses Industri
Kokap	Olahan pangan	0,00135	0,00271
	Kimia dan Bahan bangunan	0,00007	0,00011
Kalibawang	Olahan pangan	0,00004	0,00009
Pengasih	Olahan pangan	0,00009	0,00021
	Kerajinan dan Umum	0,00005	0,00010
Samigaluh	Olahan pangan	0,00001	0,00003
	Kimia dan Bahan Bangunan	0,00003	0,00005
Galur	Olahan pangan	0,00001	0,00001
Sentolo	Olahan pangan	0,00006	0,00019
	Kerajinan dan Umum	0,00004	0,00008
Lendah	Olahan pangan	0,00004	0,00010
	Kerajinan dan Umum	0,00003	0,00007
	Kimia dan Bahan bangunan	0,00005	0,00010
	Sandang dan Kulit	0,00002	0,00004
Panjatan	Olahan pangan	0,00002	0,00003
	Kerajinan dan Umum	0,00001	0,00001
Wates	Kerajinan dan Umum	0,00006	0,00010
Nanggulan	Kerajinan dan Umum	0,00003	0,00004
	Kimia dan Bahan bangunan	0,00001	0,00003
Total		0,00613	

Jumlah sentra Industri Kecil dan Menengah (IKM) di Kabupaten Kulon Progo sebanyak 47 sentra. Sentra Industri Kecil dan Menengah (IKM) merupakan lokasi pemusatan kegiatan industri kecil dan industri menengah yang menghasilkan produk sejenis, menggunakan bahan baku sejenis, atau mengerjakan produksi yang sama dan dilengkapi dengan sarana dan prasarana penunjang. Paling banyak adalah

sentra olahan pangan sebanyak 22 sentra, diikuti sentra kerajinan dan umum sebanyak 13 sentra, lalu terdapat 11 sentra kimia dan bahan bangunan dan sentra sandang dan kulit sebanyak 1 sentra dengan total pekerja sejumlah 2911 jiwa.

Berdasarkan perhitungan di atas terlihat Kecamatan Kokap membutuhkan air industri paling besar dikarenakan terdapat beberapa industri besar diantaranya 6 usaha gula semut, 1 usaha makanan olahan, 1 usaha olahan kayu, 1 usaha bata merah dan 3 usaha genteng dengan tenaga kerja total sejumlah 2041 jiwa yang paling banyak membutuhkan air disamping ke 9 kecamatan lainnya.

Kebutuhan air perikanan

Kebutuhan air untuk pembilasan kolam 7 mm/hari/ha.

Tabel 8. Kebutuhan Air Perikanan

Kecamatan	Luas Kolam Air Tawar (Ha)	Kebutuhan Air (m ³ /detik)
Girimulyo	1,195	9,68495E-10
Kokap	2,298	1,86197E-09
Pengasih	2,688	2,17753E-09
Wates	11,218	9,08825E-09
Temon	3,632	2,94259E-09
Panjatan	5,545	4,49256E-09
Samigaluh	1,808	1,46506E-09
Kalibawang	3,694	2,99315E-09
Nanggulan	5,781	4,68360E-09
Sentolo	2,330	1,88797E-09
Lendah	3,752	3,03990E-09
Galur	4,858	3,93588E-09
Total	48,800	0,000000040

Jumlah total kolam air tawar pada tahun 2018 adalah 48,80 ha dengan jenis perairan yang permanen dan non permanen, berdasarkan perhitungan diatas didapatkan kebutuhan air perikanan terbesar terdapat pada Kecamatan Wates.

Kebutuhan air peternakan

Kebutuhan air peternakan tergantung pada populasi/jumlah ternak dan jenis ternak.

Tabel 9. Kebutuhan Air Peternakan

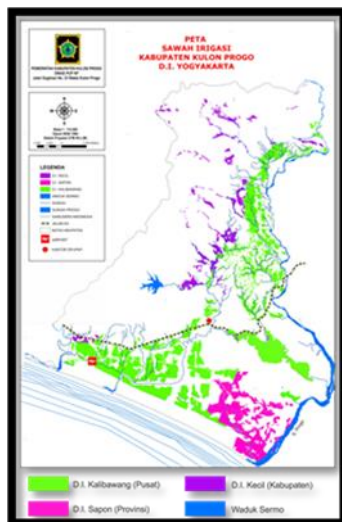
Kecamatan	Jenis Ternak (ekor)				Kebutuhan Air (m ³ /detik)
	Sapi	Kambing	Babi	Unggas	
Girimulyo	3100	17149	0	130993	0,003
Kokap	2398	17116	0	460260	0,005
Pengasih	6295	11253	0	456877	0,007
Wates	6122	9582	43	207165	0,005

Temon	3133	2497	13	101567	0,002
Panjatan	5809	3778	0	232225	0,005
Samigaluh	2397	15127	30	104935	0,003
Kalibawang	3712	11183	944	289786	0,004
Nanggulan	3651	3500	0	311140	0,004
Sentolo	6450	3480	0	999407	0,010
Lendah	6849	5756	0	886676	0,010
Galur	2468	1512	0	153106	0,002
Total	52384	101933	1030	4334137	0,060

Berdasarkan perhitungan di atas dapat diketahui Kecamatan Sentolo membutuhkan air untuk peternakan yang paling besar jika dibandingkan dengan kecamatan lainnya. Jumlah ternak di Kabupaten Kulon Progo didominasi oleh unggas namun untuk jenis ternak yang membutuhkan air lebih banyak adalah sapi sebesar 0,024 m³/detik lalu kambing sebesar 0,006 m³/detik. Ternak unggas sebesar 0,030 m³/detik dan ternak babi yang membutuhkan air paling sedikit yaitu 0,0001 m³/detik.

Kebutuhan air irigasi

Dalam penelitian ini terdapat 3 daerah irigasi yang diperhitungkan yaitu Daerah Irigasi Kalibawang, Daerah Irigasi Sapon dan Daerah Irigasi Pengasih. Pola tanam yang diterapkan adalah pola tanam padi-padi-palawija.



Gambar 2. Peta Sawah Irigasi Kabupaten Kulon Progo

Daerah Irigasi Kalibawang merupakan daerah irigasi kewenangan pemerintah pusat (Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak). Kebutuhan air rata-rata pertahun sebesar 1,754 m³/detik mengairi sawah seluas 7152 Ha.

Daerah Irigasi Sapon merupakan daerah irigasi kewenangan provinsi (Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan Dan Energi Sumber Daya Mineral DIY). Kebutuhan air rata-rata pertahun sebesar 1,34 m³/detik mengairi sawah seluas 2094 Ha. Daerah Irigasi Pengasih merupakan daerah irigasi kewenangan provinsi (Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan Dan Energi Sumber Daya Mineral DIY). Kebutuhan air rata-rata pertahun sebesar 1,366 m³/detik mengairi sawah seluas 2291 Ha.

