



**PERHITUNGAN BIAYA PRODUKSI
BAHAN LAPIS PONDASI BAWAH (*SUB-BASE COARSE*)
MENGUNAKAN TANAH GUMUK KECAMATAN KALISAT
KABUPATEN JEMBER**

SKRIPSI

Oleh
Heaven Izzatullah A H S
NIM 101910301037

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**PERHITUNGAN BIAYA PRODUKSI
BAHAN LAPIS PONDASI BAWAH (*SUB-BASE COARSE*)
MENGUNAKAN TANAH GUMUK KECAMATAN KALISAT
KABUPATEN JEMBER**

SKRIPSI

diajukan guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan
Pendidikan Program Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Universitas Jember

Oleh
Heaven Izzatullah A H S
NIM 101910301037

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Ayah Soekarto dan Mama Sulastri;
2. Para guru sejak taman kank-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
3. Keluarga besar Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember;
4. Almamater Universitas Jember;
5. Saudari Elvira Rosalina, yang menemani dan membantu dari proses awal hingga akhir;
6. Group warkop HMS; Gerda Perkasa, Deny Tri, Rofan Khadafi, Ferry Wibowo, Edo Pramiga, Riza Admana, Muhammad Iqbal, Samjuta Edy, Rakhmat Nurfatoni, Ramadhan Vulcanoary, Adhika Genthonk yang selalu memberi m mental;
7. Saudara Fandy Masyruri, Fachmi Dwiyan, Chaidir Iskandar yang bersedia berbagi tempat tinggal;
8. Saudari Kusyafitri Mei yang selalu memberi motivasi;
9. Tim pekerja yang diketuai oleh Taufek, Amin, Mu'iz, Kenyol, dan lainnya;
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

MOTO

Katakanlah: "Wahai hamba-hamba-Ku yang melampaui batas terhadap diri mereka sendiri, janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya Allah mengampuni dosa-dosa semuanya. Sesungguhnya Dialah Yang Maha Pengampun lagi Maha Penyayang."

(Terjemahan Al-Quran, Surat Az-Zumar (39) ayat 53)^{*)}

Dadio Gurune Jagad.^{**)}

^{*)} Kementerian Agama Republik Indonesia. 2017. Qur'an Kemenag. v1.3. <http://quran.kemenag.go.id/>. Biro Humas Data dan Informasi Kemetrian Agama. [Diakses pada 23 Maret 2017].

^{**)} Lubis, Al-Ubaidah. 1972. Surabaya: Lembaga Dakwah Islam Indonesia, tidak dipublikasikan.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Heaven Izzatullah A. H. S

NIM : 101910301037

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul **“Perhitungan Biaya Produksi Bahan Lapis Pondasi Bawah (*Sub-Base Coarse*) Menggunakan Tanah Gumuk Kecamatan Kalisat Kabupaten Jember”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 29 Desember 2017

Yang menyatakan,

Heaven Izzatullah A. H. S
NIM 101910301037

SKRIPSI

**PERHITUNGAN BIAYA PRODUKSI
BAHAN LAPIS PONDASI BAWAH (*SUB-BASE COARSE*)
MENGUNAKAN TANAH GUMUK KECAMATAN KALISAT
KABUPATEN JEMBER**

Oleh

Heaven Izzatullah A. H. S.

NIM 101910301037

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Syamsul Arifin. S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Perhitungan Biaya Produksi Bahan Lapis Pondasi Bawah (Sub-Base Coarse) Menggunakan Tanah Gumuk Kecamatan Kalisat Kabupaten Jember” karya Heaven Izzatullah A. H. S. telah di uji dan disahkan pada :

hari, tanggal : Jumat, 29 Desember 2017

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,



Dr. Anik Ratnaningsih, ST., MT.
NIP 19700530 199803 2 001

Anggota I,



Syamsul Arifin, ST., MT.
NIP 19690709 199802 1 001

Anggota II,



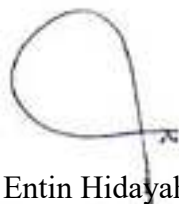
Ahmad Hasnuddin, ST., MT.
NIP 19710327 199803 1 003

Anggota III,



Ir. Hernu Suyoso, MT
NIP 19551112 198702 1 001

Mengesahkan
Dekan,



Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.
NIP. 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Perhitungan Biaya Produksi Bahan Lapis Pondasi Bawah (Sub-Base Coarse) Menggunakan Tanah Gumuk Kecamatan Kalisat Kabupaten Jember; Heaven Izzatullah A.H. S., 101910301037: 2017; 70 halaman; Jurusan Teknik Sipil; Fakultas Teknik Universitas Jember.

Eksistensi gumuk di wilayah Kabupaten Jember mempunyai nilai tambah potensial yang bisa dimanfaatkan untuk mengembangkan sarana transportasi sebab kandungan material galian C didalamnya. Untuk itu perlu diadakan penelitian lebih lanjut untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumberdaya gumuk sebagai bahan lapis pondasi agregat jalan raya, terutama agregat kelas B untuk lapis pondasi bawah jalan.

Penelitian yang dilakukan berdasarkan hasil uji laboratorium oleh Putra (2014) yang mencampurkan beberapa gumuk di lokasi Kecamatan Kalisat Kabupaten Jember dengan hasil bahwa tanah gumuk Kecamatan Kalisat tidak dapat dijadikan bahan lapis pondasi agregat kelas B, kecuali apabila mencampurkannya dengan menambahkan agregat kasar dari luar Kecamatan Kalisat dengan proporsi campuran 75% agregat kasar dari luar Kalisat dan 25% dari hasil campuran gumuk Kalisat.

Maka dilakukanlah penggalian, pencampuran, hingga proses pemadatan lapis pondasi agregat tersebut menggunakan alat berat. Penggalian menggunakan *Excavator*, pemuatan menggunakan *Wheel Loader*, pengangkutan menggunakan *Dumptruck*, pencampuran agregat menggunakan *Wheel Loader* dan *Blending Equipment*, penghamparan, penghamparan agregat menggunakan *Grader*, dan pemadatan menggunakan *Vibro Roller*. Dengan hasil lama pengerjaan penggalian hingga pemadatan agregat selesai dalam waktu 31 hari. Dengan total rencana anggaran biaya sebesar Rp 282.193.000,00.

SUMMARY

Production Cost Calculation Of Materials Under The Foundation Tier (Sub-Base Coarse) Using Dune's Ground Of Kalisat Subdistrict Jember Regency; Heaven Izzatullah A. H. S., 101910301037; 2017; 66 Pages; the Civil Engineering Department; the Faculty Of Engineering, Jember University.

The existence of the dunes in Jember Regency area has potential value added that can be used to develop means of transport because the material content of the C minerals therein. For that need further research to optimize the utilization of the resources of the Foundation as ingredients dune ply the highways, particularly the aggregate aggregate class B for the Foundation layer beneath.

Research conducted on the basis of the results of laboratory tests by the son (2014) that mixes some of the dune in Jember Regency Kalisat Sub location with the result that Kecamatan Kalisat dune land cannot be used as the Foundation layer material aggregate class B, except if mixing by adding coarse aggregate from the outside with the mixed proportion Kalisat Subdistrict 75% coarse aggregate from outside Kalisat and 25% of the mixed results of dune Kalisat.

Then the excavation was undertaken, mixing, to the process of compacting layers of Foundation the aggregate use of heavy equipment. Excavation using Excavators, Wheel Loaders, loading using pengangkutan using *Dumptrucks*, Wheel loaders use aggregate mixing and Blending Equipment, penghampanan, penghampanan aggregates using the Grader, and compaction using Vibro-Roller. With the results of the old excavation work to aggregate compaction completed within 31 days. With a total plan cost budget of Rp 282,193,000.00.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan skripsi berjudul “Perhitungan Biaya Produksi Bahan Lapis Pondasi Bawah (Sub-Base Coarse) Menggunakan Tanah Gumuk Kecamatan Kalisat Kabupaten Jember”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan ujian pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Anik Ratnaningsih, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing Anggota I sekaligus Dosen Pembimbing Akademik, Syamsul Arifin, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing Anggota II yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian selama penulisan skripsi ini;
2. Ir. Hernu Suyoso, MT., selaku Dosen Penguji I, Ahmad Hasanuddin, ST., MT., selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan saran untuk perbaikan skripsi ini;

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Desember 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN/SUMMARY	vii
SUMMARY	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Manfaat Penelitian	7
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Perkerasan Jalan	8
2.2 Sirtu (Pasir Batu)	13
2.3 Klasifikasi Tanah	14
2.4 Pondasi Bawah Material Berbutir	15
2.5 Dasar-Dasar Pemindahan Tanah Mekanis	16
2.6 Alat Berat	20
2.6.1 Alat Gali (Hydraulic Excavator)	21
2.6.2 Dump Truck	22
2.6.3 Motor Grader	23
2.6.4 Alat Pematat (Compactor)	23
2.7 Pengerjaan Proyek	25
2.7.1 Land Clearing	25
2.7.2 Pekerjaan Lapis Pondasi Agregat	27
2.7.3 Pematatan Tanah	33
BAB 3. METODE PENELITIAN	35
3.1 Studi Kepustakaan	35
3.2 Data Penelitian	36
3.3 Penentuan Rute ke Lokasi Proyek	37
3.4 Penentuan Proporsi Campuran Agregat	37
3.5 Perhitungan Produktivitas Alat Berat	38

3.6 Perhitungan Biaya Produksi	44
3.7 Analisa dan Pembahasan	45
3.8 Kesimpulan	45
3.9 Alur Penelitian	46
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Tempat dan Waktu Penelitian	47
4.2 Hasil Uji Laboratorium Pencampuran <i>Quarry</i> Oleh Putra (2014)	47
4.3 Lokasi Quarry	49
4.4 Alur Pengerjaan Proses Pencampuran <i>Quarry</i> , Penghamparan dan Pemadatan Agregat di Lokasi Proyek	50
4.5 Perhitungan Produktivitas Alat Berat	53
4.6 Jumlah Alat Berat Dan Lama Proses Produksi	64
4.7 Perhitungan Total Biaya Produksi	65
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	77
5.1 Kesimpulan	77
5.2 Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN	79

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1 Data hasil campuran tanah gumuk K 1+3	3
Tabel 1.2 Data gradasi campuran tanah gumuk K 1+3	3
Tabel 1.3 Hasil uji trial mix design	4
Tabel 2.1 Perbedaan perkerasan lentur dan perkerasan kaku	9
Tabel 2.2 Jenis material	17
Tabel 2.3 Berat jenis material	18
Tabel 2.4 Daya tekan alat berat	20
Tabel 2.5 Jarak angkut alat berat	20
Tabel 2.6 Klasifikasi jenis tanah untuk pemilihan kompaktor	24
Tabel 3.1 Waktu siklus <i>backhoe</i> beroda <i>crawler</i>	32
Tabel 3.2 Faktor koreksi (S) kedalaman dan sudut putar	32
Tabel 3.3 Faktor koreksi (BFF) untuk alat berat	39
Tabel 3.4 Kapasitas dan Berat Truk	40
Tabel 3.5 Kecepatan Kerja Motor Grader (V)	42
Tabel 3.6 Blade efektif (Le) – Lebar tumpang-tindih (Lo)	42
Tabel 3.7 Kecepatan Operasi Mesin Gilas (V)	43
Tabel 3.8 Lebar Pemadatan Efektif Mesin Gilas (W)	44
Tabel 3.9 Jumlah Pass untuk Pemadatan Mesin Gilas (N)	44

