

STUDI PERBANDINGAN PENGGUNAAN *SOIL CEMENT* DAN PENGGUNAAN AGREGAT UNTUK LAPIS PONDASI BAWAH DI KALIMANTAN TIMUR

Tamrin¹, Masayu Widiastuti²)

^{1,2}) Dosen Fakultas Teknik Universitas Mulawarman Samarinda
Jl. Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda
fts_tamrin@yahoo.com¹⁾

ABSTRAK

Pada umumnya jalan yang ada di Samarinda menggunakan agregat sebagai material untuk lapis pondasi bawah. Namun dengan seiring perkembangan teknologi, ditemukanlah beberapa material yang bisa menggantikan penggunaan agregat sebagai lapis pondasi bawah jalan. *Soil cement* menjadi salah satu alternatif pengganti penggunaan agregat untuk lapis pondasi bawah jalan tetapi tetap mempunyai daya dukung yang memenuhi persyaratan teknis. Metode analisis harga satuan (AHS) digunakan untuk memperkirakan harga satuan pekerjaan perkerasan berbutir. Dalam membuat analisis harga satuan setiap satuan pengukuran memerlukan asumsi metoda pelaksanaan pekerjaan atau cara kerja yang digunakan sehingga rumusan analisis harga satuan yang diperoleh mencerminkan harga aktual di lapangan. Harga satuan pekerjaan terdiri atas biaya langsung dan biaya tidak langsung. Komponen biaya langsung terdiri atas upah, bahan dan alat. Komponen biaya tidak langsung terdiri atas biaya umum atau *over head* dan keuntungan. Biaya langsung dan tidak langsung akan ditambahkan dengan pajak pertambahan nilai. Dari hasil perhitungan didapatkan hasil bahwa untuk lokasi ini *soil cement* lebih murah dari pada agregat dengan perkiraan biaya untuk *soil cement* sebesar Rp. 405,682.86/m³ dan agregat sebesar Rp. 906,909.32/m³. Melalui analisis yang telah dilakukan, diharapkan dapat memberikan suatu masukan dan bahan pertimbangan untuk penggunaan material lapis pondasi bawah kepada pihak terkait yang ingin membangun sebuah jalan.

Abstract

In general road exist in Samarinda use aggregate as materials for foundation layer under. But with along technology development, be found several materials that can replace aggregate uses as foundation layer under road. Soil cement be one of the alternative aggregate use successor for foundation layer under road but permanent has power supports that fulfil technical rules. unit price analysis method (AHS) is used to estimate job unit price pavement granulous. In make unit price analysis every measurement unit needs job execution method assumption or procedure that used so that unit price analysis formulation that got to reflect recent price at field. Job unit price consists of direct cost and indirect expenses. Direct cost component consists of wage, ingredient and tool. Indirect expenses component consists of general expense or over head and profit. Direct cost and not direct be added with value added tax. From calculation result is got result that for this location is soil cement cheaper than in aggregate with cost estimate to soil cement as big as Rp. 405,682.86/m³ and aggregate as big as Rp. 906,909.32/m³. Pass analysis that done, supposed can give a input and consideration for foundation layer materials use under to related parties that want to build a road.

1. PENDAHULUAN

Dengan meningkatnya pembangunan di seluruh bidang di Indonesia saat ini, transportasi merupakan sektor yang memegang peranan yang sangat penting guna menunjang pembangunan di sektor lain. Pemilihan sarana yang menguntungkan salah satunya adalah jalan raya.

Jalan raya di di Samarinda pada umumnya menggunakan agregat sebagai lapis pondasi bawah. Agregat yang biasa digunakan kebanyakan berasal dari luar Samarinda. Agregat yang sering digunakan biasanya didatangkan dari kota Palu, Sulawesi Tengah. Tetapi pada saat ini ketersediaan agregat mulai menipis akibat permintaan terus menerus. Oleh karena itu beberapa pihak mulai mencari bahan alternatif yang bisa menggantikan penggunaan agregat sebagai lapis pondasi bawah jalan. Dengan perkembangan teknologi, ditemukanlah beberapa material yang bisa menggantikan penggunaan agregat sebagai lapis pondasi bawah jalan. *Soil cement* menjadi salah satu alternatif pengganti penggunaan agregat untuk lapis pondasi bawah jalan tetapi tetap mempunyai daya dukung yang memenuhi persyaratan teknis.