Kesimpulan

1. Kebutuhan air domestik pada tahun 2018 sebesar 0,616 m³/detik dan akan meningkat menjadi 0,623 m³/detik pada 2 tahun mendatang, 0,633 m³/detik pada 5 tahun mendatang, 0,651 m³/detik pada 10 tahun mendatang, 0,670 m³/detik pada 15 tahun mendatang, 0,689 m³/detik pada 20 tahun mendatang.
2. Kebutuhan air non-domestik pada tahun 2018 sebesar 0,185 m³/detik dan akan meningkat menjadi 0,187 m³/detik pada 2 tahun mendatang, 0,190 m³/detik pada 5 tahun mendatang, 0,195 m³/detik pada 10 tahun mendatang, 0,201 m³/detik pada 15 tahun mendatang, 0,207 m³/detik pada 20 tahun mendatang.
3. Kebutuhan air industri sebesar 0,00613 m³/detik yang terdiri dari 0,00202 m³/detik kebutuhan air pekerja dan 0,00410 m³/detik kebutuhan air proses industri.
4. Kebutuhan air perikanan sebesar 0,000000040 m³/detik untuk total luas kolam 48,80 ha.
5. Kebutuhan air peternakan sebesar 0,060 m³/detik untuk total ternak 4489484 ekor terdiri dari sapi, kambing, babi, unggas.
6. Kebutuhan air rata-rata pertahun Daerah Irigasi Kalibawang sebesar 1,754 m³/detik mengairi sawah seluas 7152 Ha. Kebutuhan air rata-rata pertahun Daerah Irigasi Sapon sebesar 1,34 m³/detik mengairi sawah seluas 2094 Ha. Kebutuhan air rata-rata pertahun Daerah Irigasi Pengasih sebesar 1,366 m³/detik mengairi sawah seluas 2291 Ha.

Saran

Penelitian selanjutnya menghitung ketersediaan air untuk menghitung *water balance analysis*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2009. *Monitoring dan Evaluasi Prasarana Sumber Daya Air Wilayah Sungai Progo Opak Serang*. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Sumber Daya Air Satuan Kerja Balai Besar Wilayah Sungai Serayu-Opak. Yogyakarta.
- Astuti, Farida Afriani dkk. 2018. *Analisis Kebutuhan Air Domestik dan Non Domestik Di Kabupaten Gunungkidul*. Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Yogyakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2010. *Pedoman Perhitungan Proyeksi Penduduk dan Angkatan Kerja*. Katalog BPS 2301018. ISBN: 978-979-064-194-5.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah Direktorat Jendral Sumber Daya Air, Direktorat Bina Teknik Proyek Pembinaan Pengembangan dan Penyelenggaraan Air Baku. 2003. *Pedoman Penentuan Pengembangan Air Baku Rumah Tangga Perkotaan dan Industri*.
- Hananto, Fendy. 2019. *Kajian Potensi Sumber Daya Air Guna Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih Wilayah Terdampak Mega Proyek Yogyakarta International Airport (YIA)*. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Peraturan Daerah Kabupaten Kulon Progo Nomor 1 Tahun 2012. 2012. *Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Kulon Progo Tahun 2012-2032*. Wates, Kulon Progo.
- SNI 6728.1:2015. *Penyusunan Neraca Spasial Sumber Daya Alam – Bagian 1: Sumber Daya Air*.

ANALISIS PERHITUNGAN WAKTU DAN BIAYA ANTARA ATAP BETON KONVENSIONAL DENGAN SANDWICH PANEL PADA PERLUASAN BANDARA PATTIMURA AMBON

Ma'rif Syafaat¹, Mardewi Jamal², Ery Budiman³

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda

e-mail: marufsyafaat9@gmail.com

²Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda

e-mail: wie_djamil@yahoo.com

³Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda

e-mail: ery_budi@yahoo.com

ABSTRAK

Bandara merupakan suatu bangunan kompleks yang harus selalu terhubung satu sama lain sehingga diperlukan usaha yang ekstra dalam pekerjaan renovasi gedungnya. Koordinasi dengan beberapa pihak terkait sangat diperlukan agar fungsi dari bangunan tersebut tidak mengalami gangguan. Sudah menjadi tugas dari *Project Manager* untuk memantau dan memilih metode apa yang tepat dalam mempercepat perluasan Bandara Pattimura, Ambon. Salah satu cara yang bisa digunakan yaitu mengganti material rencana dengan material yang baru tanpa mengubah fungsi dan kegunaan material tersebut.

Penelitian ini menggunakan metode *Critical Path Method (CPM)*, proses ini dimulai dengan mencari lintasan kritis menggunakan program *Microsoft Project 2013*. Analisa ini digunakan untuk mengetahui apakah material pekerjaan yang akan diganti termasuk dalam jalur kritis atau tidak. Data yang diperlukan adalah RAB, daftar analisa harga satuan pekerjaan, jadwal waktu pelaksanaan, laporan mingguan, gambar *shop drawing*, gaji pegawai dan data biaya tak langsung. Pekerjaan yang diubah yaitu pekerjaan pada area atap. Pada rencana awal atap yang digunakan merupakan atap plat dak beton. Namun karena proses pengerjaannya cukup rumit maka atap tersebut diubah menggunakan atap dengan material *Sandwich Panel*.

Berdasarkan data serta hasil analisis dan pembahasan yang dilakukan pekerjaan atap termasuk dalam jalur kritis. Durasi pekerjaan atap beton memerlukan waktu selama 173 hari dan atap *Sandwich Panel* memerlukan waktu 139 hari. Pergantian model atap dari atap beton menjadi atap *Sandwich Panel* mampu mempercepat proyek selama 34 hari dibandingkan atap beton. Biaya yang dibutuhkan jika menggunakan atap beton sebesar Rp. 4.120.167.070,77 dan biaya atap *Sandwich Panel* sebesar Rp. 3.985.580.141,75. Biaya penghematan upah pekerja terhadap percepatan waktu sebesar Rp. 44.450.000,00. Jadi biaya atap dengan menggunakan *Sandwich Panel* lebih murah dengan selisih biaya sebesar Rp. 179.036.929,02.

Kata Kunci: *Sandwich Panel, Critical Path Method (CPM), Manajemen Proyek, Durasi, Biaya*

ABSTRACT

An airport is a complex building that must always be connected within each other's so in the renovation work of building the extra effort must be needed. Coordination with several related parties is necessary so that function of airports is not be disturbed. Is the task of the Project Manager to monitor and choose the appropriate method for speed up the expansion project progress of Pattimura airport, Ambon. One way that can be used is to replace the planned material with a new material without changing the function and usability of the planned material.

Critical Path Method (CPM), is used in this research, the process started by seeking critical path with Microsoft project 2013 software. This analysis is used to determine whether the material which will be replaced is included in the critical path or not. The data required are Bill of Quantity (BoQ), list of work unit price analysis, time schedule, weekly reports, shop drawings, employee salaries and indirect cost. The changed work is on roof area. In the initial plan, the roof is used with a concrete plate roof. Because the process with the concrete plate roof is so complicated, the roof was changed with Sandwich Panel material.

The result of analysis and research, roof work is included in the critical path. The duration of work with the concrete roof material takes 173 days and the duration of work with Sandwich Panel roof takes 139 days. By changed the roof model form a concrete roof to Sandwich Panel roof can speed up the project for 38 days. The cost of work with the concrete roof is Rp. 4.120.167.070,77 and the cost of work with Sandwich Panel roof is Rp. 3.985.580.141,75. The cost of saving worker's against time acceleration is Rp. 44.450.000,00. Sandwich Panel roof is cheaper than concrete plate roof with cost-effective amounting to Rp. 179.036.929,02.

Key Word: *Sandwich Panel, Critical Path Method (CPM), Project Management, Time, Cost*

1. Pendahuluan

Bandara Pattimura Ambon adalah Bandara Internasional yang terletak di Kota Ambon, Provinsi Maluku, Indonesia. Bandara ini memiliki luas landasan 2500m² dan letaknya sangat dekat dengan pantai. Pada bandara ini terdapat fasilitas imigrasi, karantina, bea cukai, gudang kargo, restoran dan kantor pos.

Mengingat statusnya yang sudah berada di tahap Internasional maka pihak Angkasa Pura memerlukan perluasan seperti penambahan *gate* untuk mengantisipasi jumlah penumpang yang tiap tahun semakin bertambah.

