

Jurnal APLIKASI

Terbit 2 (dua) kali setahun Pebruari dan Agustus.
Memuat artikel ilmiah hasil riset (non populer) dan
artikel ilmiah populer bidang rekayasa sipil

Pelindung
Rektor ITS

Penasehat
Dekan FTSP ITS

Penanggung Jawab
Koordinator Program Diploma Teknik Sipil
FTSP ITS

DEWAN REDAKSI
Pimpinan Redaksi
Ir. Djoko Sulistiono

Anggota
Machsus, ST. MT.
Muntoha, ST. MT.
Moh. Khoiri, ST. MT.
Amalia, ST.
Tatas, ST.

Reviewer
DR. Ir. Indarto (ITS)
DR. Ir. Piter LF Bentura, CES. DEA. (ITS)
Ir. Sigit Dharmawan, M.Eng.Sc. PhD. (ITS)
Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng. PhD. (ITS)
Ir. Widjonarko R. MSc.(CS). (ITS)
Ir. Jul Endawati, MT. (Polban)

Pelaksana Tata Usaha
Syarif - Aspai - Suharna

Alamat Redaksi
Program Diploma Teknik Sipil ITS
Kampus ITS Manyar, Jalan Menur 127 Surabaya
Telp. 031-5947637; Fax. 031-5938025
e-mail: aplikasi@ce.its.ac.id

Diterbitkan oleh
Program Diploma Teknik Sipil FTSP ITS

Redaksi menerima **sumbangan artikel** yang belum pernah
diterbitkan pada media lain. Naskah diketik mengikuti Informasi
dan Panduan Penulisan Naskah untuk Jurnal APLIKASI,
seperti yang tercantum pada bagian belakang dalam cover
belakang Jurnal ini.

Informasi & Panduan Penulisan Naskah Untuk Jurnal APLIKASI (font: Trebuchet MS 12 pt, bold)

Nama Penulis (font: Trebuchet MS 10 pt, bold)
Afiliasi penulis (font: Trebuchet MS 10 pt)
Email: *email@address.com (font: Trebuchet MS 10 pt, italic)*

ABSTRAK (Trebuchet MS 12 pt. Bold)

Pada bagian ini, kami akan memaparkan tentang informasi & panduan
penulisan naskah atau artikel ilmiah yang disyaratkan untuk bisa
dipublikasikan di Jurnal APLIKASI.

Kata kunci: *Informasi, Panduan, Publikasi*

1. PENDAHULUAN

Jurnal APLIKASI (Jurnal Aplikasi Teknik Sipil)
yang diterbitkan oleh Program Studi
Diploma Teknik Sipil FTSP ITS. Jurnal
APLIKASI menyajikan tulisan atau artikel
ilmiah yang bersifat non-populer maupun
ilmiah populer dalam bidang rekayasa sipil.

Untuk itu, **redaksi mengundang** para
praktisi, akademisi dan Peneliti untuk
menyampaikan makalah atau artikel yang
belum pernah dan tidak akan dipublikasikan
di media lain. Setiap naskah yang diajukan
akan dikaji oleh para dewan redaksi (*team
reviewer*), sehingga artikel yang berkualitas
terbaik akan diterbitkan pada setiap edisi.

Kriteria penilaian meliputi: orisinalitas,
signifikansi, aktualitas dan tata tulis. Dewan
Redaksi berwenang untuk menerima atau
menolak naskah / artikel yang diajukan,
maupun meminta penulis memperbaikinya.
Apabila artikel dikirim kembali ke penulis
untuk diperbaiki, maka komentar/saran dari
team reviewer atau dewan redaksi perlu
ditampung dalam artikel yang direvisi.
Disamping itu, penulis dapat memberikan
bantahan atas komentar/saran tersebut.

2. KATEGORI ARTIKEL

2.1. Artikel Non-populer

Artikel non-populer harus merupakan
ringkasan dari laporan hasil riset yang isinya
orisinil. Sistematikanya meliputi:
Pendahuluan; Metodologi; Hasil dan
Pembahasan; Kesimpulan dan Saran. Ditulis
dalam bahasa Indonesia / bahasa Inggris
dengan panjang tulisan maksimum tidak
lebih dari 8 halaman

2.2. Artikel Populer

Artikel populer harus berisi tentang ide-ide
atau gagasan baru dalam rangka
memperkaya wawasan dan khasanah
keilmuan dalam bidang rekayasa sipil, yang
dapat dikembangkan dan dimanfaatkan oleh
masyarakat luas. Ditulis dalam bahasa
Indonesia / bahasa Inggris dengan panjang
tulisan tidak lebih 4 halaman.

3. FORMAT

Artikel ditulis dengan Microsoft Word dengan
satu spasi dan tipe huruf yang digunakan
Trebuchet MS 10 pt. Ukuran halaman A4
dengan jarak margin atas & bawah 3,5;
margin kiri & kanan 3; header & footer 2,5.
Judul, abstrak, dan kata kunci ditulis dengan
format satu kolom, selanjutnya ditulis dalam
format dua kolom dengan jarak antar kolom
0,75.