Di dalam tugas akhir ini penulis memilih jalan yang digunakan adalah jalan akses stadion utama Samarinda, Kalimantan Timur. Dimana pada salah satu jalan aksesnya yaitu Jalan A.Rifaddin (1600 m) menggunakan agregat untuk lapis pondasi bawah jalan dan Jalan Gotong Royong (2876 m) menggunakan *soil cement* sebagai lapis pondasi bawah. Dalam kasus ini panjang jalan yang di tinjau sepanjang 1000 m.

Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang di angkat dalam penelitian ini ialah mengenai Studi Perbandingan Penggunaan *Soil Cement* Dan Penggunaan Agregat Untuk Lapis Pondasi Bawah Pada Pembangunan Jalan Akses Stadion Utama Samarinda, Kalimantan Timur adalah :

- a. Membandingkan penggunaan jumlah alat, waktu dan jumlah pekerja saat pelaksanaan pekerjaan lapis pondasi menggunakan agregat dan *soil cement*.
- b. Membandingkan anggaran biaya untuk lapis pondasi bawah yang menggunakan agregat dan *soil cement*.

Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dari hasil penelitian tersebut sesuai dengan judul tugas akhir ini adalah:

- a. Mengetahui jumlah alat, lama pekerjaan dan jumlah pekerja yang dibutuhkan untuk melaksanakan pekerjaan lapis pondasi dengan agregat dan *soil cement*.
- b. Mengetahui perbandingan biaya antara penggunaan lapis pondasi dengan material agregat dan *soil cement*.

Manfaat Penelitian

Dari apa yang dibahas di atas dapat dipetik beberapa manfaat yaitu sebagai berikut :

- a. Sebagai acuan dalam merencanakan lapis pondasi bawah yang efektif dan ekonomis.
- b. Untuk menambah wawasan tentang penggunaan agregat dan *soil cement* untuk konstruksi lapis pondasi bawah.

2. LANDASAN TEORI

a. Fungsi Jalan

Sesuai dengan undang-undang tentang jalan, No.38 tahun 2004 dan sistem jaringan jalan di Indonesia dapat dibedakan mwnjadi berikut ini :

- a. Sistem jaringan jalan primer, adalah sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional dengan semua simpul jasa distribusi yang kemudian berwujud kota.
- b. Sistem jaringan jalan sekunder, adalah sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk masyarakat dalam kota.

Berdasarkan fungsi jalan, jalan dapat dibedakan sebagai berikut:

- a. Jalan arteri, adalah jalan yang melayani angkutan umum dengan ciri-ciri pelayanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
- b. Jalan kolektor, adalah jalan yang melayani angkutan pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- c. Jalan lokal, adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

b. Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari 4 lapisan struktur perkerasan jalan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan di bawahnya. Ke-empat (4) struktur perkerasan jalan adalah :

1. Lapisan Permukaan

Lapisan yang terletak paling atas disebut lapis permukaan dan berfungsi sebagai :

- a. Lapis perkerasan penahan beban roda.
- b. Lapis kedap air.
- c. Lapis aus (*wearing course*).
- d. Lapis yang menyebarkan beban ke lapisan lain yang mempunyai daya dukung yang lebih jelek.

2. Lapisan Pondasi Atas

Fungsi lapisan pondasi atas ini antara lain sebagai :
a. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya.

- b. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
 - c. Bantalan terhadap lapisan permukaan.
3. Lapisan Pondasi Bawah
 Fungsi pondasi bawah adalah :
- a. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
 - b. Efisiensi penggunaan material. Mengurangi tebal lapisan di atasnya yang lebih mahal.
 - c. Lapis peresap, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
 - d. Lapisan pertama, agar pekerjaan dapat berjalan lancar. Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.
4. Lapisan tanah Dasar
 Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, tanah yang didatangkan dari tempat lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan semen atau bahan lainnya.

c. Tanah Dasar

Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas yang terletak di atas batuan dasar. Tanah terbagi ke dalam dua klasifikasi yaitu klasifikasi *unified* dan klasifikasi AASHTO. Sistem *Unified* dikembangkan oleh Casagrande yang pada garis besarnya membedakan tanah atas 3 kelompok besar yaitu :

- a. Tanah berbutir kasar < 50% lolos saringan No.200.
- b. Tanah berbutir halus > 50% lolos saringan No.200.
- c. Tanah organik dapat dikenal dari warna, bau dan sisa tumbuh-tumbuhan yang terkandung didalamnya.