Selain penambahan *gate* pada Bandara Pattimura ini juga dilakukan beautifikasi dan merenovasi bangunan lama yang sudah tampak tua guna memperindah bangunan serta meningkatkan kepuasan pengguna.

Pada umumnya atap dinilai sebagai bagian mahkota dari bangunan. Atap berfungsi sebagai bagian dari keindahan dan pelindung bangunan dari pengaruh hujan, angin, sinar matahari dan sebagainya.

Pada rencana awal renovasi ruangan *waiting lounge* atap yang direncanakan adalah atap beton konvensional dan beberapa atap dari kaca di beberapa titik. Namun pihak kontraktor mengusulkan penggantian atap dari atap beton konvensional menjadi *sandwich panel*. Hipotesa sementara yaitu durasi pengerjaan akan lebih

cepat menggunakan atap *sandwich panel* dan biayanya pun akan lebih murah menggunakan atap *sandwich panel* dibandingkan dengan atap beton konvensional.

Maka dari itu penelitian ini dibuat dengan judul "Analisis Perhitungan Waktu dan Biaya Antara Atap Beton Konvensional Dengan Sandwich Panel Pada Perluasan Bandara Pattimura Ambon".

2. Tinjauan Pustaka

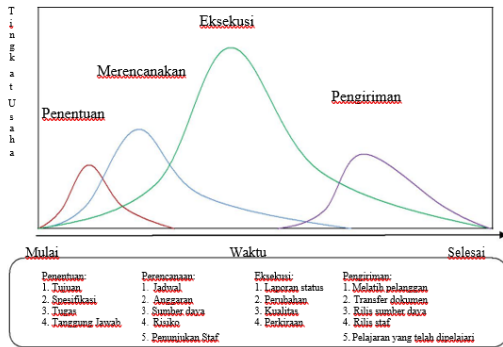
2.1 Manajemen Proyek

Proyek adalah suatu bagian tugas dari suatu organisasi yang mempunyai tujuan dan dibatasi oleh kinerja, waktu dan anggaran. Suatu proyek merupakan pekerjaan atau tugas yang waktunya sudah tertentu dan biasanya lebih pendek dari umur organisasinya.

Manajemen proyek adalah aplikasi pengetahuan (knowledges), keterampilan (skills), alat (tools), dan teknik (*techniques*) dalam aktifitas-aktifitas proyek untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan proyek.

Ada tiga garis besar yang dibahas dalam manajemen proyek untuk menciptakan berlangsungnya sebuah proyek, yaitu:

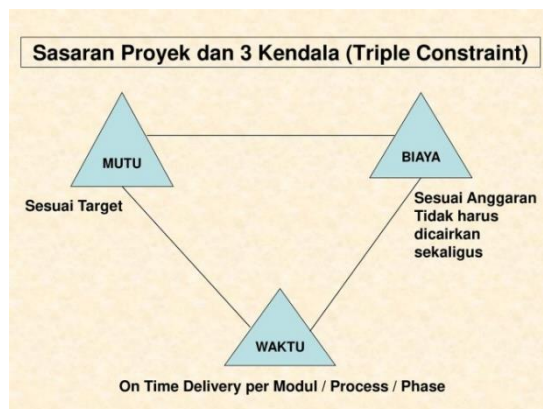
1. Perencanaan
2. Penjadwalan
3. Pengendalian Proyek



Gambar 1. Siklus Hidup Proyek

2.2 Tujuan Manajemen Proyek

Tujuan pokok manajemen adalah mengelola fungsi-fungsi manajemen sedemikian rupa sehingga diperoleh hasil optimum sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan serta penggunaan sumber daya yang efisien dan efektif.



Gambar 2. Sasaran Proyek Yang Juga Merupakan Tiga Kendala (triple constraint)

2.3 Tahapan Umum Manajemen Proyek

yang teridentifikasi bila tercapai objective-nya antara lain:

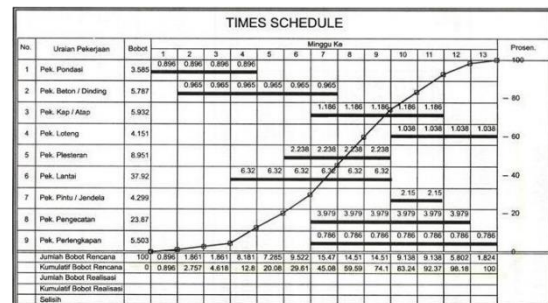
1. Perencanaan (Planning)
2. Alokasi Sumber Daya Terbatas
3. Perencanaan Sumber Daya Bahan/Material
4. Perencanaan Sumber Daya Peralatan
5. Perencanaan Biaya Proyek

2.4 Resiko Manajemen dan Resiko Proyek

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) pengertian risiko adalah akibat yang kurang menyenangkan (merugikan, membahayakan) dari suatu perbuatan atau tindakan. Manajemen risiko yaitu sebuah pendekatan yang mempunyai struktur atau metodologi dalam pengelolaan ketidakpastian yang berhubungan dengan ancaman.

2.5 Kurva S dan Cash Flow

Kurva S (Hannum Curve) adalah sebuah grafik yang dikembangkan oleh Warren T. Hannum atas pengamatan terhadap sejumlah besar proyek sejak awal hingga akhir proyek. Kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang dipresentasikan sebagai presentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Visualisasi kurva S dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkannya terhadap jadwal rencana. Dari sinilah diketahui apakah ada keterlambatan atau percepatan proyek.



Gambar 3. Contoh Bentuk Kurva S

Cash Flow dalam proyek merupakan daftar yang mencakup prakiraan dari penerimaan dan pengeluaran proyek secara tunai (cash) yang akan terjadi dalam kurun waktu tertentu agar dapat mengetahui kelebihan ataupun kekurangan dana dari waktu ke waktu, termasuk mengatasi finansial bila defisit.

2.6 Metode CPM

Pada metode CPM dikenal adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang tercepat. Jadi, jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan

terakhir proyek. Makna jalur kritis penting bagi pelaksana proyek, karena pada jalur ini terletak kegiatan-kegiatan yang bila pelaksanaannya terlambat akan menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. Kadang-kadang dijumpai lebih dari satu jalur kritis dalam jaringan kerja.

2.7 Metode *Network Planing*

Network Planning diperkenalkan pada tahun 50-an oleh tim perusahaan Du-Pont dan Rand Corporation untuk mengembangkan sistem kontrol manajemen. Metode ini dikembangkan untuk mengendalikan sejumlah besar kegiatan yang memiliki ketergantungan yang kompleks. Metode ini relatif lebih sulit, hubungan antar kegiatan jelas, dan dapat memperlihatkan kegiatan kritis. Dari informasi network planning monitoring serta tindakan koreksi kemudian dapat dilakukan, yakni dengan memperbaiki jadwal. Akan tetapi, metode ini perlu dikombinasikan dengan metode lainnya agar lebih informatif.

2.8 *Sandwich Panel*

Sandwich panel dapat dikatakan sebagai teknologi bahan material yang baru. Hal itu dikarenakan sandwich panel sangat mendukung konsep *go green* dan *low waste*. *Sandwich panel* juga cukup efisien dari fungsi dan penggunaannya.