4. PENGIRIMAN NASKAH

Naskah/artikel dikirim ke alamat:

Redaksi Jurnal APLIKASI
Program Diploma Teknik Sipil
Kampus ITS Manyar, Jl. Menur 127 Surabaya
Telp. 031-5947637; Fax. 031-
5938025
e-mail: aplikasi@ce.its.ac.id

Penulis yang artikelnya yang dimuat akan
menerima 1 (satu) eksemplar jurnal
APLIKASI. Artikel yang tidak dimuat tidak
dikembalikan kecuali atas permintaan
penulis.

5. DAFTAR ACUAN

Daftar acuan disusun kebawah menurut
abjad nama akhir penulis pertama dan tahun
terbit

Pengantar Redaksi

Jurnal APLIKASI

Vol.3, No.1, Agustus 2007

Pada penerbitan edisi ketiga ini, Jurnal Aplikasi menyajikan 5 (lima) topik artikel ilmiah yang terkait dengan bidang rekayasa sipil.

Redaksi mengucapkan terima kasih dan selamat kepada para penulis yang telah memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan ilmu dan teknologi di bidang rekayasa sipil. Redaksi juga mengucapkan banyak terima kasih kepada para pakar (*team reviewer*) yang telah meluangkan waktunya untuk menilai naskah/ artikel yang dimuat pada edisi ini.

Pada kesempatan ini, redaksi kembali mengundang pada praktisi, akademisi dan peneliti pada bidang rekayasa sipil untuk mempublikasikan hasil penelitiannya maupun ide-ide atau gagasan baru yang orisinil. Redaksi juga memberikan kesempatan untuk berlangganan bagi para pembaca yang berminat.

Akhirnya redaksi hanya bisa berharap semoga artikel-artikel ilmiah yang termuat dalam jurnal ini dapat memberikan inspirasi bagi para pembaca untuk berperan aktif dalam rangka pengembangan ilmu dan teknologi terutama di bidang rekayasa sipil. *InsyAllah!*

Redaksi
Jurnal APLIKASI

Halaman ini sengaja dikosongkan

Daftar Isi

Jurnal APLIKASI

Vol.3, No.1, Agustus 2007

Kajian Penanggulangan Banjir di Wilayah Pematuan Surabaya Barat

Ismail Saud
Hal. 1-10

Kajian Tanah Ekspansif, Jalan Akses Jembatan Suramadu Sisi Madura

Chomaedhi, M. Khoiri & Machsus
Hal. 11-15

Penambahan Gilsonite Resin Pada Aspal Prima 55 untuk Meningkatkan Kualitas Perkerasan Hot Mix

Rachmad Basuki & Machsus
Hal. 16-27

Identifikasi Potensi Sumber Daya Air di Kabupaten Pasuruan

Sukobar
Hal. 28-33

Perbandingan Biaya Struktur Akibat Alternatif Pondasi dengan Meninjau Interaksi Struktur-Tanah Dasar Studi Kasus Gedung A Teknik Sipil FTSP ITS

Mohamad Khoiri
Hal. 34-41

Halaman ini sengaja dikosongkan

Kajian Penanggulangan Banjir di Wilayah Pematuan Surabaya Barat

Ismail Saud

Dosen D3 Teknik Sipil FTSP-ITS

email: ismail@ce.its.ac.id

ABSTRAK

Pada paper ini akan dipaparkan tentang kajian penyelesaian banjir di wilayah pematuan Surabaya Barat. Metodologi yang digunakan dalam studi ini, meliputi : melakukan survey dan indentifikasi; mengkaji sistem drainase Surabaya Barat; melakukan analisa hidrologi; membuat analisa untuk pengembangan solusi alternatif dan merumuskan kesimpulan terhadap hasil studi. Faktor penyebab banjir di kawasan Surabaya Barat, diantaranya curah hujan yang tinggi, pasang air laut dan kemampuan alir sungai/saluran rendah serta adanya hambatan-hambatan aliran pada saluran. Rencana tata guna lahan dimasa yang akan datang memiliki kecenderungan meningkatnya aliran permukaan. Daerah aliran sungai (DAS) bagian hulu telah berkembang sebagai kawasan terbangun sehingga tidak tersedia lahan cukup luas yang dapat digunakan sebagai retention basin yang dapat mengurangi debit banjir yang mengalir ke sungai. Perlunya dilakukan pengurangan debit aliran yang mengalir ke Saluran Gunungsari dengan cara membagi debit aliran dari saluran ke sungai terdekat yaitu Kali greges, Kali Balong, Kali Kandangan dan Kali Sememi. Normalisasi saluran direncanakan dengan memperbesar dimensi, peninggian tanggul maupun merubah kemiringan dasar saluran. Peninggian tanggul menyebabkan aliran air dari lahan di kanan atau kiri tanggul tidak dapat langsung mengalir ke sungai sehingga diperlukan side drain dan kolam penampungan sementara.