Pada garis besarnya tanah dikelompokkan menjadi 2 kelompok besar yaitu :

- a. Kelompok tanah berbutir kasar (< 35% lolos no. 200), terdiri dari kelompok A-1, A-2, A-3.
- b. Kelompok tanah berbutir halus (> 35% lolos no. 200), terdiri dari kelompok A-4, A-5, A-6, A-7.

c. Agregat

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu-lintas. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok yaitu :

- 1. Kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) lapisan perkerasan.
- 2. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik.
- 3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman.

d. Soil Cement

Dalam perbaikan tanah dengan metode modifikasi fisik dan kimia, yang umumnya digunakan adalah dengan menambahkan bahan *additive* atau *admixture*. Salah satu *additive* yang sering digunakan adalah semen. Stabilisasi semen $\pm 2\%$ mampu merubah sifat-sifat tanah. Penambahan semen yang lebih banyak mengakibatkan perubahan yang lebih nyata bahkan cenderung radikal. Secara prinsip, *soil cement* terdiri atas tiga komponen, yaitu:

a. Semen

Jenis semen yang digunakan adalah semen tipe I dan harus sesuai dengan spesifikasi AASHTO M-85, M-134 atau ASTM C-595 atau SII-13-1997

b. Air

Air harus relatif bersih dan bebas alkali, asam-asam organik, dan bahan-bahan organik.

c. Tanah (*Soil*)

Pada dasarnya soil cement dapat digunakan untuk setiap macam tanah selama semen dapat dicampur secara merata dan selama kandungan semen bisa cukup banyak. Tanah yang akan digunakan harus dalam kondisi yang kering udara dan lolos saringan ASTM No.4. Tanah akan ekonomis bila mempunyai $IP < 15\%$.

Berdasarkan kandungan semennya, maka campuran *soil cement* dapat dibagi ke dalam tiga tipe yaitu :

a. *Compacted Soil Cement* (sampai 15% berat tanah)

Tipe ini mengandung semen yang cukup untuk memenuhi kekuatan dan durabilitas untuk tahan cuaca seperti *freeze-thaw* dan *wet-dry cycles*.

b. *Cement Modified Soil* (sampai 3% berat tanah)

Tipe ini hanya cukup semen untuk merubah perilaku fisik. Misalnya untuk mengontrol stabilitas volume tanah dan menambah ketahanan terhadap erosi.

c. *Plastic Soil Cement (flowable mix)*

Tipe ini menggunakan campuran yang cukup untuk mendapatkan *sloppy (flowable) consistency*. Dalam pelaksanaannya biasanya tidak dipadatkan. Umumnya dipakai pada *trench backfill* atau *structural backfill*.

e. Manajemen Konstruksi

Manajemen konstruksi adalah bagaimana agar sumber daya yang terlibat dalam proyek konstruksi dapat diaplikasikan oleh manajer proyek secara tepat. Sumber daya dalam proyek konstruksi dapat dikelompokkan menjadi *manpower*, *material*, *machines*, *money* dan *method*.

Dalam membuat analisis harga satuan setiap satuan pengukuran memerlukan asumsi metoda pelaksanaan pekerjaan atau cara kerja yang digunakan sehingga rumusan analisis harga satuan yang diperoleh mencerminkan harga aktual di lapangan. Harga satuan dasar yang digunakan harus sesuai dengan asumsi pelaksanaan/penyediaan yang aktual (sesuai dengan kondisi lapangan) dan mempertimbangkan harga pasar

setempat pada waktu penyusunan HPS. Komponen utama harga satuan pekerjaan terdiri dari 3 (tiga) komponen, yaitu: bahan, alat dan tenaga kerja.

f. Alat Berat

Alat-alat berat yang dikenal di dalam ilmu teknik sipil adalah alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu struktur. Alat berat merupakan faktor penting di dalam proyek terutama proyek-proyek konstruksi dengan skala yang besar. Tujuan penggunaan alat-alat berat tersebut untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah pada waktu yang relatif lebih singkat. Alat berat yang umumnya digunakan dalam proyek konstruksi antara lain adalah *dozer*, alat gali (*excavator*), alat pengangkut seperti *wheel loader* dan *dump truck*, alat pemadat tanah seperti *vibrator roller* dan *pneumatic tire roller*.