Gambar 4. Bagian-bagian *sandwich Panel*

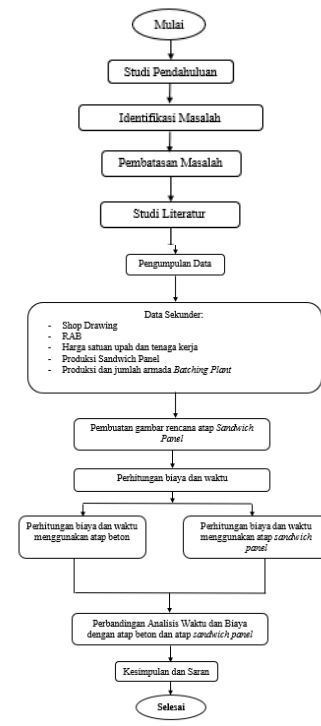
2.9 Metode Pemasangan *Sandwich Panel*

Pemasangan panel sandwich merupakan pekerjaan yang cukup sulit untuk dilakukan, diperlukan keterampilan profesional dan ketersediaan alat khusus. Sebelum bekerja, pekerja harus memastikan bahwa semua panel sesuai dengan ukuran dan warna, menyiapkan struktur rangka dan periksa dimensinya pada proyek.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bagan Alur Penelitian

Adapun bagan alur pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 5. Bagan Alur Penelitian

3.2 Teknik Analisis Data

Tahapan atau metode yang akan digunakan dalam analisis ini adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah merupakan tahap pengumpulan data yang berasal dari lapangan maupun literatur terkait yang akan digunakan sebagai objek perancangan dan juga data – data perencanaan yang ada pada lokasi proyek.
2. Analisis awal yang dilakukan adalah menganalisa progress proyek melalui kurva S apakah terjadi deviasi atau tidak.
3. Analisis penyebab keterlambatan progress dan meninjau kondisi lapangan serta monitoring material.
4. Melakukan usulan pergantian material yang dapat mempercepat progress lapangan
5. Analisis waktu dan biaya yang diperlukan dari material yang baru.
6. Bila dapat mempercepat progress lapangan langsung mengajukan CCO (*Contract Change Order*).

3.3 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan suatu informasi yang dibutuhkan dalam mencapai tujuan penelitian. Setelah mencapai tujuan yang ingin dicapai maka penulisan dapat dilanjutkan ke tahapan pengumpulan data-data yang dibutuhkan terkait dengan penulisan skripsi ini. Dalam penelitian ini penulis menggunakan data sekunder yaitu dengan cara mengumpulkan informasi data-data yang diperlukan melalui Kontraktor PT. Amarta Karya baik berupa list item Pekerjaan, Shop Drawing dan Gambar detail.

4. Analisis dan Pembahasan

4.1 Jalur Kritis

Jalur kritis adalah waktu terpanjang yang diperlukan untuk menyelesaikan keseluruhan proyek. Jalur ini memunjukkan kegiatan kritis dari awal kegiatan sampai akhir kegiatan dalam sebuah jaringan.

dilihat uraian pekerjaan dan pekerjaan yang harus dilakukan terlebih dahulu dan pekerjaan yang akan dikerjakan apabila suatu pekerjaan sudah selesai.

Contoh pekerjaan pemasangan list plafond (H3) baru dapat dikerjakan apabila pekerjaan plafond Gypsum t. 9 mm + rangka metal (H2) dan bila pekerjaan list plafond (H3) telah selesai maka pekerjaan pengecatan dinding (luar) (I1) dan pengecatan plafon (I3) dapat dimulai.

4.2 Atap Sandwich Panel

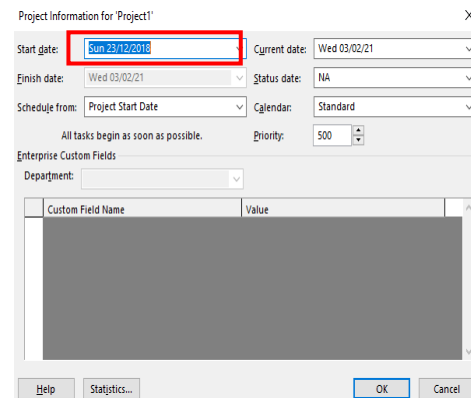
Untuk pemasangan atap Sandwich Panel ada beberapa item pekerjaan yang dihilangkan yaitu item pekerjaan beton plat atap (B6), beton lisplank (B7) dan plat bondex (B8). Namun ada juga beberapa item tambahan yang tidak terdapat pada pekerjaan atap beton yaitu pekerjaan pemasangan gording CNP 150 x 50 x 20 x 2,3 mm (F23).

beberapa hubungan keterikatan pekerjaan yang berbeda dengan Tabel 4.3. Hal ini disebabkan adanya item pekerjaan yang hilang yaitu item pekerjaan beton plat atap (B6), beton lisplank (B7) dan plat bondex (B8) dan adanya item pekerjaan baru yang tidak terdapat pada pekerjaan atap beton yaitu pekerjaan pemasangan gording CNP 150 x 50 x 20 x 2,3 mm (F23).

Setelah membuat tabel hubungan keterikatan pekerjaan langkah selanjutnya ialah membuat

network diagram dengan menggunakan aplikasi Microsoft Project 2019. Langkah – Langkah menggunakan Microsoft Project 2019 adalah sebagai berikut:

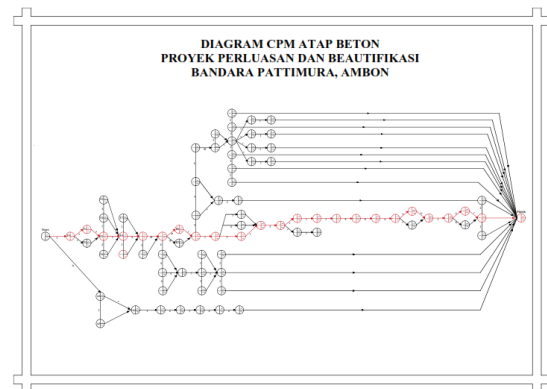
1. Jalankan aplikasi Microsoft Project 2019.
2. Input tanggal dimulainya proyek.



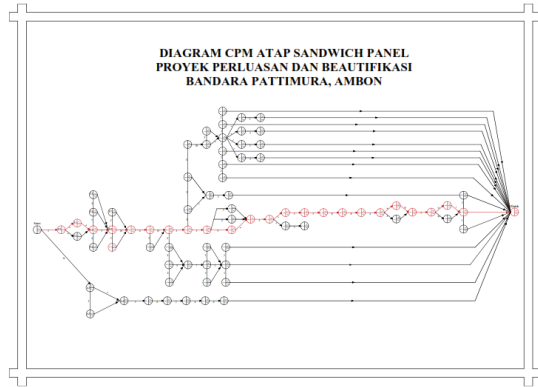
Gambar 6. Tampilan saat memasukan tanggal dimulainya proyek

3. Input jam kerja yang diterapkan pada proyek.
4. Input jenis kegiatan beserta durasinya.
5. Membuat hubungan keterikatan pekerjaan.
6. Menampilkan jalur kritis.

Dari hasil Gantt Chart yang diolah dengan aplikasi Microsoft Project 2019 maka selanjutnya membuat diagram Critical Path Method (CPM). Penulis menggunakan diagram CPM menggunakan aplikasi Autocad 2019.



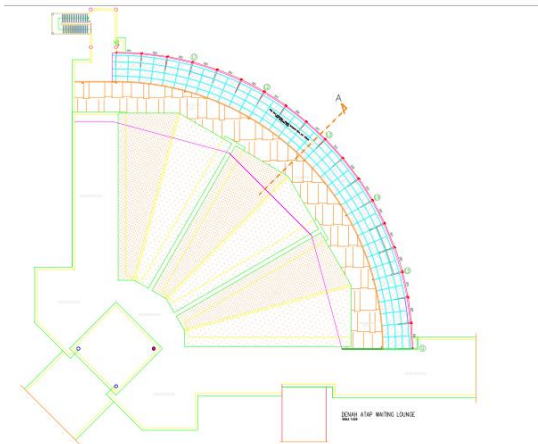
Gambar 7. Diagram CPM atap beton



Gambar 8. Diagram CPM atap sandwich panel

4.3 Membuat Gambar Rencana Atap Sandwich Panel Dalam Bentuk 2D dan 3D

Berdasarkan fungsinya gambar terbagi menjadi 3 yaitu gambar forcon, shopdrawing dan as built. Gambar forcon adalah gambar rencana yang dibuat oleh konsultan perencana yang dimana dalam proses pembuatannya sudah melakukan survey lokasi dan kondisi di lapangan.