Tabel 4.1 Hasil Analisa Pengujian Campuran <i>Quarry</i>	47
Tabel 4.2 Hasil Analisa <i>Atterberg Limit</i> Campuran	48
Tabel 4.3 Jarak Buang dan Jarak Kembali <i>Dump Truck</i>	59
Tabel 4.4 Waktu angkut dan kembali <i>Dump Truck</i> dari <i>quarry</i> 2 ke <i>quarry</i> 1	60
Tabel 4.5 Waktu angkut dan kembali <i>Dump Truck</i> dari <i>quarry</i> 1 ke lokasi proyek	60
Tabel 4.6 Analisa Armada Alat	65
Tabel 4.7 Harga Satuan Dasar Upah	65
Tabel 4.8 Harga Satuan Dasar Bahan	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Data hasil campuran tanah gandum K 1+3	3
Gambar 1.2 Data gradasi campuran tanah gandum K 1+3	3
Gambar 1.3 Hasil uji trial mix design	4
Gambar 2.1 Perbedaan perkerasan lentur dan perkerasan kaku	9
Gambar 2.2 Jenis material	17
Gambar 2.3 Berat jenis material	18
Gambar 2.4 Daya tekan alat berat	20
Gambar 2.5 Jarak angkut alat berat	20
Gambar 2.6 Klasifikasi jenis tanah untuk pemilihan kompaktor	24
Gambar 3.1 Waktu siklus <i>backhoe</i> beroda <i>crawler</i>	32
Gambar 3.2 Faktor koreksi (S) kedalaman dan sudut putar	32
Gambar 3.3 Faktor koreksi (BFF) untuk alat berat	39
Gambar 3.4 Kapasitas dan Berat Truk	40
Gambar 3.5 Kecepatan Kerja Motor Grader (V)	42
Gambar 3.6 Blade efektif (Le) – Lebar tumpang-tindih (Lo)	42
Gambar 3.7 Kecepatan Operasi Mesin Gilas (V)	43
Gambar 3.8 Lebar Pemadatan Efektif Mesin Gilas (W)	44
Gambar 3.9 Jumlah Pass untuk Pemadatan Mesin Gilas (N)	44

Gambar 4.1 Hasil Analisa Pengujian Campuran <i>Quarry</i>	47
Gambar 4.2 Hasil Analisa <i>Atterberg Limit</i> Campuran	48
Gambar 4.3 Jarak Buang dan Jarak Kembali Dump Truck	59
Gambar 4.4 Waktu angkut dan kembali Dump Truck dari <i>quarry</i> 2 ke <i>quarry</i> 1	60
Gambar 4.5 Waktu angkut dan kembali <i>Dump Truck</i> dari <i>quarry</i> 1 ke lokasi proyek	60
Gambar 4.6 Analisa Armada Alat	65
Gambar 4.7 Harga Satuan Dasar Upah	65
Gambar 4.8 Harga Satuan Dasar Bahan	

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN 1. Data hasil campuran tanah gandum K 1+3	3
LAMPIRAN 2. Data gradasi campuran tanah gandum K 1+3	3
LAMPIRAN 3. Hasil uji trial mix design	4
LAMPIRAN 4. Perbedaan perkerasan lentur dan perkerasan kaku	9
LAMPIRAN 5. Jenis material	17
LAMPIRAN 6. Berat jenis material	18
LAMPIRAN 7. Daya tekan alat berat	20
LAMPIRAN 8. Jarak angkut alat berat	20
LAMPIRAN 9. Klasifikasi jenis tanah untuk pemilihan kompaktor	24
LAMPIRAN 10. Waktu siklus <i>backhoe</i> beroda <i>crawler</i>	32
LAMPIRAN 11. Faktor koreksi (S) kedalaman dan sudut putar	32
LAMPIRAN 12. Faktor koreksi (BFF) untuk alat berat	39
LAMPIRAN 13. Kapasitas dan Berat Truk	40
LAMPIRAN 14. Kecepatan Kerja Motor Grader (V)	42
LAMPIRAN 15. Blade efektif (L_e) – Lebar tumpang-tindih (L_o)	42
LAMPIRAN 16. Kecepatan Operasi Mesin Gilas (V)	43
LAMPIRAN 17. Lebar Pemadatan Efektif Mesin Gilas (W)	44
LAMPIRAN 18. Jumlah Pass untuk Pemadatan Mesin Gilas (N)	44

LAMPIRAN 19. Hasil Analisa Pengujian Campuran <i>Quarry</i>	47
LAMPIRAN 20. Hasil Analisa <i>Atterberg Limit</i> Campuran	48
LAMPIRAN 21. Jarak Buang dan Jarak Kembali Dump Truck	59
LAMPIRAN 22. Waktu angkut dan kembali Dump Truck dari <i>quarry 2</i> ke <i>quarry 1</i>	60
LAMPIRAN 23. Waktu angkut dan kembali <i>Dump Truck</i> dari <i>quarry 1</i> ke lokasi proyek	60
LAMPIRAN 24. Analisa Armada Alat	65



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Jember mempunyai bentang alam yang unik dengan keberadaan gumuk-gumuk. Bahkan Jember sempat dijuluki sebagai “Kota Seribu Gumuk”. Formasi gumuk yang masih rapat dengan vegetasi mempunyai fungsi untuk menginfiltrasi sebagian besar air hujan ke dalam tanah. Tubuh gumuk yang lebih tinggi dari bentang lahan di sekitarnya berfungsi sebagai barier angin. Salah satu potensi yang perlu menjadi perhatian adalah kandungan material galian golongan C terhadap tanah gumuk.

Material galian C secara nyata mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Tanah gumuk mengandung beberapa material diantaranya, kerakal, batu piring dan pasir yang dapat dijadikan bahan bangunan seperti bahan untuk perkerasan jalan raya. Perkerasan jalan raya adalah lapisan perkerasan yang terletak antara roda kendaraan sampai dengan tanah dasar. Agar tanah gumuk tersebut bisa digunakan untuk bahan lapis pondasi bawah jalan raya, maka diperlukan penelitian untuk mengetahui mutu material tanah yang layak yang dapat dilihat berdasarkan gradasi butiran, abrasi agregat, indek plastisitas dan yang paling utama adalah nilai *CBR*-nya.

Diantara banyak tanah gumuk yang terletak di Kabupaten Jember, yang akan ditinjau adalah di Kecamatan Kalisat. Karena mempertimbangkan lokasi yang tidak begitu jauh dari pusat kota sehingga mempunyai potensi yang besar untuk dijadikan lokasi *quarry* ideal, juga didasarkan volume tanah gumuk yang tersedia dinilai mencukupi, karena menurut hasil survey dan inventarisasi gumuk Kabupaten Jember Kecamatan Kalisat khususnya, merupakan kecamatan yang paling banyak memiliki gumuk dengan presentase 35% dari total gumuk di Jember (BPP, 2005). Sehingga bisa mencukupi kebutuhan tanah untuk lapis pondasi pembuatan jalan baru di Kabupaten Jember tanpa harus mendatangkan material tanah dari daerah lain yang akan berdampak pada bertambahnya biaya untuk harga bahan material dan juga biaya untuk mobilisasinya. Walaupun demikian, sudah

sepatutnya eksistensi gumuk-gemuk ini menjadi perhatian kita semua untuk dijaga dan dilestarikan dengan pertimbangan dasar latar belakang sumber daya alam dan fungsi alami gumuk-gemuk tersebut.

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan uji pendahuluan yang telah dilakukan oleh Putra (2014) terhadap spesifikasi agregat dari beberapa campuran *quarry* di Kecamatan Kalisat yang kemudian dipilih satu campuran yang paling mendekati spesifikasi agregat kelas B. Adapun syarat spesifikasi agregat kelas B terlihat pada Tabel 1.1 berikut ini:

Tabel 1.1 Data Pengujian Campuran 2 Gumuk Kalisat

Keterangan	Spesifikasi Agregat Kelas B	Campuran <i>quarry</i> 1 + <i>quarry</i> 2
Indeks Plastis (SNI-03-1966-1990 dan SNI-03-1967-1990)	0 - 10	7.31
Batas Cair (SNI 03-1967-1990)	0 - 35	44.58
CBR (SNI-030-1774-1989)	Min. 60	40
Abrasi dari Agregat Kasar (SNI 03-2417-1990)	Maks. 40	58

Sumber : Putra, 2014, diolah.

Tabel 1.1 merupakan hasil pengujian spesifikasi agregat terhadap campuran dua *quarry* yang terletak di Desa Gumuksari dan Desa Sumber Jeruk Kecamatan Kalisat Kabupaten Jember dengan kombinasi 60% *quarry* 1 dan 40% *quarry* 2. Terlihat bahwa campuran *quarry* 1 dan *quarry* 2 secara teoritis tidak memenuhi spesifikasi lapis pondasi agregat kelas B sehingga harus dilakukan penambahan agregat kasar, dan untuk menentukan jumlah proporsi agregat kasar yang harus ditambahkan agar sesuai spesifikasi yang dibutuhkan, maka dilakukan trial mix design. Selanjutnya diperoleh jumlah proporsi campuran agregat kasar yang harus ditambahkan sebanyak 75% agar masuk spesifikasi agregat kelas B sehingga dapat digunakan sebagai material bahan lapis pondasi agregat jalan.

Selanjutnya peneliti melakukan perhitungan biaya penggalian menggunakan *Excavator*, biaya pencampuran menggunakan *Wheel Loader* dan *Blending Equipment*, biaya pengangkutan menggunakan *Dumptruck*, serta dilanjutkan perhitungan biaya penghamparan, pembasahan dan pemadatan agregat menggunakan alat berat *Motor Grader*, *Water Tank Truck* dan *Vibratory Roller*. Oleh sebab itu, dilakukan analisa perhitungan produktivitas pada masing-masing alat berat serta harga satuan pada setiap item pekerjaan, sehingga dapat dijadikan sebagai bahan kajian dalam memperkirakan jumlah biaya produksi serta bisa menjadi masukan bagi pihak-pihak yang membutuhkan informasi tentang biaya produksi pencampuran tanah dari dua *quarry* gumuk di Kecamatan Kalisat.

Dengan berdasarkan penelitian sebelumnya tentang “Penggunaan material dari beberapa *quarry* di Kabupaten Banyuwangi sebagai bahan perkerasan jalan lapis pondasi bawah kelas B” yang telah di lakukan oleh Agustin (2011) serta penelitian tentang “Analisis *job mixing* tanah gumuk di kecamatan Kalisat kabupaten Jember sebagai bahan lapis pondasi agregat kelas B” yang telah dilakukan oleh Putra (2014). Maka penelitian ini berjudul “Perhitungan Biaya Produksi Alat Berat Untuk Bahan Lapis Pondasi Bawah (*Sub-Base Coarse*) Menggunakan Tanah Gumuk Kecamatan Kalisat Kabupaten Jember” lebih menekankan pada kajian secara ekonomis pencampuran material dari dua gumuk di kecamatan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan latar belakang diatas, maka dapat diambil rumusan masalah, yaitu:

- a. Berapa biaya untuk tiap-tiap satuan pekerjaan untuk proses penggalian, pencampuran, penghamparan serta pemadatan agregat kelas B dari dua *quarry* Kecamatan Kalisat Kabupaten Jember sebagai bahan lapis pondasi bawah (*Sub-Base Coarse*) ?
- b. Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk proses penggalian, pengangkutan, pencampuran, penghamparan, pembasahan dan pemadatan

agregat kelas B dari dua *quarry* Kecamatan Kalisat Kabupaten Jember sebagai bahan lapis pondasi bawah (*Sub-Base Coarse*) ?

- c. Berapa anggaran biaya produksi untuk proses pencampuran material, penghamparan hingga pemadatan agregat kelas B dari dua *quarry* Kecamatan Kalisat Kabupaten Jember sebagai bahan lapis pondasi bawah (*Sub-Base Coarse*) ?