3. METODOLOGI PENELITIAN

a. Studi Literatur

Suatu proses mengumpulkan, membaca dan menganalisis sumber-sumber pustaka yang berkaitan dengan tema skripsi ini.

b. Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder merupakan data-data yang diperoleh dari sumber yang terkait. Adapun data tersebut adalah :

- Data job mix lapis pondasi agregat kelas A dan kelas B serta lapis pondasi tanah semen.
- Gambar kerja Jalan Akses Stadion Utama Samarinda.
- Harga satuan pokok kegiatan.
- Spesifikasi teknis.

c. Metode Perhitungan

Metode perhitungan biaya lapis pondasi bawah menggunakan Metode Analisis Harga Satuan dengan:

1. Menghitung pemakaian bahan lapis pondasi bawah.
2. Menentukan berapa banyak alat berat yang akan digunakan serta waktu alat berat yang diperlukan untuk tiap m^3 .
3. Menghitung berapa banyak pekerja yang dibutuhkan untuk tiap m^3 .
4. Menghitung berapa lama waktu pelaksanaan pekerjaan lapis pondasi bawah.

d. Teknis Pelaksanaan

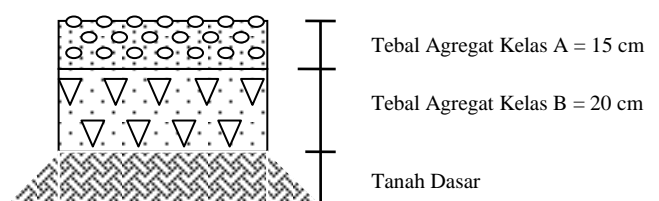
1. Lapis Pondasi Agregat

Untuk urutan pelaksanaan pekerjaan lapis pondasi dengan menggunakan agregat adalah sebagai berikut :

1. Penyiapan tanah dasar

Untuk badan jalan, permukaan tanah dasar diratakan dengan motor grader dan dipadatkan dengan mesin pemadat sehingga didapat kepadatan lapangan sesuai dengan standar teknis tanah dasar. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penyiapan tanah dasar adalah :

- Nilai kepadatan lapangan didapat setelah melakukan pengujian lapangan dengan menggunakan alat DCP untuk mengetahui nilai CBR-nya
 - Ketinggian permukaan tanah dasar harus sesuai dengan potongan melintang rencana jalan tersebut.
 - Permukaan tanah dasar harus bersih dari semua kotoran.
2. Setelah tanah dasar siap, kemudian agregat kelas B dihampar pada badan jalan, dan kemudian diratakan dengan motor grader sehingga didapatkan ketebalan yang sesuai dengan rencana. Setelah selesai penghamparan kemudian dengan pemadatan menggunakan alat *vibrator roller*. Setelah pemadatan agregat kelas B selesai dilakukan maka dilanjutkan dengan penghamparan agregat kelas A. Penghamparan agregat kelas A juga tidak berbeda dengan penghamparan agregat kelas B yaitu agregat dihamparkan kemudian dibentuk dengan *motor grader* sesuai dengan ketebalan yang diinginkan kemudian dipadatkan dengan *vibrator roller*. Segera setelah pencampuran dan pembentukan akhir, setiap lapis harus dipadatkan menyeluruh dengan alat pemadat yang cocok dan memadai, hingga kepadatan paling sedikit 100 % dari kepadatan kering maksimum modifikasi (*modified*). Untuk teknis pemadatan dimulai dari sepanjang tepi dan bergerak sedikit demi sedikit ke arah sumbu jalan, dalam arah memanjang. Operasi penggilasan harus dilanjutkan sampai seluruh bekas roda mesin gilang hilang dan lapis tersebut terpadatkan secara merata. Adapun hal yang perlu diperhatikan saat akan memulai pekerjaan yaitu cuaca. Jika cuaca mulai mendung disarankan pelaksanaan pekerjaan penghamparan dihentikan sampai cuaca cerah kembali.