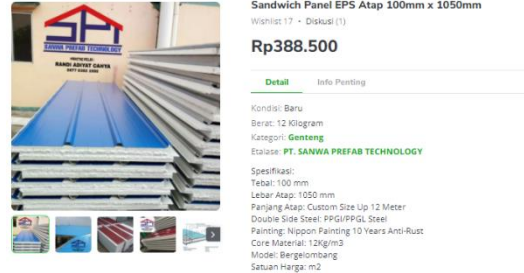


Gambar 9. Gambar rencana dalam bentuk 2D (autocad).

4.4 Membuat Analisis Harga Satuan Sandwich Panel On Site

Survey harga Sandwich Panel ini dilakukan dengan PT. Sanwa Prefab Technology yang

berasal dari Banten dan didapatkan harga item Sandwich Panel senilai Rp. 388.500,00 per lembar dan menggunakan spesifikasi material dengan tebal 100 mm dan berat 12.7 Kg/m².



Gambar 10. Harga material Sandwich Panel per lembar

Berdasarkan hasil survey pengiriman cargo di situs makharya cargo diketahui harga pengiriman dari Jakarta ke kota Ambon sebesar Rp. 7.500,00 Per Kg.

Harga material on site = Harga material + Harga ongkos kirim per meter persegi = Rp. 38.850,00 + (Rp.7.500,00 x 1,2 Kg) = Rp. 38.850,00 + Rp. 9.000,00 = Rp.47.850,00

Jadi, harga material Sandwich Panel on site yang digunakan ialah Rp.47.850,00 per m².

Setelah didapat harga material on site sehingga didapat jumlah harga pekerjaan item atap sandwich panel senilai Rp. 35.226.184,58.

4.5 Perbandingan Durasi Dari Atap Sandwich Panel Dengan Atap Beton

Durasi pekerjaan = volume pekerjaan: produksi perhari

$$= 377,4 \text{ m}^2 : 30 \text{ m}^2 \\ = 12,58 \text{ hari} \\ \approx 13 \text{ hari}$$

Tabel 1. Perbandingan durasi antara atap Sandwich Panel dan atap beton

No	Tipe Atap	Durasi
1.	Atap Sandwich Panel	29 Hari
2.	Atap Beton	63 Hari

Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa pekerjaan atap dengan Sandwich Panel lebih cepat 38 hari dibandingkan atap beton.

4.6 Perbandingan Biaya Dari Atap Sandwich Panel Dengan Atap Beton

Tabel 2. rekapitulasi biaya dengan menggunakan atap Sandwich Panel

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah Harga (Rp)
1.	Pekerjaan tanah	Rp. 1.111.398,15
2.	Konstruksi beton	Rp. 36.002.570,69
3.	<i>Sandwich Panel</i>	Rp. 35.226.184,58
4.	Pekerjaan pemasangan & beton praktis	Rp. 188.650.219,40
5.	Pekerjaan plesteran/benangan	Rp. 276.821.506,59
6.	Pekerjaan pintu / jendela	Rp. 663.766.598,93
7.	Pekerjaan rangka baja + atap	Rp. 1.959.601.056,37
8.	Pekerjaan pelapis lantai / dinding	Rp. 176.725.996,06
9.	Pekerjaan langit – langit & list	Rp. 215.981.916,08
10.	Pekerjaan finishing	Rp. 171.216.720,38
11.	Railing tangga	Rp. 20.516.850,00
12.	Sanitary	Rp. 20.253.880,00
13.	Pekerjaan toilet	Rp. 219.705.244,54
Total		Rp. 3.985.580.141,75

Jadi total biaya yang diperlukan jika atap tersebut menggunakan Sandwich Panel senilai Rp. 3.985.580.141,75

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah Harga (Rp)
1.	Pekerjaan tanah	Rp. 1.111.398,15
2.	Konstruksi beton	Rp. 261.785.449,52
3.	Pekerjaan pemasangan & beton praktis	Rp. 188.650.219,40
4.	Pekerjaan plesteran/benangan	Rp. 276.821.506,59
5.	Pekerjaan pintu / jendela	Rp. 663.766.598,93
6.	Pekerjaan rangka baja + atap	Rp. 1.903.631.291,14
7.	Pekerjaan pelapis lantai / dinding	Rp. 176.725.996,06
8.	Pekerjaan langit – langit & list	Rp. 215.981.916,08
9.	Pekerjaan finishing	Rp. 171.216.720,38

10.	Railing tangga	Rp. 20.516.850,00
11.	Sanitary	Rp. 20.253.880,00
12.	Pekerjaan toilet	Rp. 219.705.244,54
Total		Rp. 4.120.167.070,77

Jadi total biaya yang diperlukan jika atap tersebut menggunakan atap beton senilai Rp. Rp. 4.120.167.070,77.

Tabel 3. Perbandingan biaya antara atap Sandwich Panel dan atap beton

No	Tipe Atap	Biaya
1.	Atap <i>Sandwich Panel</i>	Rp. 3.985.580.141,75
2.	Atap Beton	Rp. 4.120.167.070,77

dapat disimpulkan bahwa pekerjaan atap dengan Sandwich Panel lebih hemat biaya sebesar Rp. 134.586.929,02

besarnya selisih biaya yang terjadi merupakan selisih biaya terhadap pergantian material dari atap beton menjadi atap sandwich panel, belum termasuk biaya yang diperlukan untuk membayar upah pekerja selama selisih waktu yang terjadi dari pergantian material tersebut.

Untuk itu masih perlu dihitung lebih lanjut besarnya penghematan biaya pekerja yang terjadi akibat penghematan waktu selama 34 hari.

Sehingga besarnya nilai penghematan upah pekerja selama 34 hari yang ditimbulkan dari pergantian atap beton menjadi atap sandwich panel sebesar Rp. 44.450.000,00

Total penghematan biaya jika mengubah atap beton menjadi atap sandwich panel dapat dihitung dengan cara:

Total biaya penghematan = Selisih biaya material + upah pekerja terhadap percepatan

$$= \text{Rp. } 134.586.929,02 + \text{Rp. } 44.450.000,00$$

$$= \text{Rp. } 179.136.929,02$$

Jadi dengan mengubah model atap pihak kontraktor dapat menghemat biaya sebesar Rp. 179.136.929,02

5. Kesimpulan

Berdasarkan data hasil analisis dan pembahasan yang dilakukan pada proyek Perluasan Bandara Pattimura Ambon, Maluku, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Gambar rencana atap *sandwich panel* terdiri dari gambar 2D dan 3D. Untuk pengerjaan gambar 2D digunakan aplikasi Autocad 2017 dan untuk tampilan 3D guna memudahkan dalam penyampaian penulis digunakan aplikasi Sketch Up 2015. Untuk gambar rencana 2D dan gambar rencana 3D.
2. Setelah dilakukan analisis menggunakan program *Microsoft Project* lintasan jalur kritis pada Proyek Perluasan Bandara Pattimura Ambon dimulai dari item pekerjaan rangka baja + atap, pekerjaan konstruksi beton, pekerjaan toilet, pekerjaan langit – langit & *list*, pekerjaan *finishing* dan pekerjaan pelapis lantai/dinding.
3. Setelah dilakukan analisis dan pembuatan RAB jika menggunakan atap *sandwich panel* diperoleh jumlah biaya yang dibutuhkan yaitu sebesar Rp. 3.985.580.141,75. Sedangkan jika atap tersebut menggunakan atap beton konvensional biaya yang diperlukan sebesar Rp. 4.120.167.070,77. Atap *sandwich panel* dapat menghemat biaya sebesar Rp. 179.136.929,02. Untuk pemasangan dilapangan dengan volume sebanyak 377,4 m² maka waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pemasangan atap *sandwich panel* sebanyak 29 hari. Sedangkan jika menggunakan atap beton waktu yang diperlukan sebanyak 63 hari. karena memerlukan pemasangan *scaffolding*, pemasangan *bekisting* dan pembesian sehingga waktu pengerjaannya pun perlu diperhitungkan. Maka jika proyek Perluasan Bandara Pattimura Ambon menggunakan atap *sandwich panel* mampu mempercepat proyek sebanyak 34 hari.