1.3 Tujuan Penelitian

- a. Mengetahui produktivitas masing-masing alat berat yang digunakan dalam proses penggalian, pencampuran, pengangkutan, penghamparan, pembasahan serta pemadatan agregat kelas B dari dua *quarry* di Kecamatan Kalisat Kabupaten Jember sebagai bahan lapis pondasi bawah (*Sub-Base Coarse*).
- b. Mengetahui lama waktu yang dibutuhkan untuk proses penggalian, pencampuran, pengangkutan, penghamparan dan pemadatan agregat kelas B dari dua *quarry* Kecamatan Kalisat Kabupaten Jember sebagai bahan lapis pondasi bawah (*Sub-Base Coarse*).
- c. Mengetahui anggaran biaya produksi untuk proses pencampuran material, penghamparan hingga pemadatan agregat kelas B dari dua *quarry* Kecamatan Kalisat Kabupaten Jember sebagai bahan lapis pondasi bawah (*Sub-Base Coarse*).

1.4 Batasan Masalah

Agar tidak keluar dari lingkup pembahasan dan guna mempermudah menganalisis, maka dibuat batasan masalah yang meliputi sebagai berikut :

- a. Tidak menguji unsur kimia yang terkandung dalam tanah gumuk.
- b. Tidak menganalisis dampak lingkungan terhadap penggalian gumuk.
- c. Semua alat berat yang dipakai diasumsikan sebagai alat baru.
- d. Tahapan persiapan lahan dalam tidak menjadi komponen analisa harga maupun produktivitas alat.
- e. Tidak melakukan perbandingan kombinasi kerja alat berat.
- f. Harga satuan disesuaikan dengan Standar Satuan Harga Pemerintah Kabupaten Jember Edisi I tahun 2017.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pasir dan Batu (Sirtu)

Sirtu adalah nama singkatan bahan galian pasir dan batu. Istilah ini digunakan karena sirtu mempunyai ukuran yang sangat beragam, oleh karena itu istilah sirtu lebih bersifat praktis. Sirtu dapat berasal dari batuan yang mengalami pelapukan, erosi dan transportasi yang akhirnya terendapkan pada suatu lokasi tertentu. Sirtu mempunyai ukuran butir mulai dari pasir halus hingga bongkahan dengan bentuk butir menyudut dan membulat. Hal ini tergantung dari jaraknya, semakin jauh transportasi perpindahan dari sumbernya maka akan semakin beragam pula komposisi mineralogi dan ukuran butirnya. Sirtu juga dapat terbentuk dari hasil letusan gunung api dan endapan lahar.

Seperti diketahui bersama, bahwa sirtu merupakan bahan galian bangunan. Penggunaan bahan galian ini tergantung dari keseragaman dan ukuran butirnya. Misalnya berukuran pasir; digunakan sebagai salah satu bahan campuran semen untuk pasangan bata, cor dan plester. Sedangkan yang berukuran kerikil digunakan sebagai bahan agregat beton, dan yang berukuran bongkah digunakan untuk pondasi rumah, pengeras jalan raya dan lain sebagainya. Kualitas sirtu dapat dilihat dari unsur pengotornya. Batas maksimum atau angka toleransi unsur pengotor (lempung) dalam pasir untuk bangunan teknik adalah 5%, sehingga pasir yang mengandung lempung >5% umumnya dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

Potensi sirtu pada umumnya bersifat terbaharui, mengingat sumber sirtu berasal dari gerusan tanah pegunungan dan perbukitan disekitar yang terbawa aliran sungai. Cadangan potensi sirtu juga tergantung dari besar kecilnya arus sungai di lokasi penambangan. Material sirtu tersebut terdiri dari komponen-komponen yang berupa bahan-bahan lepas yang berukuran lempung, kerikil, kerakal hingga bongkah. Bongkah yang besar mencapai ukuran diameter 100 cm. Komponen-komponen sirtu terdiri dari bermacam-macam batuan, yaitu batuan sedimen, batuan metamorf dan batuan beku tergantung dari sumbernya.

Warna sirtu ini bervariasi sesuai dengan komponen batuan asalnya yaitu

abu-abu kecoklatan, abu-abu kehitaman, hitam, kuning kemerahan, coklat dan lain-lain.

2.2 Klasifikasi Tanah

Menurut *Unified Standard Clasification System*, tanah dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok, yaitu tanah berbutir kasar, tanah berbutir halus dan tanah organik. Ketiga jenis tanah tersebut masing-masing diuraikan lagi dengan memberi simbol pada setiap jenis yang terdiri dari lima belas jenis seperti yang terangkum pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Sistem Klasifikasi Tanah *Unified*

Kelas Tanah		Subkelas	Simbol	Definisi	Simbol Internasional			
Tanah berbutir kasar	Kerikil	GW	GW	Tanah berbutir kasar dengan kandungan air dan lempung yang sangat sedikit.	G ₂ - 100% G ₆₀ - 40% G ₂₀₀ - 5%			
		Kerikil berlempung	GP	Tanah berbutir kasar dengan kandungan air dan lempung yang sedikit.		G ₂ - 100% G ₆₀ - 25% G ₂₀₀ - 5%		
			GC	Tanah berbutir kasar dengan kandungan air dan lempung yang banyak.			G ₂ - 100% G ₆₀ - 10% G ₂₀₀ - 5%	
	Pasir	SW	Tanah berbutir kasar dengan kandungan air dan lempung yang sangat sedikit.	G ₂ - 100% G ₆₀ - 60% G ₂₀₀ - 5%				
		Pasir berlempung	SP			Tanah berbutir kasar dengan kandungan air dan lempung yang sedikit.	G ₂ - 100% G ₆₀ - 35% G ₂₀₀ - 5%	
			SC			Tanah berbutir kasar dengan kandungan air dan lempung yang banyak.		G ₂ - 100% G ₆₀ - 15% G ₂₀₀ - 5%
		Pasir organik	OM			Tanah berbutir kasar dengan kandungan air dan lempung yang sedikit.	G ₂ - 100% G ₆₀ - 60% G ₂₀₀ - 5%	
			OC			Tanah berbutir kasar dengan kandungan air dan lempung yang banyak.		G ₂ - 100% G ₆₀ - 15% G ₂₀₀ - 5%
		Tanah berbutir halus	Lempung			CL	Tanah berbutir halus dengan kandungan air dan lempung yang banyak.	
						CH	Tanah berbutir halus dengan kandungan air dan lempung yang sangat banyak.	U ₁₀₀ - 100% U ₄₀₀ - 10% U ₂₀₀ - 5%
Tanah berbutir halus	Lempung berlempung	ML	Tanah berbutir halus dengan kandungan air dan lempung yang sedikit.	U ₁₀₀ - 100% U ₄₀₀ - 40% U ₂₀₀ - 5%				
		MH	Tanah berbutir halus dengan kandungan air dan lempung yang banyak.		U ₁₀₀ - 100% U ₄₀₀ - 10% U ₂₀₀ - 5%			
Tanah berbutir halus	Lempung berlempung organik	OML	Tanah berbutir halus dengan kandungan air dan lempung yang sedikit.	U ₁₀₀ - 100% U ₄₀₀ - 40% U ₂₀₀ - 5%				
		OMH	Tanah berbutir halus dengan kandungan air dan lempung yang banyak.		U ₁₀₀ - 100% U ₄₀₀ - 10% U ₂₀₀ - 5%			
Tanah berbutir halus	Lempung berlempung organik	OL	Tanah berbutir halus dengan kandungan air dan lempung yang sedikit.	U ₁₀₀ - 100% U ₄₀₀ - 40% U ₂₀₀ - 5%				
		OH	Tanah berbutir halus dengan kandungan air dan lempung yang sangat banyak.		U ₁₀₀ - 100% U ₄₀₀ - 10% U ₂₀₀ - 5%			
Tanah berbutir halus	Lempung berlempung organik	OT	Tanah berbutir halus dengan kandungan air dan lempung yang sedikit.	U ₁₀₀ - 100% U ₄₀₀ - 40% U ₂₀₀ - 5%				
		OH	Tanah berbutir halus dengan kandungan air dan lempung yang sangat banyak.		U ₁₀₀ - 100% U ₄₀₀ - 10% U ₂₀₀ - 5%			

Sumber : Hardiyatmo, 1996.

Untuk tanah berbutir kasar dibagi atas kerikil dan tanah kerikilan (G), pasir dan tanah kepasiran (S). Yang termasuk dalam kelompok kerikil adalah tanah

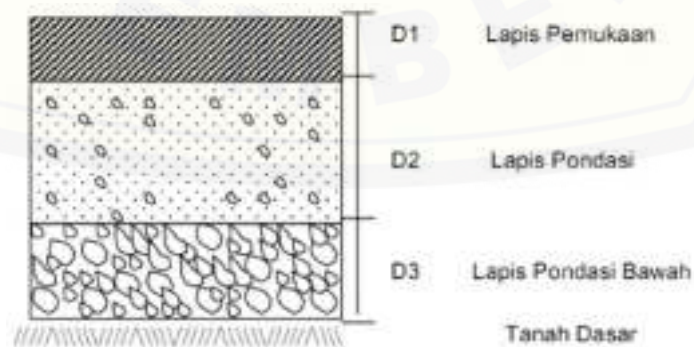
yang mempunyai persentase lolos saringan No.4 < 50 % sedangkan tanah yang mempunyai lolos saringan No.4 > 50 % termasuk kelompok pasir. Tanah berbutir halus dibagi dalam lanau (M) dan lempung (C) yang didasarkan atas batas cair dan indeks plastisitas. Tanah organik juga termasuk dalam fraksi ini. Sedangkan tanah organis tinggi yang mudah ditekan dan tidak mempunyai sifat sebagai bahan bangunan yang diinginkan, tanah khusus dari kelompok ini adalah tanah humus, tanah lumpur yang komponen utamanya adalah partikel daun, rumput, dahan atau bahan-bahan rengas lainnya.

2.3 Definisi Jalan Raya

Menurut Sutjipto (1979: 1) Jalan raya merupakan jalur atau lintasan tanah di atas permukaan bumi yang sengaja dibuat oleh manusia dengan berbagai macam bentuk, ukuran-ukuran dan konstruksinya yang bertujuan untuk menyalurkan lalu lintas orang, hewan dan kendaraan-kendaraan yang mengangkut barang-barang dari tempat yang satu ketempat yang lainnya dengan mudah dan cepat.

2.4 Kontruksi Perkerasan Jalan Raya

Kontruksi perkerasan jalan dibedakan menjadi dua kelompok menurut bahan pengikat yang digunakan, yaitu perkerasan lentur (*fleksible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*). Perkerasan lentur (*fleksible pavement*) dibuat dari agregat dan bahan ikat aspal. Lapis perkerasan kaku (*rigid pavement*) terbuat dari agregat dan bahan ikat semen, terdiri dari satu lapisan pelat beton dengan atau tanpa pondasi bawah (*sub-base*) antara perkerasan dan tanah dasar (*subgrade*). Susunan perkerasan lentur tersaji dalam Gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.1 Susunan Lapis Perkerasan (Sukirman, 1999)

Menurut AASHTO dan Bina Marga, kontruksi jalan terdiri dari:

2.4.1 Lapis permukaan (Surface Course)

Lapisan permukaan (*Surface Course*) adalah lapisan yang terletak paling atas (Sukirman, 1999) dan berfungsi sebagai :

- a. Struktural, yaitu berperan mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh lapis keras.
- b. Non struktural, yaitu berupa lapisan kedap air untuk mencegah masuknya air kedalam lapis perkerasan yang ada dibawahnya dan menyediakan permukaan yang tetap rata agar kendaraan berjalan dengan lancar.