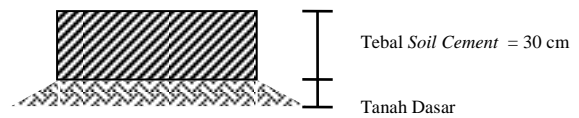
2. Lapis Pondasi Soil Cement

Dalam pelaksanaan lapis pondasi semen tanah ini menggunakan metode campuran di tempat (*mix in place*). Adapun urutan-urutan kerja dari pelaksanaan pekerjaan lapis pondasi semen tanah dengan cara *mix in place* adalah sebagai berikut :

1. **Penyiapan tanah dasar dan bahan timbunan tanah**
 Untuk badan jalan, permukaan tanah dasar diratakan dengan motor grader dan dipadatkan dengan mesin pemadat sehingga didapat kepadatan lapangan sesuai dengan standar teknis tanah dasar. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penyiapan tanah dasar adalah :
 - Nilai kepadatan lapangan didapat setelah melakukan pengujian lapangan dengan menggunakan alat DCP untuk mengetahui nilai CBR-nya.
 - Kemudian tanah dasar yang sudah memenuhi syarat pengujian lapangan maka diatas tanah dasar tersebut dapat dihampar material dengan material timbunan tanah untuk lapis pondasi *soil cement* setebal 30 cm.
 - Tanah yang sudah dihampar terutama yang masih berupa gumpalan-gumpalan harus dipecah atau dihaluskan terlebih dahulu.
 - Setelah penghamparan material tanah dan dibentuk badan jalan sesuai dengan perencanaan maka dilakukan pemadatan dengan alat *vibrator roller*. Setelah pemadatan lapangan selesai maka dilakukan pengujian kepadatan dengan menggunakan alat *sand cone* agar diketahui kepadatan lapangannya (kepadatan lapangan harus lebih besar dari 97% kepadatan kering maksimum laboratorium).
2. **Pengadukan semen, tanah dan air**
 Setelah semen disebar merata di atas permukaan tanah, serangkaian lintasan mesin pencampur harus dilaksanakan sampai seluruh tanah dan semen tercampur merata, yang ditunjukkan dari meratanya warna adukan.
3. **Pemadatan dan pembentukan**
 Setelah pengadukan semen, tanah dan air selesai, maka pekerjaan pemadatan harus segera dilakukan karena reaksi hidrasi semen juga sudah mulai terjadi. Pemadatan untuk campuran semen tanah harus dimulai sesegera mungkin setelah pencampuran dan seluruh operasi, termasuk pembentukan dan penyelesaian akhir, dan harus diselesaikan dalam waktu 60 menit sejak semen yang pertama tercampur tanah. Semua operasi penghamparan, pencampuran, dan pemadatan dari Lapis Pondasi Semen Tanah harus dilaksanakan dalam ruas-ruas yang pendek dan bahan setiap ruas harus dipadatkan dan dibentuk sampai selesai sebelum pencampuran pada ruas berikutnya dapat dimulai.
 Pemadatan awal harus dilaksanakan dengan penggilas *sheepsfoot*, penggilas roda karet atau penggilas beroda halus, dimana penggilas ini tidak boleh membebani secara langsung pada bahan semen tanah yang sudah dihampar, baik dalam kondisi sudah mengeras maupun sebagian sudah mengeras. Setelah penggilasan awal, pembentukan dengan *motor grader* mungkin diperlukan sebelum penggilasan akhir. Pemadatan harus diselesaikan

dengan penggilas roda karet atau penggilas beroda halus bersamaan dengan *motor grader* untuk membentuk Lapis Pondasi Semen Tanah. Pada umumnya, penggilasan akhir perlu disertai penyemprotan sedikit air untuk membasahi permukaan yang kering selama operasi pemadatan. Derajat kepadatan yang dicapai di seluruh lapisan Lapis Pondasi Semen Tanah harus lebih besar dari 97 % kepadatan kering maksimum laboratorium atau lebih tinggi dari batas kepadatan lainnya.

4. **Masa pengerasan**
 Segera setelah pemadatan dan pembentukan Lapis Pondasi Semen Tanah dan penanaman butiran batu, selaput tipis untuk perawatan (*curing membrane*) harus dipasang di atas hamparan dan dipertahankan sampai paling sedikit 24 jam.



4. ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Waktu Pelaksanaan

1. Lapis Pondasi Agregat

Untuk peralatan yang dipergunakan selama pelaksanaan pekerjaan di lapangan beserta kapasitas masing-masing alat per-jam untuk pekerjaan galian tanah dan lapis pondasi agregat A adalah :

Tabel 1. Waktu yang digunakan untuk pelaksanaan pekerjaan galian tanah

No	Nama Alat	Kapasitas Alat ⁽¹⁾ (M ³ /Jam)	Waktu yang diperlukan untuk per- M ³
1	Dump Truck	10.94	(1/10.94) = 0.0914 Jam
2	Excavator	19.71	(1/19.71) = 0.0507 Jam
Total waktu yang diperlukan untuk 1M ³ pekerjaan galian tanah untuk lapis pondasi agregat			0.1421 Jam

Tabel 2. Waktu yang digunakan untuk pelaksanaan pekerjaan agregat kelas A

No	Nama Alat	Kapasitas Alat ⁽²⁾ (M ³ /Jam)	Waktu yang diperlukan untuk per-M ³
1	Wheel Loader	23,655	(1/23,655) = 0,0423 Jam
2	Dump Truck	6,60	(1/6,60) = 0,1515 Jam
3	Motor Grader	58,85	(1/58,85) = 0,0170 Jam
4	Vibrator Roller	93,38	(1/93,38) = 0,0107 Jam

No	Nama Alat	Kapasitas Alat ⁽²⁾ (M ³ /Jam)	Waktu yang diperlukan untuk per-M ³
5	<i>Pneumatic Tire Roller</i>	103,75	(1/103,75) = 0,0096 Jam
6	<i>Water Tank Truck</i>	47,43	(1/47,43) = 0,0211 Jam
Total waktu yang diperlukan untuk 1M ³ agregat kelas A			0,2522 Jam

Untuk peralatan yang dipergunakan selama pelaksanaan pekerjaan di lapangan beserta kapasitas masing-masing alat per-jam untuk pekerjaan lapis pondasi agregat B adalah :

Tabel 3. Waktu yang digunakan untuk pelaksanaan pekerjaan agregat kelas B

No	Nama Alat	Kapasitas Alat ⁽³⁾ (M ³ /Jam)	Waktu yang diperlukan untuk per-M ³
1	<i>Wheel Loader</i>	28,386	(1/28,386) = 0,0352 Jam
2	<i>Dump Truck</i>	7,39	(1/7,39) = 0,1353 Jam
3	<i>Motor Grader</i>	53,95	(1/49,8) = 0,0185 Jam
4	<i>Vibrator Roller</i>	124,5	(1/124,5) = 0,0080 Jam
5	<i>Pneumatic Tire Roller</i>	138,33	(1/138,33) = 0,0072 Jam
6	<i>Water Tank Truck</i>	47,43	(1/47,43) = 0,0211 Jam
Total waktu yang diperlukan untuk 1M ³ agregat kelas B			0,2253 Jam

Dari hasil perhitungan di atas, maka waktu yang diperlukan untuk pelaksanaan pekerjaan lapis pondasi agregat kelas A dan kelas B adalah 0,6196 Jam/M³.

2. Lapis Pondasi *Soil Cement*

Untuk peralatan yang dipergunakan selama pelaksanaan pekerjaan di lapangan beserta kapasitas masing-masing alat per-jam untuk pekerjaan lapis pondasi *soil cement* adalah :

Tabel 4 Waktu yang digunakan untuk pelaksanaan pekerjaan galian tanah

No	Nama Alat	Kapasitas Alat ⁽⁴⁾ (M ³ /Jam)	Waktu yang diperlukan untuk per-M ³
1	<i>Dump Truck</i>	10,94	(1/10,94) = 0,0914 Jam
2	<i>Excavator</i>	19,71	(1/19,71) = 0,0507 Jam
Total waktu yang diperlukan untuk 1M ³ pekerjaan galian tanah untuk lapis pondasi <i>soil cement</i>			0,1421 Jam

Tabel 5. Waktu yang digunakan untuk pelaksanaan pekerjaan tanah timbunan

No	Nama Alat	Kapasitas Alat ⁽⁵⁾ (M ³ /Jam)	Waktu yang diperlukan untuk per-M ³
----	-----------	---	--