Daftar Pustaka

- Andi. *Pengelolaan Proyek dengan Aplikasi Windows 95*. Yogyakarta: Wahana Komputer. 1997.
- Herumanta, Ir. Bambang, M.T dan Suwardo. S.T., M., T., Ph.D. *Pengelolaan dan Pengendalian Proyek*. Yogyakarta: UGM. 2012.
- Santoso, Budi. *Manajemen Proyek*. Yogyakarta: Graha Ilmu. 2009.
- Sadyavitri, Ari. *Manajemen Resiko di Proyek Konstruksi*. Tugas Akhir. 2008

- Badri, Ir. Sofwan. *Dasar-dasar Network Planning (Dasar-dasar Perencanaan Jaringan Kerja)*. Jakarta: PT. Rineka Cipta, 1991.
- Ervianto, W. I. *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Andi Offset, 2004.
- Husen, Ir. Abrar. *Manajemen Proyek: Perencanaan, Penjadwalan, & Pengendalian Proyek*. Edisi Revisi. Yogyakarta: Andi Offset, 2011.
- Soeharto, Iman. *Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional*. Edisi 1. Cetakan 1. Jakarta: Erlangga, 1999.
- Soeharto, Iman. *Manajemen Proyek: Dari Konseptual Sampai Operasional*. Edisi 2. Cetakan 1. Jakarta: Erlangga, 1999.

ANALISA PERBANDINGAN TEBAL LAPIS PERKERASAN JALAN LENTUR ANTARA METODE ANALISA KOMPONEN SKBI 1987 DAN METODE MANUAL DESAIN JALAN LENTUR BINA MARGA 2017

Siti Aminah¹⁾, Muhammad Jazir Alkas²⁾, Ery Budiman³⁾

¹Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman
Jl. Sambaliung No. 9, Samarinda, Kalimantan Timur 75119

E-mail: asiti7765@gmail.com

²Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman
Jl. Sambaliung No. 9, Samarinda, Kalimantan Timur 75119

E-mail: mjalkaz@gmail.com

³Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman
Jl. Sambaliung No. 9, Samarinda, Kalimantan Timur 75119

E-mail: ery_budi@yahoo.com

Abstrak

Jalan yang baik ditentukan dari bagaimana jalan tersebut dirancang. Dalam merancang perkerasan, terdapat pedoman yang perlu diikuti yang didasarkan dari kondisi lingkungan dimana perkerasan akan dibangun. Indonesia telah memiliki pedoman perancangan perkerasan sendiri yang didasarkan dari pedoman negara maju, seperti Amerika Serikat, Inggris,

dan Australia. Diantaranya pedoman yang dikembangkan di Indonesia adalah Analisa Komponen SKBI 1987 dan Manual Desain Perkerasan jalan Bina Marga 2017.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan kedua manual tersebut dalam mendesain perkerasan lentur. Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data sekunder. Data-data ini adalah lintas harian rata-rata, dan CBR tanah dasar.

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah Metode Analisa Komponen SKBI 1987 lebih efektif dalam merancang perkerasan lentur karena kriteria perencanaan dan tahapan perhitungan yang berbeda pada masing-masing metode tersebut.

Kata Kunci: Perencanaan Tebal Perkerasan, Metode Analisa Komponen SKBI 1987, Metode Manual Desain Perkerasan Bina Marga 2017, Tebal Lapis Perkerasan.

ABSTRACT

A high-quality road is determined by how its pavement was designed. In designing pavement, there are rules and guidelines that must be followed based on the environmental conditions where the pavement will

be built. Indonesia already have its own guidelines to design pavement that is made by modifying advance countries' guidelines such as United States, England and Australia. One of pavement design guideline that

Indonesia develop is Analisa Komponen SKBI 1987 and Manual Desain Perkerasan jalan Bina Marga 2017.

The purpose of this research is to compare both of these manuals in designing flexible pavement. Data used

in this research is secondary data. These data are average daily traffic, and CBR.

The result obtained from this study is the SKBI Component Analysis Method 1987 is more effective in designing flexible pavement because of the different planning criteria and calculation stages in each of these methods.

Keywords: *Pavement Thickness Planning, SKBI Component Analysis Method 1987, Bina Marga Pavement Design Manual Method 2017, Pavement Layer Thickness*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Secara umum seiring dengan perkembangan teknologi material, maka pedoman metode perhitungan perkerasan jalan lentur terdahulu tidak dapat mengikuti perkembangan material yang terbaru tersebut, namun ada perbedaan signifikan dari ketiga metode desain perkerasan jalan lentur tersebut, yaitu saat pembahasan indeks tebal perkerasan (ITP) SKBI 1987 menggunakan nomogram murni, sedangkan manual desain Bina Marga 2017 menggunakan hanya tabel.

Pedoman desain perkerasan yang ada diantaranya Analisa Komponen 1987 tetap valid namun solusi desain harus memenuhi persyaratan dalam manual ini terutama dengan umur rencana, faktor kerusakan (VDF), desain fondasi jalan, dan beban berlebih. Dengan kata lain, pedoman tersebut tetap harus konsisten terhadap ketentuan-ketentuan yang ada dalam Bina Marga 2017. Kedua metode yaitu Bina Marga 1987 dengan Bina Marga 2017 menggunakan cara yang berbeda untuk mendapatkan nilai tebal perkerasan jalan aspal (lentur).

Ruas jalan Kecamatan Segah merupakan salah satu jalan Kabupaten yang terhubung dengan jalan Provinsi, sebagai salah satu ruas jalan yang dilintasi oleh truk angkutan buah segar (TBS) kelapa sawit, *crude palm oil* (CPO) maupun jalanan *logging*.

Beberapa faktor yang mempengaruhi dalam memilih jalan Kecamatan Segah Kabupaten Berau sebagai lokasi penelitian ini, yaitu jalan Kecamatan Segah Kabupaten Berau merupakan kawasan perkebunan sawit dengan faktor beban kendaraan yang besar terhadap jalur lalu lintas yang pendek untuk dilewati akibatnya jalan tersebut menjadi akses utama dalam aktivitas lalu lintas.

Sehingga, dalam penelitian ini akan dilakukan perbandingan perencanaan tebal lapis perkerasan jalan lentur dengan Metode Analisa Komponen SKBI 1987 dan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 Dinas Perkerajaan

Umum Bina Marga. Dalam penelitian data yang digunakan mencakup data sekunder dari proyek jalan raya (ruas jalan Kecamatan Segah Kabupaten Berau).