2.4.2 Lapis Pondasi Atas (Base Course)

Lapisan pondasi atas (*Base Course*) adalah lapisan perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan (Sukirman, 1999) dan berfungsi sebagai :

- a. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban kelapisan di bawahnya.
- b. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
- c. Bantalan terhadap lapisan permukaan.

Bahan yang akan digunakan untuk lapisan pondasi atas adalah jenis bahan yang cukup kuat. Untuk lapisan pondasi atas tanpa bahan pengikat umumnya menggunakan material dengan nilai CBR > 50 % dan *Plasticity Indeks* (PI) < 4 %. Bahan-bahan alam seperti batu pecah, kerikil pecah, stabilitas tanah dengan semen (*soil cement base*) dapat digunakan sebagai lapis pondasi atas. Material yang umum digunakan di Indonesia untuk lapisan pondasi atas sesuai dengan jenis konstruksinya adalah :

- a. Tanah campur semen (*soil cement base*).
- b. Agregat kelas A (sistem pondasi agregat).
- c. Kerikil (pondasi *macadam*)

2.4.3 Lapis Pondasi Bawah (*Sub-Base Course*)

Lapis Pondasi Bawah (*Sub-Base Course*) adalah lapis perkerasan yang terletak antara lapisan pondasi atas dan tanah dasar (Sukirman, 1999), dan berfungsi sebagai :

- a. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda pada tanah dasar,
- b. Efisiensi penggunaan material,
- c. Mengurangi ketebalan lapis keras yang ada di atasnya,
- d. Sebagai lapisan peresapan, agar air tanah tidak berkumpul pada pondasi,
- e. Sebagai lapisan pertama agar memudahkan pekerjaan selanjutnya,
- f. Sebagai pemecah partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.

Material yang umum digunakan untuk lapisan pondasi bawah sesuai dengan jenis konstruksinya adalah :

- a. Batu belah dengan balas pasir (*system telford*)
- b. Tanah campur semen (*soil cement base*)
- c. Agregat kelas B (sistem pondasi agregat)

2.4.4 Lapis Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar (*Subgrade*) adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau timbunan yang dipadatkan dan merupakan dasar untuk perletakan bagian lapis keras lainnya.

Karakteristik kepadatan tanah dapat dinilai dari pengujian standar laboratorium yang disebut *Uji Proctor*. Uji kepadatan tanah ini untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah sehingga bisa diketahui kepadatan maksimum dan kadar air optimum. Kepadatan tanah sangat tergantung pada kadar air, yaitu semakin kecil kadar air maka kepadatan tanah akan semakin besar, begitu pula sebaliknya. Perhitungannya menggunakan persamaan 2.12 dan 2.13 berikut :

- a. Berat isi tanah basah :

$$\gamma = \frac{B2-B1}{V} \dots\dots\dots (2.12)$$

dimana :

$B1$ = Berat *mold*

$B2$ = Berat tanah + *mold*.

V = Volume *mold*.

- b. berat isi tanah kering :

$$\gamma_d = \frac{\gamma \times 100}{100+w} \dots\dots\dots (2.13)$$

dimana :

w = kadar air sesudah pemadatan.

γ = berat isi tanah basah

2.5 Pondasi Bawah Material Berbutir

Material berbutir tanpa pengikat harus memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI-03-6388-2000. Persyaratan dan gradasi pondasi bawah harus sesuai dengan kelas B. Sebelum pekerjaan dimulai, bahan pondasi bawah harus diuji gradasinya dan harus memenuhi spesifikasi bahan untuk pondasi bawah, dengan penyimpangan ijin 3% -5%.

Ketebalan minimum lapis pondasi bawah untuk tanah dasar dengan CBR minimum 5% adalah 15 cm. Derajat kepadatan lapis pondasi bawah minimum 100 %, sesuai dengan SNI 03-1743-1989.

2.5.1 Pondasi Bawah dengan Bahan Pengikat (*Bound Sub-Base*)

Pondasi bawah dengan bahan pengikat dapat digunakan salah satu dari :

- a. Stabilisasi material berbutir dengan kadar bahan pengikat yang sesuai dengan hasil perencanaan, untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi. Jenis bahan pengikat dapat meliputi semen, kapur, serta abu terbang dan slag yang dihaluskan.
- b. Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense-graded asphalt*).
- c. Campuran beton kurus giling padat yang harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 MPa (55 kg/cm²).

2.5.2 Pondasi Bawah tanpa Bahan Pengikat

Untuk *Sub-Base Course* dipergunakan sirtu atau sirtu pecah, sedangkan untuk base dipergunakan sirtu pecah atau batu pecah. Untuk Indonesia dimana sebagian besar aspal dan mesin-mesin masih import, maka sistem tersebut sementara masih ditinggalkan. Kecuali untuk keperluan berskala kecil atau bilamana kondisi setempat mengharuskan konstruksi tersebut.

2.6 Dasar-Dasar Pemindahan Tanah Mekanis

Material dalam pekerjaan pemindahan tanah (*earth moving*), meliputi tanah, vegetasi (pohon, semak belukar, dan alang-alang). Berikut ini sifat fisik

material dan kondisi medan kerja dalam pekerjaan pemindahan tanah, antara lain :

2.6.1 Faktor pengembangan dan penyusutan (*Swell Factor*)

Pengembangan material (tanah) adalah perubahan berupa penambahan atau pengurangan volume material akibat terganggu dari bentuk aslinya (digali, dipindahkan, diangkut, atau dipadatkan). Berdasarkan adanya perubahan tersebut pengukuran volume maupun *density* material dibedakan menjadi :

- Keadaan asli (*bank, insitu*) yaitu keadaan material yang masih alami, belum mengalami gangguan (lalu lintas perlatan, digali, dipindahkan, diangkut, atau dipindahkan). Satuan volume dalam keadaan asli disebut meter kubik keadaan asli (*Bank Cubic Meter* atau *BCM*).
- Keadaan gembur/lepas (*loose*) yaitu keadaan dimana material telah terganggu dari tempat aslinya (kondisi asli), akan mengalami pengembangan volume. Hal ini karena penambahan rongga udara diantara butiran-butiran material, volumenya menjadi lebih besar tetapi beratnya tetap. Satuannya disebut meter kubik keadaan gembur (*Loose Cubic Meter* atau *LCM*).
- Keadaan dipadatkan (*compacted*) yaitu keadaan dimana material mengalami proses pemadatan dan volumenya akan menyusut. Volumenya menjadi lebih kecil tetapi beratnya tetap. Satuannya disebut meter kubik keadaan padat (*Compacted Cubic Meter* atau *CCM*).



Gambar 2.2 Perubahan Kondisi Tanah

Tabel 2.2 Swell Factor Material

Jenis Material	Kondisi Awal	Perubahan Kondisi Berikutnya		
		Kondisi Asli	Kondisi Gembur	Kondisi Padat
Pasir	Kondisi Asli	1,00	1,11	0,95

	Kondisi Gembur	0,90	1,00	0,86
	Kondisi Padat	1,05	1,17	1,00
Tanah Liat Berpasir	Kondisi Asli	1,00	1,25	0,90
	Kondisi Gembur	0,80	1,00	0,72
	Kondisi Padat	1,10	1,39	1,00
Tanah Liat	Kondisi Asli	1,00	1,25	0,90
	Kondisi Gembur	0,70	1,00	0,63
	Kondisi Padat	1,11	1,59	1,00
Tanah Campur Kerikil	Kondisi Asli	1,00	1,18	1,08
	Kondisi Gembur	0,85	1,00	0,91
	Kondisi Padat	0,93	1,09	1,00
Kerikil	Kondisi Asli	1,00	1,13	1,03
	Kondisi Gembur	0,88	1,00	0,91
	Kondisi Padat	0,97	1,10	1,00
Kerikil Kasar	Kondisi Asli	1,00	1,42	1,29
	Kondisi Gembur	0,70	1,00	0,91
	Kondisi Padat	0,77	1,10	1,00
Pecahan Cadas atau Batuan Lunak	Kondisi Asli	1,00	1,65	1,22
	Kondisi Gembur	0,61	1,00	0,74
	Kondisi Padat	0,82	1,35	1,00
Pecahan Granit atau Batuan Keras	Kondisi Asli	1,00	1,70	1,31
	Kondisi Gembur	0,59	1,00	0,77
	Kondisi Padat	0,76	1,30	1,00

Bersambung

Sumber : Permen P.U. No. 11/PRT/M/2013.

Tabel 2.2 Swell Factor Material Lanjutan

Jenis Material	Kondisi Awal	Perubahan Kondisi Berikutnya		
		Kondisi Asli	Kondisi Gembur	Kondisi Padat
Pecahan Batu	Kondisi Asli	1,00	1,75	1,40
	Kondisi Gembur	0,57	1,00	0,80
	Kondisi Padat	0,71	1,24	1,00
Bahan Hasil Peledakan	Kondisi Asli	1,00	1,80	1,30
	Kondisi Gembur	0,56	1,00	0,72
	Kondisi Padat	0,77	1,38	1,00

Sumber : Permen P.U. No. 11/PRT/M/2013.

2.6.2 Berat isi material (*Specific Gravity*)

Kemampuan alat berat untuk melakukan pekerjaan seperti mendorong, mengangkat, menarik, mengangkut dan lain-lain, akan sangat dipengaruhi oleh berat jenis material karena berpengaruh terhadap volume yang diangkut atau didorong. Dalam hubungannya Draw Bar Pull (DBP) atau tenaga tarik setiap alat berat mempunyai batasan kapasitas atas volume tertentu, yang akan membatasi gerak alat. Berat material biasa dihitung dalam satuan berat (kg, ton, lb), dimana biasanya dihitung dalam keadaan asli atau dalam keadaan lepas.

Tabel 2.3 Berat Jenis Material

No.	Nama Bahan	Berat Isi Padat (BIP) (T/m ³)		Berat Isi Lepas (BIL) (T/m ³)		Penyerapan (%)
		Min	Maks	Min	Maks	
1	Agregat Kasar	1,360	1,450	1,236	1,283	1,94 - 2,02
		1,320	1,380	0,120	1,221	2,50 - 2,65
2	Agregat Halus	1,380	1,540	1,255	1,363	1,65 - 1,93

Bersambung

Sumber : Specification and Application Handbook Komatsu, edition 26.

Tabel 2.3 Berat Jenis Material Lanjutan

No	Nama Bahan	Berat Isi Padat (BIP) (ton/m ³)		Berat Isi Lepas (ton/m ³)	
		Min	Maks	Min	Maks
1	Water Bound Macadam (5/7), Agregat Kelas C	1,74 0	1,92 0	1,58 2	1,69 9
2	Batu Belah (gunung/kali)	1,20 0	0,16 0	0,91 4	0,96 0
3	Batu Kali	1,20 0	1,70 0	0,96 0	0,97 1
4	Abu Batu, hasil pemecah batu	1,40 0	1,90 0	0,12 6	1,62 4
5	Chip (losos ¾" tertahan No.4)	1,22 0	1,30 0	1,10 9	1,15 0
6	Chip (losos No.4 tertahan No.8)	1,43 0	1,50 0	1,30 0	1,32 7
7	Gravel/Sirtu, hasil pemecah batu	1,62 0	1,95 0	1,37 3	1,47 3
8	Agregat Halus, hasil pemecah batu	1,38 0	1,54 0	1,25 4	1,36 3
9	Agregat Kasar, hasil pemecah batu/split/screen	1,32 0	1,45 0	1,20 0	1,28 3
10	Agregat kelas A, kelas S	1,74 0	1,85 0	1,30 3	1,58 2
11	Agregat kelas B	1,76 0	1,88 0	1,32 4	1,60 0
12	Sirtu	1,62 0	2,05 0	1,44 4	1,47 3
13	Split, Screen, hasil pemecah batu	1,40 0	1,75 0	1,23 2	1,27 3
14	Pasir pasang, Kasar	1,38 0	1,54 0	1,24 3	1,31 6
15	Pasir Urug	1,30 0	1,60 0	1,04 0	1,15 1
16	Agregat Ringan	1,30 0	1,50 0	0,60 0	0,75 0

Sumber : Specification and Application Handbook Komatsu, edition 26.