1	<i>Wheel Loader</i>	70,97	(1/70,97) = 0,0141 Jam
2	<i>Dump Truck</i>	8,62	(1/8,62) = 0,1160 Jam
3	<i>Motor Grader</i>	92,49	(1/92,49) = 0,0108 Jam
4	<i>Vibrator Roller</i>	124,5	(1/124,5) = 0,0080 Jam
5	<i>Water Tank Truck</i>	47,43	(1/47,43) = 0,0211 Jam
Total waktu yang diperlukan untuk 1M ³ agregat kelas A			0,17 Jam

Tabel 6. Waktu yang digunakan untuk pelaksanaan penghamparan semen pada lapis pondasi semen tanah

No	Nama Alat	Kapasitas Alat ⁽⁶⁾ (M ³ /Jam)	Waktu yang diperlukan untuk per-M ³
1	<i>Dump Truck</i>	5,98	(1/5,98) = 0,1674 Jam
2	<i>Excavator</i>	22,53	(1/22,53) = 0,0444 Jam
Total waktu yang diperlukan untuk 1 ton semen untuk pondasi semen tanah			0,2118 Jam

Tabel 7. Waktu yang digunakan untuk pelaksanaan pekerjaan pada lapis pondasi semen tanah

No	Nama Alat	Kapasitas Alat ⁽⁷⁾ (M ³ /Jam)	Waktu yang diperlukan untuk per-M ³
1	<i>Wheel Loader</i>	28,386	(1/28,386) = 0,0352 Jam
2	<i>Dump Truck</i>	5,68	(1/5,68) = 0,1759 Jam
3	<i>Motor Grader</i>	117,71	(1/117,71) = 0,0085 Jam
4	<i>Vibrator Roller</i>	186,75	(1/186,75) = 0,0054 Jam
5	<i>Water Tank Truck</i>	142,29	(1/47,43) = 0,0070Jam
6	<i>Soil Stabilizer</i>	99,60	(1/99,60) = 0,0100 Jam
7	<i>Pneumatic Tire Roller</i>	207,5	(1/207,5) = 0,0048 Jam
Total waktu yang diperlukan untuk 1M ³ pekerjaan lapis pondasi semen tanah			0,2468 Jam

Dari hasil perhitungan di atas, maka waktu yang diperlukan untuk pelaksanaan pekerjaan lapis pondasi semen tanah adalah 0,7707 Jam/M³.

B. Biaya Pelaksanaan

Perhitungan biaya untuk pekerjaan konstruksi lapis pondasi bawah yang akan dilakukan dengan memperhatikan hal seperti, satuan untuk lapis pondasi bawah yang menggunakan material agregat dan *soil cement* menggunakan satuan m³. Perhitungan anggaran biaya untuk pelaksanaan konstruksi lapis pondasi bawah berdasarkan analisis harga satuan antara lain : tenaga, bahan dan peralatan.

Tabel 8. Analisis perhitungan biaya lapis pondasi bawah

Item Pekerjaan	Tebal Lapisan	Lama pekerjaan (jam)	Koefisien tenaga kerja (jam)	Jumlah alat (unit)	Biaya (Rp)
- Galian Tanah	0,35 m	0,1421	0.2536	2	41,274.44
- Lapis Pondasi Agregat Kelas A	0,15m	0,2522	0.3805	7	437,813.81
- Lapis Pondasi Agregat Kelas B	0,20 m	0,2253	0.317	7	427,821.07
Total biaya lapis pondasi agregat per-M ³					906,909.32
- Galian Tanah		0,1421	0.2536	2	41,274.44
- Timbunan Biasa		0,17	0.0986	5	68,778.6
- Semen Untuk Lapis Pondasi Soil Cement	0,30 m	0,2118	0.7233	2	213,311.4
- Lapis Pondasi Soil Cement		0,2609	0.0536	8	82,318.37
Total biaya lapis pondasi semen tanah per-M ³					405,682.86

Untuk keseluruhan volume lapis pondasi bawah menghasilkan biaya sebagai berikut :

- Untuk lapis pondasi agregat dengan volume 2450 m³ menghabiskan biaya sebesar Rp.1,159,776,374.46.
- Untuk lapis pondasi *soil cement* dengan volume 2100 m³ menghabiskan biaya sebesar Rp. 683,851,282.66.