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui hasil perhitungan dari perencanaan tebal perkerasan lentur menggunakan Metode Analisa Komponen SKBI 1987
2. Mengetahui hasil perhitungan dari perencanaan tebal perkerasan lentur menggunakan Metode Manual Desain Bina Marga 2017
3. Mengetahui perbedaan perencanaan dengan menggunakan kedua metode tersebut dari segi ketebalan lapis perkerasannya

Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada pembahasan tentang:

1. Penelitian dilakukan pada ruas jalan Kecamatan Segah Kabupaten Berau
2. Metode perhitungan yang digunakan, adalah:
 - a. Analisa Komponen SKBI 1987
 - b. Pedoman Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2017
3. Parameter penilaian dari kedua metode di atas adalah:
 - a. *ITP* (Indeks Tebal Perkerasan)

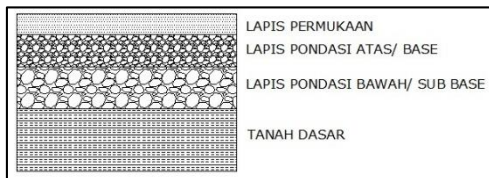
Tinjauan Pustaka

Lapisan Perkerasan Jalan Lentur

Perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah

dasar yang telah dipadatkan, Lapisan-lapisan tersebut adalah [1]:

- a. Lapisan Permukaan (*Surface Coarse*)
- b. Fondasi Atas (*Base Coarse*)
- c. Lapis Fondasi Bawah (*Sub-Base Coarse*)
- d. Tanah Dasar (*Subgrade*)



(Sumber: Tenriajeng, 2004)

Gambar 1. Susunan Lapisan Konstruksi Perkerasan Lentur

Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Analisa Komponen SKBI 1987

Berikut adalah parameter yang diperlukan dalam mendesain perencanaan tebal perkerasan jalan menggunakan Metode Komponen SKBI 1987 [2]:

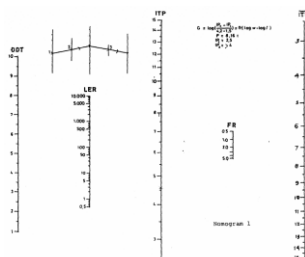
- Lalu lintas Rencana

IP = 1,5 Menyatakan tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus).

IP = 2,0 Menyatakan tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih cukup.

IP = 2,5 Menyatakan permukaan jalan yang masih cukup stabil dan baik.

- Indeks Tebal Perkerasan (ITP)
Untuk mencari nilai Indeks Tebal Perkerasan (ITP) menggunakan Nomogram sesuai dengan nilai IP dan IPo (dalam nomogram nilai IP ditunjukkan dengan IPt), yang dapat dilihat pada Gambar berikut ini.



Sumber: Bina Marga MAK SKBI 1987
Gambar 2. Nomogram 1

Data lalu lintas yang di cari yaitu: Jumlah Jalur dan Koefisien Distribusi Kendaraan (C), Angka Ekvivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan, Lalu Lintas Harian Rata-rata dan Rumus- rumus Lintas Ekvivalen.

- Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR
menggunakan grafik korelasi untuk mencari nilai DDT bisa juga menggunakan persamaan 1 sebagai berikut.
 $DDT = 4,3 \log CBR + 1,7$
- Faktor Regional
Faktor regional hanya dipengaruhi oleh bentuk alinemen (kelandaian dan tikungan), presentase kendaraan berat dan iklim (curah hujan).
- Indeks Permukaan (IP)
Berikut nilai IP beserta dengan pengertiannya:
IP = 1,0 Menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan.

Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Manual Desain Jalan Lentur Bina Marga 2017

Prosedur dalam menggunakan Bagan Desain dalam Manual ini untuk mencapai solusi optimum adalah sebagai berikut [3]:

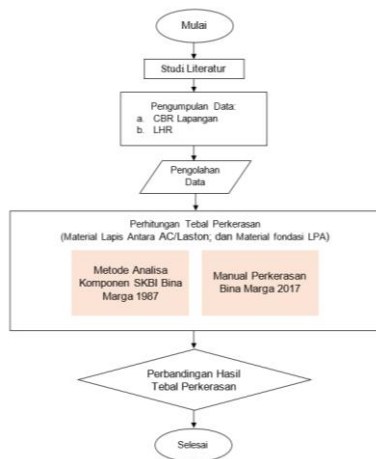
1. Tentukan umur rencana (Tabel 2.1 Umur Rencana Perkerasan)
2. Tentukan nilai-nilai ESA4 dan atau ESA5 sesuai umur rencana yang dipilih
3. Tentukan tipe perkerasan berdasarkan Tabel 3.1 atau pertimbangan biaya (analisis *discounted life-cycle cost*).
4. Tentukan segmen tanah dasar dengan daya dukung yang seragam.
5. Tentukan struktur fondasi perkerasan.
6. Tentukan struktur perkerasan yang memenuhi syarat dari Bagan Desain-3 atau Bagan Desain lainnya yang sesuai.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini disusun dalam dua tahapan utama. Tahap pertama perencanaan tebal perkerasan jalan menggunakan metode Komponen SKBI 1987 dan tahap kedua perencanaan tebal

perkerasan jalan menggunakan metode Manual Desain Jalan Lentur Bina Marga 2017 bisa

dilihat pada bagan alir berikut:



Gambar 3. Bagan Alur Penelitian

- Kendaraan 9 Ton = 4 kend/hari
 - Truck 2 as 10 Ton = 56 kend/hari
 - Truck 3 as 13 Ton = 3 kend/hari
2. Direncanakan bahan yang digunakan untuk susunan lapis perkerasan:
- Lapis Permukaan = LASTON (MS 744)
 - Lapis Fondasi Atas = LASTON Atas (MS 454)
 - Lapis Fondasi Bawah = Sirtu Kelas A
3. Tipe jalan yang digunakan adalah 2 lajur 2 arah tanpa median (2/2 UD)

PEMBAHASAN DAN ANALISIS

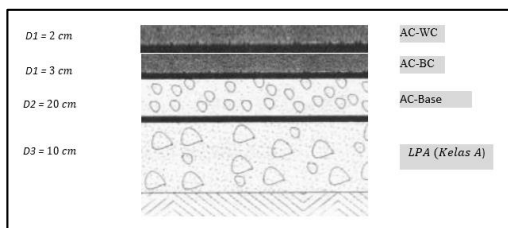
Perencanaan tebal lapis perkerasan

1. LHR
- Kendaraan Ringan 2 Ton = 269 kend/hari

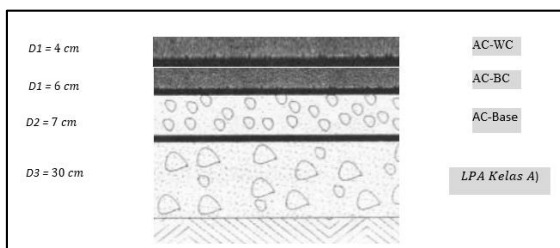
Tabel 4.1 Hasil Perbandingan Tebal Perkerasan