2.6.3 Kekerasan material

Material yang dikoyak akan lebih sulit dikoyak, digali, atau dikupas oleh alat berat dan hal ini bisa menurunkan produktivitas alat. Material yang umumnya tergolong keras adalah bebatuan. Batuan dalam pengertian *earth moving* terbagi dalam tiga batuan dasar, yaitu :

- a. Batuan Beku : sifat keras, padat, pejal dan kokoh. Sehingga relatif sulit untuk di ripping.
- b. Batuan sedimen : merupakan perlapisan dari yang lunak sampai yang keras. Semakin lapisan, semakin mudah di ripping.
- c. Batuan metamorf : umumnya perlapisan dari yang keras, padat, dan tidak teratur. Ripibilitasnya tergantung tebal lapisan dan kekuatan kristalnya.

2.6.4 Bentuk Material

Material yang butirnya halus dan seragam, kemungkinan besar isinya bisa senilai dengan volume ruangan yang ditempatinya. Ukuran butir ini akan berpengaruh terhadap pengisian bucket, misalnya pada pengisian ujung (*heaped*) dan rongga-rongga tanah yang tedapat dalam bucket.

2.6.5 Daya Ikat Material (Kohesivitas)

Material yang mempunyai kohesivitas tinggi akan mudah menggunung dan volume material ini kemungkinan bisa melebihi volume ruangnya. Sedangkan material dengan kohesivitas yang rendah, apabila menempati suatu ruang akan sulit menumpuk dan cenderung merata.

2.6.6 Daya dukung tanah (*CBR*)

Daya dukung tanah didefinisikan sebagai kemampuan tanah untuk mendukung alat yang berada di atasnya (Tenriajeng, 2003:9). Jika daya dukung lebih besar dari *ground pressure*, maka alat tidak akan tenggelam. Untuk mengatasi daya dukung tanah yang rendah, pabrik pembuat alat sudah mengantisipasi dengan merencanakan lebar tapak yang berbeda sesuai kebutuhan.

Tabel 2.4 Daya Tekan Alat Berat

<i>Cone Indeks</i> (kg/cm ²)	Jenis Alat	<i>Ground Pressure</i> Alat (kg/cm ²)
< 2	Extra Sawamp Dozer	0,15 - 0,30
2 - 4	Swamp Dozer	0,20 - 0,30
4 - 5	Small Bulldozer	0,30 - 0,60
5 - 7	Medium Bulldozer	0,70 - 1,30
7 - 10	Large Bulldozer	1,30 - 2,85
10 - 13	Motor Scraper	
13 - 15	Wheel Loader	> 3,20
> 15	<i>Dumptruck</i>	

Sumber : Modul APAAB, PT. United Tractor Tbk.

2.6.7 Jarak angkut (Hauling Distance)

Pemilihan alat berat untuk transportasi sangat ditentukan oleh jarak angkut dan kondisi jalan yang dilalui.

Tabel 2.5 Jarak Angkut Alat Berat

No	Jenis Alat	Jarak Angkut (m)
1	Bulldozer	0 - 100
2	Wheel Loader	0 - 150
3	Towed Scraper	0 - 400
4	Motor Scraper	200 - 2000
5	DumpTruck	100 - 3000

Sumber : Modul APAAB, PT. United Tractor Tbk.

2.7 Harga Satuan Dasar Tenaga Kerja

Biaya tenaga kerja standar dapat dibayar dalam sistem hari orang atau jam orang. Sumber data harga standar berdasarkan standar yang ditetapkan Gubernur/Bupati/Walikota. Dalam sistem orang hari, upah kerja dalam 1 hari adalah 8 jam, terdiri 7 jam kerja efektif dan 1 jam istirahat (atau disesuaikan dengan kondisi setempat). Koefisien tenaga kerja adalah angka yang menunjukkan lama pelaksanaan untuk menyelesaikan satu stuan volume pekerjaan.

2.8 Harga Satuan Dasar Bahan

Faktor yang mempengaruhi harga satuan dasr bahan antara lain adlah kualitas, kuantitas,dan lokasi asal bahan. Harga satuan dasar bahan dapat dikelompokkan menjadi harga satuan dasar bahan baku, harga satuan dasar bahan olahan, dan harga satuan dasar bahan jadi.

Bahan baku biasanya diperhitungkan dari sumber bahan (quarry), tetapi dapat pula diterima di basecamp atau di gudang setelah memperhitungkan ongkos bongkar-muat dan pengangkutannya.

Bahan olahan merupakan hasil produksi di pabrik (plant) atau beli dari prodisen di luar kegiatan pekerjaan.

Bahan jadi dianggap diterima di basecamp/gudang atau di pabrik setelah memperhitungkan ongkos bongkar-muat dan pengangkutannya sertabiaya pemasangan (tergantung perjanjian transaksi).

2.9 Harga Satuan Dasar Alat

Faktor yang mempengaruhi harga satuan dasar alat antara lain jenis peralatan, kapasitas alat, efisiensi kerja, kondisi cuaca, kondisi medan, dan jenis material/bahan yang dikerjakan. Komponen dasar proses harga satuan dasar alat terdiri dari biaya pasti (*fixed cost*) dan biaya tidak pasti atau biaya operasi (*operating cost*). Biaya pasti adalah biaya pengembalian modal dan bunga setiap tahun. Sedangkan biaya operasi terdiri dari biaya bahan bakar, minyak pelumas, biaya bengkel, biaya penggantian suku cadang (*sparepart*), upah operator/driver, serta upah pembantu operator/pembantu driver.

2.10 Harga Satuan Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan terdiri atas biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung merupakan hasil penjumlahan antara biaya tenaga kerja, biaya bahan, dan biaya alat. Sedangkan biaya tidak langsung merupakan hasil penjumlahan dari biaya umum dan keuntungan.

Harga satuan pekerjaan setiap mata pembayaran merupakan hasil yang diperoleh melalui proses perhitungan dan masukan-masukan yang berupa asumsi, metode pelaksanaan serta penggunaan upah, bahan dan alat.

2.11.1 Analisis Produktivitas

Produktivitas dapat diartikan sebagai perbandingan antara output (hasil produksi) terhadap input (komponen produksi: tenaga kerja, peralatan dan waktu). Bila input dan waktu kecil maka output semakin besar sehingga produktivitas semakin tinggi.

2.11.2 Faktor Kehilangan Bahan

Faktor kehilangan bahan (bahan baku yang ada di stockpile) disebabkan berbagai hal, misal tercecer saat proses pemuatan atau pengangkutan.

Tabel 2.6 Faktor Kehilangan Bahan Pada Pekerjaan Jalan

Bentuk Bahan	Perkiraan jumlah bahan yang digunakan	
	< 100 m ³	≥ 100 m ³
Curah (%)	5,3 - 8,0	3,2 - 6,8
Kemasan (%)	2,2 - 4,0	0,9 - 3,3

Sumber : Permen P.U. No. 11/PRT/M/2013.

Tabel 2.7 Faktor Kehilangan Bahan Pada Pekerjaan Berbasis Beton Semen

Bentuk Bahan	Faktor Kehilangan (%)
Semen	1 - 2
Pasir	5 - 10
Agregat Kasar	5 - 10
Superplasticizer	1 - 2

Sumber : Permen P.U. No. 11/PRT/M/2013.

2.11 Alat Berat

Alat konstruksi atau alat berat adalah alat yang sengaja diciptakan atau didesain untuk melaksanakan salah satu fungsi atau pekerjaan konstruksi yang sifatnya berat apabila dikerjakan hanya dengan tenaga manusia, misalnya: mengangkut, mengangkat, memuat, memindah, menggali, mencampur, dan lain-lain dengan lebih mudah, cepat, hemat, dan aman. Dengan demikian pelaksanaan proyek dapat dilaksanakan dengan lebih efektif dan aman.

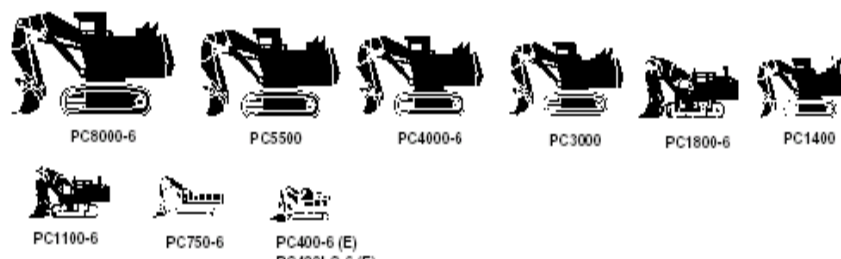
2.11.1 Alat Gali (*Excavator*)

Yang termasuk dalam alat gali adalah *backhoe*, *power shovel* atau *front shovel*, *dragline*, dan *clamshell*. Secara umum alat terdiri atas struktur bawah, struktur atas, sistem dan *bucket* (Rostiyanti, 2008:52). *Backhoe* digunakan pada pekerjaan penggalian di bawah permukaan dan penggalian material keras (Rostiyanti, 2008:53). Beberapa gambar jenis *Hidraulic Excavator* :

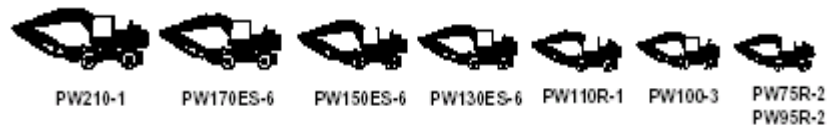


Gambar 2.3 Macam Hidraulic Excavator (Backhoe)

Sumber: PT. PAMAPERSADA NUSANTARA



Gambar 2.4 Macam Hidraulic Excavator (Shovel).



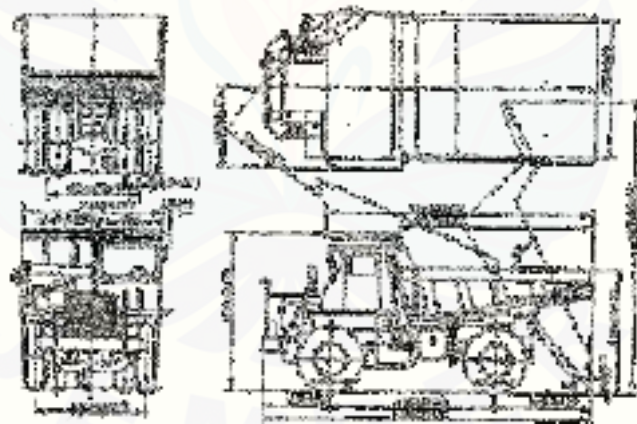
Gambar 2.5 Macam Hidraulic Excavator (Wheel).

2.11.2 *Dumptruck*

Dumptruck adalah alat pengangkutan yang sangat umum digunakan dalam proyek konstruksi. *Dumptruck* berfungsi mengangkut material seperti tanah, pasir dan batuan pada proyek konstruksi. Pemuatan material ke dalam baknya diperlukan alat bantu lain seperti *excavator* dan *loader*. Pemilihan jenis alat pengangkutan tergantung pada kondisi lapangan, volume material dan biaya.

Pada umumnya *dumptruck* dikenal dalam tiga macam, yaitu :

- a. *Side dumptruck* (Penumpahan ke samping).
- b. *Rear dumptruck* (Penumpahan ke belakang).
- c. *Rear and side dumptruck* (Penumpahan ke belakang dan ke samping).