b. Perhitungan Soil Cement Per-M²

Tabel 9. Analisis perhitungan biaya lapis pondasi *soil cement* per-m²

Item Pekerjaan	Tebal Lapisan	Lama pekerjaan (jam)	Koefisien tenaga kerja (jam)	Jumlah alat (unit)	Biaya (Rp)
- Galian Tanah		0,1421	0.2536	2	41,274.44
- Timbunan Biasa		0,17	0.0986	5	50,298.6
- Semen Untuk Lapis Pondasi Soil Cement	0,30 m	0,2118	0.7233	2	213,311.4
- Lapis Pondasi Soil Cement		0,2609	0.0536	8	82,318.37
Total biaya lapis pondasi <i>soil cement</i> per-M ²					277,529.79

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan mengenai pekerjaan lapis pondasi agregat dengan lapis pondasi semen tanah maka dapat disimpulkan bahwa :

Kesimpulan :

1. Meskipun teknis pelaksanaan pekerjaan lapis pondasi semen tanah lebih rumit dibandingkan dengan lapis pondasi agregat biasa, namun perencana bisa membuat tebal lapis pondasi semen tanah menjadi lebih tipis dari lapis pondasi agregat sehingga bisa menekan biaya.
2. Dari Aspek penggunaan alat berat pada ruas yang diteliti dapat dijelaskan sbb: pelaksanaan pekerjaan lapis pondasi agregat diperlukan 7 unit alat berat dengan pemakaian waktu sebanyak 0,6196 jam/M³. Sedangkan untuk pelaksanaan pekerjaan lapis pondasi semen tanah diperlukan 8 unit alat berat dengan alokasi waktu sebesar 0,7707 jam/M³.
3. Waktu yang dibutuhkan untuk pelaksanaan pekerjaan lapis pondasi bawah dengan panjang 1000 meter dan volume sebesar 2450 m³ untuk lapis pondasi agregat adalah ,038 bulan setara 31,142 hari atau 217,995 jam. Untuk lapis pondasi semen tanah waktu yang dibutuhkan untuk panjang jalan 1000 meter dengan volume 2100 m³ adalah 1,053 bulan yang berarti sama dengan 31,591 hari atau membutuhkan waktu selama 221,137 jam.
4. Biaya untuk lapis pondasi agregat dengan tebal lapisan 0,35 m adalah sebesar Rp. 906,909.32 /m³ sedangkan untuk lapis pondasi semen tanah dengan tebal lapisan 0,30 m adalah Rp. 405,682.86 /m³. Sedangkan untuk tiap m² lapis pondasi semen tanah memerlukan biaya sebesar Rp. 277,529.79.
5. Pada rencana anggaran biaya studi perbandingan penggunaan *soil cement* dan penggunaan agregat untuk lapis pondasi bawah pada pembangunan jalan akses stadion utama samarinda, lapis pondasi *soil cement* lebih murah dibandingkan dengan lapis pondasi agregat.

Saran :

Berdasarkan hasil kesimpulan diatas agar dilakukan penelitian lebih lanjut untuk daerah pada daerah yang memiliki agregat untuk mengetahui seberapa jauh perbedaan harga produksi antara soil semen dan pondasi agregat biasa

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Dinas Departemen Pekerjaan Umum dan Kimpraswil. 2004. *Dokumen Kontrak Spesifikasi Umum*. Kalimantan Timur.
- [2]. Dinas Departemen Pekerjaan Umum dan Kimpraswil. 2005. *Dokumen Kontrak Spesifikasi Umum*. Kalimantan Timur.
- [3]. Dinas Departemen Pekerjaan Umum dan Kimpraswil. 2005. *Dokumen Kontrak Spesifikasi Umum*. Kalimantan Timur.
- [4]. Hardiyatmo, Hari Christady. 2002. *Teknik Fondasi 1*. Beta Offset. Yogyakarta.
- [5]. Munawar, Ahmad. 2005. *Dasar-Dasar Teknik Transportasi*. Beta Offset. Yogyakarta.
- [6]. Oglesby, Clarkson H. 1993. *Teknik Jalan Raya Jilid II*. Erlangga. Jakarta.
- [7]. Sukirman, Silvia. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova. Jakarta.