No.	Parameter	Analisa Komponen SKBI 1987	Manual Desain Perkerasa Jalan Bina Marga 2017
1.	Umur Rencana	20 Tahun	20 Tahun
2.	Nilai CBR tanah dasar	6.18 %	6.18 %
3.	Beban Lalu Lintas	LER = 60	ESA5 (20 TH) = 2,671,466.17
4.	Daya Dukung Tanah (DDT)	CBR = 6.18 % DDT = 5,10 kg/cm ²	CBR = 6.18 %
5.	Faktor Regional (FR) Berdasarkan: <ul style="list-style-type: none"> • Curah Hujan • Kelandaian • % kendaraan berat 	FR = 1,5	Tidak ada FR
6.	Indeks Permukaan	IPo > 4 IPt = 1,5 - 2,0	Tidak ada IPo dan IPt
7.	Indeks tebal perkerasan	ITP = 5,9 (menggunakan nomogram 3)	Tidak ada ITP (Hanya menggunakan Bagan yang telah ditentukan)
8.	Penentuan Jenis Bahan Perkerasan	Berdasarkan nilai ITP, maka pada: 1. lapisan permukaan	Dimana jenis bahan yang digunakan sudah ditentukan dalam bagan desain 3B

		menggunakan AC-WC dan AC-BC,	ditentukan dalam tabel bagan 3 maka:
	2.	lapis pondasi atas menggunakan AC-Base,	1. lapisan permukaan menggunakan AC-WC dan AC-BC.
	3.	lapis pondasi bawah menggunakan agregat kelas A.	2. lapisan pondasi atas menggunakan AC-Base, dan 3. lapisan pondasi bawah menggunakan LPA kelas A.
9.	Penentuan Tebal Lapis Perkerasan Lentur	Digunakan rumus ITP dengan cara pendekatan, karena tebal minimum tiap perkerasan dipengaruhi oleh hasil nilai ITP.	Menggunakan tabel Bagan Desain berdasarkan umur rencana dan perencanaan pemilihan jenis perkerasan
Tebal Perkerasan:			
10.	AC – WC	2 cm	4 cm
11.	AC – BC	3 cm	6 cm
12.	AC – Base	20 cm	7 cm
13.	LPA (Agregat Kelas A)	10 cm	30 cm



Gambar 4. Hasil perhitungan metode Analisa Komponen 1987



Gambar 5. Hasil perhitungan metode Manual Desain Perkerasan Jalan Lentur 2017

Pada Metode Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2017 tebal lapis perkerasan lebih tebal dari pada tebal lapis perkerasan pada Metode Analisa Komponen *SKBI* 1987, hal ini dikarenakan faktor ekuivalen beban lalu lintas yang jauh berbeda antara kedua metode tersebut.

Faktor ekuivalen beban pada Metode Analisa Komponen *SKBI* 1987 lebih kecil sedangkan pada Metode Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2017 faktor ekuivalen beban lalu lintasnya sangat besar. Karena pada Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 *VDF*nya *real* lapangan diukur, dikoreksi terhadap apa yang sebenarnya terjadi di lapangan.

Pada Metode Analisa Komponen *SKBI* 1987, *VDF* atau ekuivalen beban dihitung berdasar kendaraan yang melintas sehari pada setengah umur rencana atau Lintas Ekuivalen Tengah (*LET*). Sedangkan pada Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 beban muatnya dan dihitung akumulasi total selama umur rencana sehingga *VDF*nya jauh lebih besar. Sebagai alternatif, satu tabel yang memuat nilai karakteristik *VDF* jenis-jenis kendaraan niaga yang diperoleh dari data studi WIM yang dilakukan Ditjen Bina Marga pada tahun 2011/2012. Studi tersebut dilakukan pada beberapa lokasi di Sumatera, Jawa, Kalimantan dan Sulawesi.

Dengan demikian, nilai karakteristik *VDF* tersebut dikelompokkan berdasarkan wilayah yang bersangkutan. Nilai *VDF* untuk wilayah di luar keempat pulau tersebut diambil dari data WIM dari lokasi dengan karakteristik distribusi kendaraan niaga menyerupai wilayah tersebut. Dengan menggunakan karakteristik *VDF* rata-rata tiap-tiap jenis kendaraan niaga tidak diperlukan survei jenis muatan. Contoh penggunaan nilai karakteristik *VDF* (kondisi beban nyata dan kondisi beban normal) diberikan.

Pada Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 tebal lapis perkerasan jalan lebih tebal dari pada tebal lapis perkerasan jalan pada Metode Analisa Komponen *SKBI* 1987, hal ini dikarenakan ada beberapa parameter yang tidak ada pada Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 tetapi ada pada Metode Analisa Komponen *SKBI* 1987, seperti Faktor Regional (*FR*), Indeks Permukaan (*IP*), Indeks Tebal Permukaan (*ITP*) dan grafik nomogram. Sedangkan pada pedoman 2017 sudah mengandalkan katalog tabel yang didasarkan pada tipe tanah dan tipe *VDF* dan akumulasi beban selama umur rencana.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan:

1. Tebal lapis perkerasan lentur yang dibutuhkan pada perencanaan Ruas Jalan Segah, Kabupaten Berau berdasarkan Metode Analisa Komponen 1987 Bina Marga sebesar 40 cm dengan rincian sebagai berikut:
 - a. Lapisan permukaan (*Surface course*)
 $D1 = AC - WC$ dengan tebal 2 cm

 $AC - BC$ dengan tebal 3 cm
 - b. Lapisan pondasi atas (*Base course*) $D2 = AC - Base$ dengan tebal 20 cm

- c. Lapisan pondasi bawah (*Subbase course*) $D3 = LPA$ Kelas A dengan tebal 10 cm.
2. Tebal lapis perkerasan lentur yang dibutuhkan pada perencanaan Ruas Jalan Segah, Kabupaten Berau berdasarkan Metode Manual Desain Bina Marga 2017 sebesar 47 cm dengan rincian sebagai berikut:
 - a. Lapisan permukaan (*Surface course*)
 $D1 = AC - WC$ dengan tebal 4 cm
 $AC - BC$ dengan tebal 6 cm
 - b. Lapisan pondasi atas (*Base course*) $D2 = AC - Base$ dengan tebal 7 cm
 - c. Lapisan pondasi bawah (*Subbase course*) $D3 = LPA$ Kelas A dengan tebal 30 cm.
3. Dari penggunaan kedua metode dalam perencanaan perkerasan lentur didapatkan hasil yang berbeda dikarenakan kriteria perencanaan yang berbeda dan tahapan perhitungan yang berbeda pada masing-masing metode tersebut. Perbedaan kedua metode ini adalah dalam menghitung beban lalu lintas yaitu pada Metode Analisa Komponen *SKBI* 1987 $LER = 60$ sedangkan pada Metode Manual Desain 2017 $ESA5 (20TH) = 2,671,466.17$. Jadi dari kedua metode tersebut yang digunakan adalah metode Analisa Komponen *SKBI* 1987 didapat hasil perhitungan yang lebih efektif.

Saran

1. Karena pada lokasi penelitian saya data *LHR* kendaraan jenis *LV* sangat besar, sehingga pada metode Analisa Komponen *SKBI* 1987 lebih ekonomis. Tetapi jika lokasi lain kendaraan jenis *LV* lebih besar, ada kemungkinan 2017 yang lebih ekonomis. Maka, masih terbuka ruang untuk melanjutkan penelitian saya ini dengan merubah lokasi yang data *LHR*nya lebih dominan kendaraan jenis *LV*.
2. Disarankan untuk penelitian selanjutnya menggunakan material yang lebih baik dan lebih ekonomis dalam perencanaan tebal perkerasan jalan lentur.
3. Untuk menambah wawasan mahasiswa agar melakukan komparasi untuk metode lain.

Daftar Pustaka

- [1] Andi Tenrisukki Tenriajeng, 2004. Rekayasa Jalan Raya-2.
- [2] Anonim, 1987, *Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisis Komponen*. SKBI – 2.3.26.1987, UDC: 625.73 (02). No. 378/kpts/1987, DPU, Jakarta
- [3] Menteri Pekerjaan Umum. (2017). *Manual Perkerasan Jalan (Revisi Juni 2017) Nomor 04/SE/Db/2017*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.