Gambar 2.6 *Dumptruck*

1) Klasifikasi Truk

Berdasarkan faktor truk di klasifikasikan menurut : a) ukuran, tipe mesin dan bahan bakar, b) jumlah roda, as dan cara penyetiran, c) metode pembongkaran muatan, d) kapasitas dan, e) sistem pembongkaran. Sedangkan berdasarkan metode pembongkarannya, truk dibagi kedalam tiga jenis, yaitu : a) rear dump, b) bottom dump, dan c) side dump.

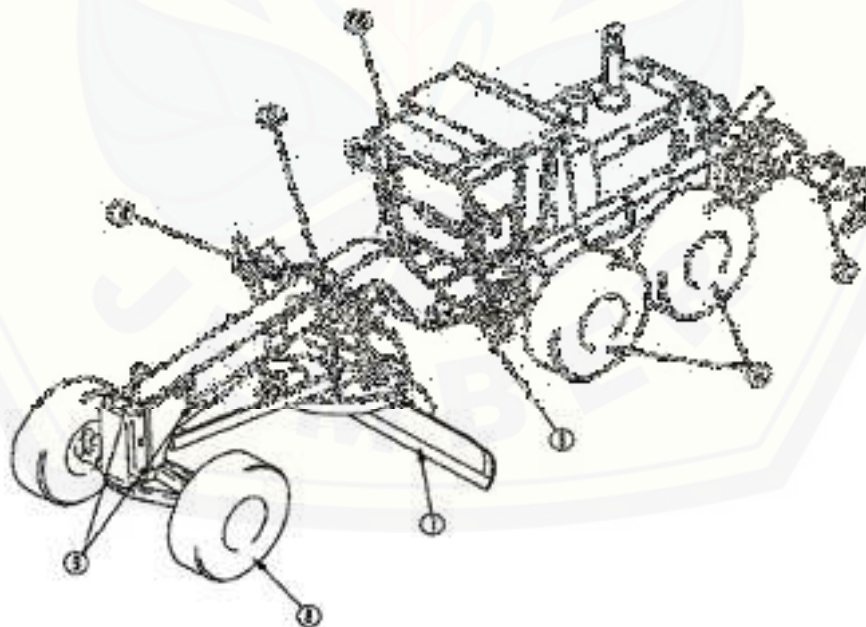
2) Kapasitas Truk

Pada umumnya, besarnya kapasitas truk yang dipilih adalah 4-5 kali kapasitas alat gali yang memasukkan material ke dalam truk. Akan tetapi penggunaan truk terlalu besar sangat tidak ekonomis kecuali jika volume tanah yang akan diangkut sangat besar.

2.11.3 Motor Grader

Motor Grader adalah alat berat yang memiliki fungsi bermacam-macam yakni meratakan dan membentuk permukaan tanah, merawat jalan, mengupas tanah dan menyebarkan material ringan.

Motor Grader terdiri dari enam bagian utama yaitu penggerak (*prime mover*), kerangka (*frame*), pisau (*moldboard*), *sacrifier*, *circle* dan *drawbar*). Alat penggerak motor grader adalah roda ban yang terletak di belakang. Frame menghubungkan penggerak as depan yang letaknya cukup tinggi sehingga memudahkan manuver alat. Dalam pengoperasiannya, motor grader menggunakan pisau yang disebut *moldboard* yang dapat digerakkan sesuai kebutuhan bentuk permukaan. Panjang *blade* biasanya berkisar antara 3-5 meter.



- | | |
|--------------------------|------------------------|
| 1. Blade lift cylinder | 6. Articulate cylinder |
| 2. Drawbar lift cylinder | 7. Blade |
| 3. Cab | 8. Front wheel |
| 4. Rear wheel | 9. Head lamp |
| 5. Ripper | |

Gambar 2.7 Bagian-bagian pada Motor Grader

2.11.4 Alat Pemasatan (*Compactor*)

Jenis *compactor* yang secara umum digunakan dalam proyek konstruksi, antara lain :

- a. *Tamping roller*,
- b. *Modified tamping roller*,
- c. *Smooth-wheel roller*,
- d. *Pneumatic-tired roller*,
- e. *Vibrating compactor*, termasuk *tamping*, *smooth-wheel* dan *pneumatic*,
- f. *Vibrating plate* secara manual,
- g. *Compactor* manual.

Compactor juga dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa factor. Jika diklasifikasikan berdasarkan pergerakan maka terdapat dua jenis *compactor* yaitu yang dapat bergerak sendiri (*self propelled*) dan yang ditarik traktor (*towed*). Jika dilihat dari jenis roda penggilasnya, *compactor* ada yang beroda baja (*steel wheel*) dan beroda karet (*pneumatic*). Sedangkan jika dilihat berdasarkan permukaan roda *compactor* ada yang beroda 3 (*three wheels*), beroda 2 (*tandem roller*) dan *three axle tandem roller*. Umumnya *compactor* mempunyai susunan roda depan yang berfungsi sebagai *guide roll* dan roda belakang yang berfungsi sebagai *drive roll*.

Untuk memilih alat *compactor* yang cocok dalam suatu proyek dapat disesuaikan berdasarkan jenis tanahnya seperti yang dijelaskan dalam Tabel 2. 9 berikut.

Tabel 2.8 Klasifikasi jenis tanah untuk pemilihan *compactor*

Material	<i>Steel Wheel</i>	<i>Pneumatic</i>	<i>Vibratory</i>	<i>Tamping Foot</i>	<i>Grid</i>
Batuan	1	3	1	1	1
Kerikil bersih atau berlumpur	1	2	1	1	1
Kerikil berlempung	1	2	2	1	2

Pasir bersih atau berlumpur	2	3	1	3	2
Pasir berlempung	3	2	2	1	3
Lempung berpasir atau berlumpur	3	1	2	1	3
Lempung berat	3	1	2	1	3

Keterangan :

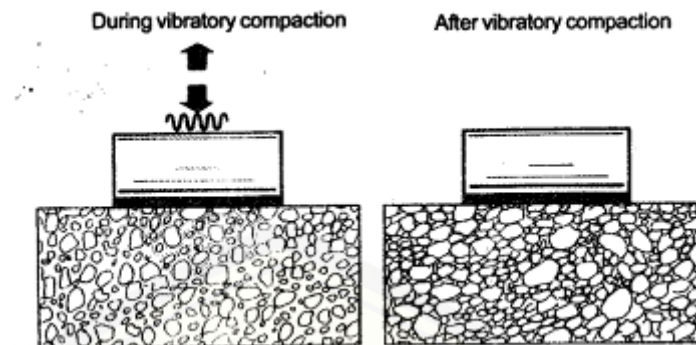
- 1 = direkomendasikan
- 2 = dapat dipakai
- 3 = kurang direkomendasikan

Sumber : Rostiyanti, 2008.

Cara mekanis untuk memadatkan tanah di lapangan dilakukan dengan cara menumbuk dan menggilas. Salah satunya menggunakan alat *vibratory compaction*. Vibrasi memberikan potensi *compaction* yang lebih tinggi dan lebih ekonomis dibandingkan dengan *static compaction*. *Vibratory roller* memberikan jawaban terhadap masalah-masalah pemadatan saat ini dengan keuntungan-keuntungan sebagai berikut :

- a. Pemadatan dapat dilakukan dengan jumlah lintasan lebih sedikit,
- b. Waktu pemadatan lebih cepat,
- c. Material yang mempunyai ketahanan bentuk yang tinggi dapat teratasi,
- d. Dapat dicapai *density* yang lebih tetap, seragam dan lebih tinggi,
- e. Mempunyai *versatility* yang lebih tinggi.

Dalam proses *vibration compaction*, daya osilasi terhadap material disebabkan oleh getaran drum. Getaran drum ini disebabkan oleh rotasi *eccentric weight* dan *exiter shaft* di dalam drum.



Gambar 2.8 Pemasatan tanah menggunakan *Vibration Compaction*
(Sumber: Wilopo, 2009).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Studi Kepustakaan

Untuk memperoleh data-data dan informasi dari buku-buku referensi mengenai pengujian yang akan dilakukan atau buku petunjuk praktikum yang ada dan literatur-literatur lainnya yang berhubungan dengan penelitian tugas akhir yang dikerjakan. Studi kepustakaan akan dipakai sebagai landasan atau dasar penelitian tugas akhir.

3.2 Waktu Penelitian, Lokasi Quarry dan Rute Lokasi Proyek

Penelitian ini mulai dilakukan pada bulan Desember tahun 2015 sampai Juli 2016. Untuk mendapatkan biaya dan waktu yang paling efisien, penentuan lokasi quarry dipilih berdasarkan kebutuhan volume campuran yang terbanyak. Penentuan rute menuju lokasi proyek berdasarkan lintasan terpendek (jarak terdekat) menuju ke lokasi proyek, jadi di urutkan dari letak quarry terjauh, dikumpulkan dan diproses di quarry yang lebih dekat agar lebih efisien dari segi waktu dan biaya.

3.3 Penentuan Proporsi Campuran

Adapun pencampuran dua *quarry* dilakukan berdasarkan hasil penelitian Putra (2014) dengan kombinasi 60% *tanah gumuk* 1 dan 40% tanah gumuk 2 sebagai kombinasi campuran yang masuk spesifikasi agregat kelas C.

Campuran agregat tanah gumuk tersebut harus dicampur agregat kasar sebanyak 75% agar masuk spesifikasi agregat kelas B dan dapat digunakan sebagai material *sub-base coarse* dengan jumlah kebutuhan total material sebanyak 1.120 m³C untuk pekerjaan lapis pondasi agregat kelas B jenis jalan lokal di Desa Sukoreno Kecamatan Kalisat dengan panjang jalan 1.400 m, lebar jalan 3 m, dan tebal rencana lapis pondasi 0,2 m.

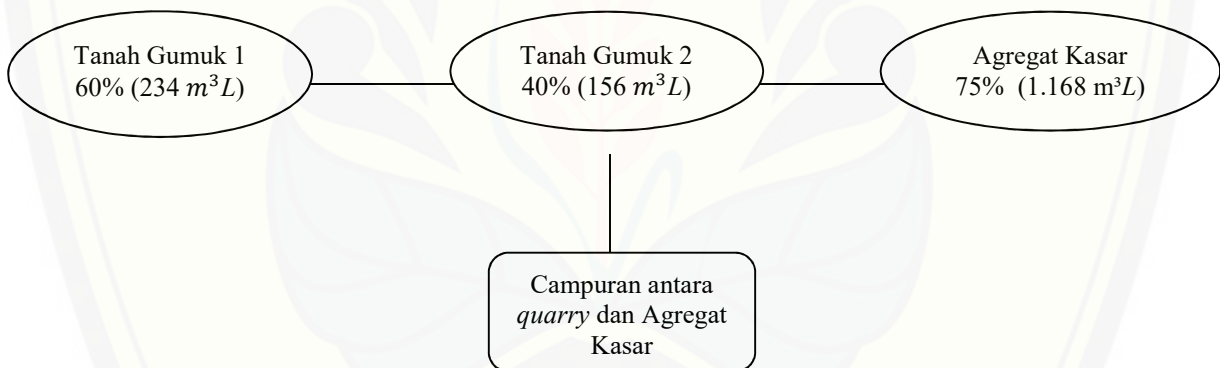
Dari volume total kebutuhan material 1.120 m³C, maka dikonversikan dulu menjadi bahan lepas dengan dikalikan angka swell factor bahan.

Potongan Tabel 3.1 Swell Factor Material

Jenis Material	Kondisi Awal	Perubahan Kondisi Berikutnya		
		Kondisi Asli	Kondisi Lepas	Kondisi Dipadatkan
Tanah Liat Berpasir (Tanah Biasa)	Kondisi Asli	1,00	1,25	0,90
	Kondisi Lepas	0,80	1,00	0,72
	Kondisi Dipadatkan	1,11	1,39	1,00

Sumber : Specification and Application Handbook (Komatsu), edition 22.

Tanah gumuk diasumsi sebagai jenis material tanah liat berpasir. Sesuai tabel di atas, maka volume tanah 1.120 m³ keadaan padat dikalikan swell factor 1,39 menjadi 1.557 m³ keadaan lepas. Jumlah tersebut merupakan gabungan material tanah gumuk sebanyak 25% (389 m³ keadaan lepas) dan material agregat kasar sebanyak 75% (1.168 m³ keadaan lepas). Tanah gumuk 25% keadaan lepas merupakan campuran tanah gumuk dengan kombinasi tanah gumuk quarry 1 sebanyak 234 m³ keadaan lepas ditambah 156 m³ keadaan lepas dari quarry 2.



Gambar 3.1 Skema Proporsi Campuran Quarry

3.4 Menghitung Produktivitas Alat Berat

Produktivitas alat berat perlu diketahui guna menentukan jumlah alat berat yang dibutuhkan, menentukan waktu pekerjaan dan menentukan biaya produksi. Biasanya kapasitas operasi alat berat dinyatakan dalam m³/jam atau CuYd/jam. Produksi didasarkan pada pelaksanaan volume yang dikerjakan per-siklus waktu dan jumlah siklus dalam satu jam misalnya.

$$Q = q \times N \times E = q \times \frac{60}{Cm} \times E \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana :

Q = produksi per-jam dari alat (m³/jam, CuYd/jam)

- q = produksi dalam satu siklus kemampuan alat untuk memindahkan tanah lepas (m³, CuYd)
- N = jumlah siklus per-jam
- Cm = waktu siklus dalam menit
- E = efisiensi kerja

3.4.1 Perhitungan Produksi *Excavator (Backhoe)*

Jenis material berpengaruh dalam perhitungan produktivitas *backhoe*. Penentuan waktu siklus *backhoe* didasarkan pada pemilihan kapasitas bucket. Rumus yang dipakai untuk menghitung produktivitas *backhoe* adalah :

$$Q = \frac{V \times F_b \times F_a \times 60}{T_{s1} \times F_v}, m^3 \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana :

- Q = Produksi per-jam dari alat; m³/jam, CuYd/jam
- V = Kapasitas bucket; m³
- F_b = Faktor bucket
- F_a = Faktor efisiensi alat (ambil kondisi kerja paling baik; 0,83)
- F_v = Faktor konversi (kedalaman < 40%)
- T_s = Waktu siklus, $T_s = \sum_{n-1}^n T_n$; menit
- T₁ = Lama menggali, memuat, lain-lain (standar), maksimum 0,32; menit
- T₂ = lain-lain (standar), maksimum 0,10; menit
- 60 = perkalian 1 jam ke menit

Produktivitas dihitung dalam m³B/jam. CT adalah waktu siklus, S adalah faktor koreksi untuk kedalaman dan sudut putar dan BFF dapat dilihat dari tabel berikut ini :

Tabel 3.2 Waktu Siklus *Backhoe Beroda Crawler* (menit)

Jenis Materi	Ukuran Alat		
	0,76 m3	0,94 - 1,72 m3	> 1,72 m3
Kerikil, pasir, tanah organik	0,24	0,30	0,40
Tanah, lem punglunak	0,30	0,375	0,50
Batuan, lempung keras	0,375	0,462	0,60

Sumber : Construction Methods and Managements, 1998

Tabel 3.3 Faktor Koreksi (S) Kedalaman dan Sudut Putar

Kedalaman Penggalan (% dari Maksimal)	Sudut Putar (°)					
	45	60	75	90	120	180
30	1,33	1,26	1,21	1,15	1,08	0,95
50	1,28	1,21	1,16	1,1	1,03	0,91
70	1,16	1,1	1,05	1	0,94	0,83
90	1,04	1	0,95	0,9	0,85	0,75

Sumber : Construction Methods and Managements, 1998

Tabel 3.4 Faktor Koreksi (BFF) Alat Berat

Material	BFF (%)
Tanah dan tanah organik	80 - 110
Pasir dan Kerikil	90 - 100
Lempung keras	65 - 95
Lempung basah	50 - 90
Batuan dengan peledakan buruk	40 - 70
Batuan dengan peledakan baik	70 - 90

Sumber : Construction Methods and Managements, 1998

3.4.2 Perhitungan Produksi *Dumptruck*

Produksi per jam total dari beberapa *dumptruck* yang mengerjakan pekerjaan yang sama secara simultan dapat dihitung dengan rumus berikut (Rochmanhadi, 1984):

$$Q = \frac{V \times 60 \times F_a}{D \times T_s} \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana : Q = Produksi per jam, gembur; m^3 /jam

V = Kapasitas bak; ton

F_a = Faktor Efisiensi Alat

F_k = Faktor Pengembangan Bahan

D = Berat is material, gembur; ton/ m^3

V_1 = Kecepatan rata-rata bermuatan, (15 – 25); km/jam

V_2 = Kecepatan rata-rata kosong, (25 – 35); km/jam

T_s = Waktu siklus, $T_s = \sum_{n=1}^n T_n$; menit

T_1 = Waktu muat, $T_1 = \frac{V \times 60}{D \times Q_{Excavator}}$; menit

$Q_{Excavator}$ = Kapasitas produksi excavator, bila kombinasi dengan alat

excavator

$$T_2 = \text{Waktu tempuh isi, } \left(\frac{L}{V_1} \right) \times 60; \text{ menit}$$

$$T_3 = \text{Waktu tempuh kosong, } \left(\frac{L}{V_2} \right) \times 60; \text{ menit}$$

$$T_4 = \text{Waktu lain-lain; menit}$$

$$60 = \text{Perkalian 1 jam ke menit}$$

Perhitungan waktu berangkat dan waktu kembali dilakukan dengan membagi panjang jarak lintasan dengan kecepatan rata-rata asumsi.

Tabel 3.5 Faktor Efisiensi Dumptruck

Kondisi Kerja	Efisiensi Kerja
Baik	0,83
Sedang	0,80
Kurang Baik	0,75
Buruk	0,70

Sumber : Lampiran PAHS No.008/Bm/ 2010.

Tabel 3.6 Kecepatan Dumptruck Sesuai Kondisi Lapangan

Kondisi Lapangan	Kondisi Beban	Kecepatan*
Datar	Isi	40 km/jam
	Kosong	60 km/jam
Menanjak	Isi	20 km/jam
	Kosong	40 km/jam
Menurun	Isi	20 km/jam
	Kosong	40 km/jam

*) Kecepatan tersebut adalah perkiraan umum. Besar kecepatan bisa berubah sesuai dengan medan, kondisi jalan, kondisi cuaca setempat, serta kondisi kendaraan.

Sumber : Lampiran PAHS No.008/Bm/ 2010

3.4.3 Perhitungan Produksi *Motor Grader*

Perhitungan produksi *motor grader* dapat dilihat dari kapasitas operasinya yang dapat dihitung dengan beberapa metode, antara lain :

- a. Perhitungan luas operasi per jam (m^2/jam)

$$Q_A = V \times (L_e - L_o) \times 1000 \times E \dots\dots\dots(3.7)$$

Dimana : Q_A = luas operasi per jam (m^2/jam)

V = kecepatan kerja (km/jam)

Le = panjang *blade* efektif (m)

Lo = lebar tumpang-tindih (*overlap*) (m)

E = efisiensi kerja

Grader biasanya kerja pada jalur-jalur panjang sehingga waktu yang diperlukan untuk pindah persennelling atau balik dapat diabaikan. Untuk kecepatan kerja dapat di sesuaikan dengan jenis proyek yang akan dikerjakan yang tersaji dalam Tabel 3.5 berikut:

Tabel 3.7 Kecepatan Kerja (V)

Jenis Proyek	Kecepatan Kerja (km/jam)
- Perbaikan jalan biasa	2 ÷ 6
- Pembuatan trens	1,6 ÷ 4
- Perapihan tebing	1,6 ÷ 2,6
- Penggusuran salju	7 ÷ 25
- Perataan medan	1,6 ÷ 4
- Lenelling	2 ÷ 8

Sumber : Rochmanhadi , 1985.

Sedangkan *blade* efektif (Le), lebar tumpang tindih (Lo) panjang efektif akan tergantung pada sudut kemiringannya sebab *blade* biasanya miring pada waktu memotong maupun meratakan. Lebar tumpang-tindih biasanya = 0,3 m.

Tabel 3.8 *Blade* efektif (Le) – Lebar tumpang-tindih (Lo)

Panjang <i>blade</i>	Sudut <i>blade</i>	2.200	3.100	3.710	4.010
Le – Lo	60°	1.600	23.900	2.910	3.170
	45°	1.260	1.890	2.320	2.540

Sumber : Rochmanhadi , 1985.

b. Perhitungan waktu untuk perapihan medan

$$T = \frac{N \times D}{V \times E} \dots\dots\dots (3.8)$$

Dimana : T = waktu kerja (jam)

N = jumlah trip

D = jarak kerja (km)

V = kecepatan kerja (km/jam)

E = efisiensi kerja

Jika grader bekerja pada suatu site dengan jalur-jalur leveling yang sejajar, maka jumlah trip (N) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$N = \frac{W}{Le - Lo} \times n \dots\dots\dots (3.9)$$

Dimana : W = lebar total untuk pekerjaan leveling (m)

Le = panjang *blade* efektif (m)

Lo = lebar tumpang-tindih (m)

n = jumlah rit yang diperlukan untuk mencapai permukaan yang dikehendaki.

3.4.4 Perhitungan Produksi Compactor

Perhitungan produktivitas *compactor* dapat dihitung dengan dua cara yakni dengan volume tanah yang akan dipadatkan atau dengan luas tanah yang akan dipadatkan.

a. Produksi dalam volume tanah yang dipadatkan

$$Q = \frac{W \times V \times H \times 1.000 \times E}{N} \dots\dots\dots (3.10)$$

Dimana : Q = Produksi per jam volume tanah yang dipadatkan (m^3 /jam).

V = Kecepatan operasi (km/jam).

W = Lebar pemadatan efektif tiap pass (m).

H = Tebal pemadatan untuk satu lapis (m).

N = jumlah pemadatan (jumlah pass oleh *compactor*).

E = efisiensi kerja dari pas-pas yang dilalui.

Kecepatan operasi pada umumnya menggunakan harga-harga dalam tabel berikut.

Tabel 3.9 Kecepatan Operasi (V)

Mesin	Kecepatan Operasi (km/jam)
Mesin gilas (roda besi)	Sekitar 2,0
Mesin gilas (roda ban)	Sekitar 2,5
Mesin gilas – getar	Sekitar 1,5
<i>Compactor</i> tanah	4-10
Tamper	Sekitar 1,0

Sumber : Rochmanhadi, 1985.

Sedangkan lebar pemadatan efektif, jumlah pass untuk pemadatan dan efisiensi kerja menggunakan harga-harga yang umumnya dipakai dalam tabel berikut :

Tabel 3.10 Lebar Pemadatan Efektif (W)

Tipe Peralatan	Pemadatan Efektif (m)
Tipe gilas macadam	Lebar roda-gerak = 0,2
Mesin gilas tandem	Lebar roda-gerak = 0,2
<i>Compactor</i> tanah	Lebar roda gerak $\times 2 = 0,2$
Mesin gilas roda ban	Jarak antara bagian paling luar dari ban-ban paling luar = 0,3
Mesin gilas-getar yang besar	Lebar roller = 0,2
Mesin gilas-getar yang kecil	Lebar roller = 0,1
Bulldozer	Lebar trackshoe $\times 2 = 0,3$

Sumber : Rochmanhadi , 1985.

Tabel 3.11 Jumlah Pass untuk Pemadatan (N)

Mesin	Pass Pemadatan
Mesin gilas roda ban	3 – 5
Mesin gilas roda besi	4 – 8
Mesin gilas-getar	4 – 8
<i>Compactor</i> tanah	4 – 10

Sumber : Rochmanhadi , 1985.

- b. Produksi dalam satuan luas tanah yang dipadatkan

$$Q_A = \frac{W \times V \times H \times 1.000 \times E}{N} \dots\dots\dots (3.11)$$

Dimana : Q_A = luas per jam volume tanah yang dipadatkan (m^2 /jam).

V = Kecepatan operasi (km/jam).

W = Lebar pemadatan efektif tiap pass (m).

H = Tebal pemadatan untuk satu lapis (m).

N = jumlah pemadatan (jumlah pass oleh *compactor*).

E = efisiensi kerja dari pas-pas yang dilalui.

3.5 Perkiraan Total Biaya Proyek

Diperlukan sejumlah besar biaya atau modal sebelum pembangunan proyek selesai dan siap dioperasikan, yang dikelompokkan menjadi modal tetap (*fixed capital*) dan modal kerja (*working capital*). Dengan kata lain biaya proyek adalah gabungan modal tetap ditambahkan dengan modal kerja (Soeharto, 1995).

Modal tetap adalah bagian dari biaya proyek yang dipakai untuk membangun instalasi atau menghasilkan produk proyek yang diinginkan, mulai dari pengeluaran studi kelayakan, desain engineering, pengadaan, pabrikasi, konstruksi sampai instalasi atau sampai produk tersebut berfungsi penuh. Selanjutnya modal tetap dibagi menjadi biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*).

- a. Biaya Langsung
- b. Biaya Tidak Langsung

Soeharto (1995:141) menjelaskan bahwa teknik menyusun perkiraan biaya dengan metode *quantity take-off* yaitu membuat perkiraan biaya dengan mengukur kuantitas komponen proyek dari gambar, spesifikasi dan perencanaan. Prosedur yang ditempuh sebagai berikut :

- a. Klasifikasi komponen pekerjaan;
- b. Deskripsi dari butir-butir komponen pekerjaan;
- c. Dimensi dari butir-butir pekerjaan;

- d. Memberi beban jam-orang;
- e. Memberi beban biaya.

Lebih lanjut Soeharto (1995:141) menjelaskan metode harga satuan, dimana biaya diperkirakan berdasarkan harga satuan yang dilakukan bilamana angka yang menunjukkan volume total pekerjaan belum dapat ditentukan dengan pasti tetapi biaya per unitnya (per meter persegi atau per meter kubik) telah dapat dihitung. Selanjutnya mempersiapkan paket kerja dan memberikan beban biaya pada tiap-tiap paket kerja tersebut sehingga dapat dilaksanakan.

3.6 Analisa Dan Pembahasan

Analisa dan pembahasan dilakukan terhadap data hasil pengujian laboratorium yang dilakukan oleh Putra (2014) berdasarkan spesifikasi agregat kelas B. Kemudian menganalisa biaya total produksi pencampuran, penghamparan dan pemadatan agregat kelas B sebagai lapis pondasi bawah (*sub-base coarse*) dimana komponen biaya produksi terdiri atas dua komponen yang meliputi :

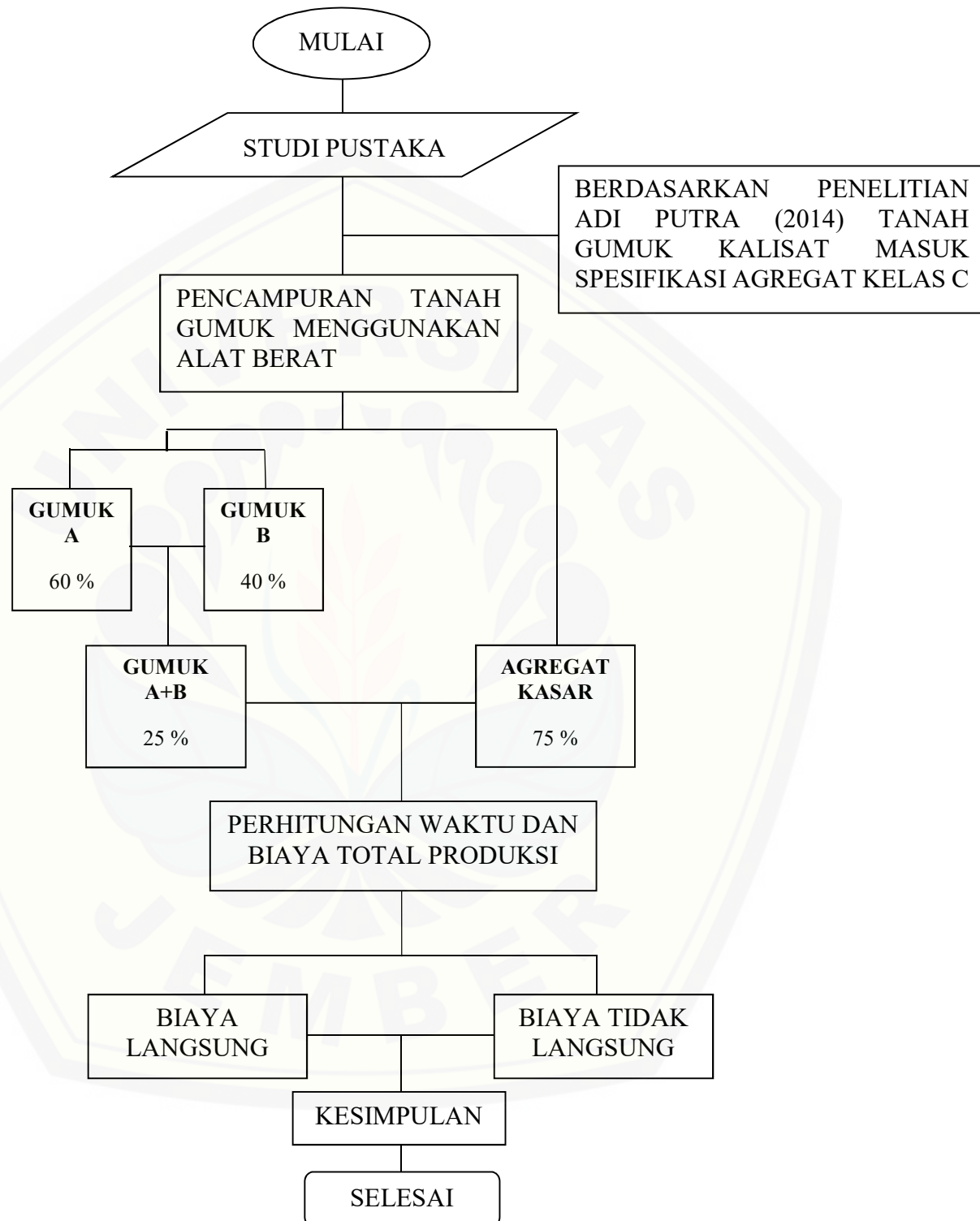
- a. Biaya Langsung ; komponen harga satuan pekerjaan yang terdiri atas biaya upah pekerja, biaya bahan dan biaya alat (KemenPU, 2013).
- b. Biaya Tak Langsung ; komponen harga satuan pekerjaan yang terdiri atas biaya umum (*overhead*) dan keuntungan (*profit*), yang besarnya disesuaikan dengan ketentuan yang berlaku (KemenPU, 2013).

Selanjutnya hasil perhitungan biaya produksi pencampuran tanah gumpuk dijelaskan dalam bentuk tabel serta dianalisa untuk diambil kesimpulan.

3.7 Kesimpulan

Kesimpulan diambil dari hasil analisa dan pembahasan terhadap data laboratorium dan data perhitungan. Dalam penelitian ini kesimpulan harus dapat menyebutkan berapa kisaran biaya langsung berupa biaya operasional alat berat termasuk biaya untuk operator alat berat, biaya mobilisasi dan demobilisasi alat, biaya pencampuran material hingga pemadatan material di lokasi proyek. Juga kisaran biaya tidak langsung berupa biaya *overhead* dan keuntungan.

3.8 Alur Penelitian



Gambar 3.2 Alur Penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan yaitu :

- a. Biaya untuk masing-masing satuan pekerjaan :
 - Biaya total pekerjaan galian adalah Rp 9.915.982,47.
 - Biaya total pekerjaan pencampuran agregat adalah Rp 386.202.025,75.
 - Biaya total pekerjaan penghamparan dan pemadatan agregat kelas B adalah Rp 593.503.940,98
- b. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan rangkaian pekerjaan lapis pondasi agregat kelas B sebagai bahan lapis pondasi bawah (*Sub-Base Coarse*) adalah 89,83 jam (3,74 hari)
- c. Biaya total produksi pekerjaan lapis pondasi agregat kelas B sebagai bahan lapis pondasi bawah (*Sub-Base Coarse*) adalah Rp 1.088.585.000

5.2 Saran

Beberapa saran terkait hasil penelitian tentang hasil perhitungan biaya produksi untuk bahan lapis pondasi bawah (*Sub-Base Coarse*) menggunakan tanah gumuk Kecamatan Kalisat Kabupaten Jember adalah :

1. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap hasil campuran tanah gumuk yang sudah ditambahkan agregat kasar. Terutama hasil uji laboratorium tentang validitas hasil campuran tanah gumuk tersebut.
2. Direkomendasikan untuk penelitian selanjutnya agar mencari sumber quarry dari kota yang berbeda.
3. Sangat tidak direkomendasikan untuk mengeksploitasi sumber daya alam secara tidak bijak terlebih lagi hanya untuk kebutuhan komersial saja, contohnya gumuk.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Perencanaan Pembangunan. 2005. *Laporan Akhir Survey dan Inventaris Potensi Gumuk Kabupaten Jember*. Jember : BPP.

Badan Pusat Statistik Kabupaten Jember. 2013. *Jember Dalam Angka 2015*. Jember : Badan Pusat Statistik.

Hardiyatmo, H. C. 1999. *Mekanika Tanah I*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Umum.

Hardiyatmo, H.C. 2002. *Mekanika Tanah I Edisi 3*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Umum.

Kholil, Ahmad. 2012. *Alat Berat*. Bandung : PT REMAJA ROSDYAKARYA.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013. 2013. *Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*. Jakarta : Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia.

Peurifoy, Robert L. Schexnayder, Clifford J., dan Shapira, Aviad. 2006. *Construction Planning, Equipment, and Methods 7th edition*. New York :The McGraw-Hill Companies, Inc.

Rochmanhadi. 1984. *Perhitungan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan Dengan Menggunakan Alat-Alat Berat*. Semarang: Badan Penerbit Pekerjaan Umum.

Rostiyanti, Susi Fatena. 2008. *Alat Berat Untuk Proyek Kontruksi Edisi 2*. Jakarta: Rineka Cipta.

Sukirman, Silvia. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung : NOVA.

Suprpto. 2004. *Bahan dan Struktur Jalan Raya*. Yogyakarta : KMTS FT UGM.

Sutjipto, M. dan Soetriman. 1979. *Konstruksi Jalan Raya dan Jalan Baja I*. Jakarta : Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Soeharto, Iman. 1995. *Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional*.

Jakarta : Erlangga.

Tenriajeng, Andi T. 2003. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Jakarta: Gunadarma.

Wilopo, Djoko. 2009. *Metode Konstruksi Dan Alat-Alat Berat*. Jakarta: Universitas

Indonesia Press.

Wesley, L.D. 1977. *Mekanika Tanah*. Jakarta : Badan Penerbit Pekerjaan Umum.



LAMPIRAN