Kata kunci: *Hidroulis, Drainase, Banjir*

1. PENDAHULUAN

Permasalahan banjir kota Surabaya sampai saat ini belum dapat tertangani secara menyeluruh walaupun pemerintah kota Surabaya telah berupaya semaksimal mungkin untuk mengatasinya. Hal ini terjadi karena kondisi fasilitas drainase yang ada di kota ini semula merupakan fasilitas irigasi, dimana kedua fasilitas ini mempunyai tujuan karakter yang bertolak belakang. Dengan kondisi tersebut maka sudah tidak mungkin lagi beban drainase kota Surabaya ditambah oleh perkembangan perubahan lahan sampai kondisinya banar benar dapat berjalan sebagaimana yang diharapkan.

Sejalan dengan perkembangan perubahan lahan di wilayah Surabaya barat-utara dari lahan terbuka menjadi daerah perumahan, dari evaluasi tanah yang lebih rendah menjadi elevasi tanah yang lebih tinggi, dari daerah tampungan menjadi daerah limpasan air yang menuju saluran drainase, padahal disisi lain perkembangan peningkatan kapasitas drainase belum mampu mengimbangi perkembangan perubahan lahan tersebut karena terbatasnya anggaran yang tersedia.

Kawasan yang tergenang dari tahun ke tahun semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas saluran pematuan saat ini sudah tidak mampu lagi mengalirkan air limpasan yang semakin tahun semakin besar karena perubahan fungsi lahan. Kondisi seperti ini bertambah parah karena kesadaran masyarakat masih kurang untuk ikut bertanggung jawab terhadap keberadaan saluran pematuan.

Sebagian masyarakat masih menganggap bahwa saluran pematuan sebagai tempat buangan sampah, sebagian lagi memanfaatkan untuk kepentingan pribadi, dan sebagian lagi melakukan perubahan fungsi fasilitas drainase menjadi fasilitas pribadi, serta ada sebagian lagi yang bermaksud memperindah saluran tersebut tetapi justru mematikan fungsi saluran yang sebenarnya. Semua itu seakan tanggung jawab keberadaan saluran hanya dipundak pemerintah.

Dengan kondisi demikian, yang timbul saat ini adalah saling menyalahkan satu sama lain, pihak pemerintah menuding masyarakat yang mempunyai rasa memiliki, dilain pihak masyarakat menganggap pemerintah tidak mampu mengurus saluran,

dan menganggap industri pemukiman / pengembangan adalah salah satu pihak yang harus bertanggung jawab terhadap timbulnya banjir.

Jika kondisi seperti ini dibiarkan maka permasalahan banjir kota Surabaya khususnya di wilayah Surabaya barat-utara tidak akan pernah selesai. Berkaitan dengan hal tersebut diatas maka dibutuhkan suatu penyelesaian yang dapat diterima semua pihak tetapi secara teknis mampu mengatasi permasalahan banjir saat ini dan dimasa mendatang. Untuk itu dibutuhkan suatu "Studi Hidroulis Sub Sistem Drainase Surabaya barat".

Dalam studi ini akan dilakukan kajian tentang penyelesaian banjir di wilayah pemukiman Surabaya barat dengan mempertimbangkan kepentingan berbagai pihak.

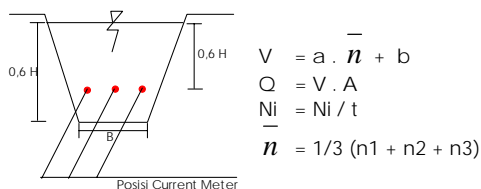
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penentuan Lokasi Pengukuran

Pada studi ini dilakukan pengukuran debit air sebanyak 30 titik dan pengukuran sedimen sebanyak 30 titik. Pengukuran debit dilakukan untuk mengetahui *Base Flow* di saluran-saluran yang ada di Surabaya Barat khususnya di sistem saluran Gunungsari. Sedangkan pengukuran sedimen yang dilakukan adalah pengukuran *Bed Load* dan *Suspended Load*.

2.2. Pengukuran Kecepatan Sungai

Pengukuran kecepatan aliran menggunakan *Current Meter* yang ditempatkan pada kedalaman 0,6 H dari permukaan air. Sedangkan pengambilan titik pengukuran pada tiap-tiap Cross Section saluran adalah 3 titik.



Dimana :

Q = Debit aliran (m^3/dt)

V = Kecepatan aliran (m/dt)

N_i = Jumlah putaran

T = Waktu (dt)

A, b = Koefisien alat *Current Meter*

2.3. Hidrologi

2.3.1. Curah Hujan Rerata Harian

a. Cara tinggi rata-rata

Tinggi rata-rata curah hujan didapat dengan mengambil nilai rata-rata hitung (*arithmetic mean*) pengukuran hujan di pos-pos penakar hujan didalam areal tersebut. Dan rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (Soemarto, 1995).

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n}$$

Dimana :

d = tinggi curah hujan rata-rata

d₁...d_n = tinggi curah hujan pada pos penakar
1,2 ... n

n = banyaknya pos penakar

Cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika pos-pos penakar ditempatkan secara merata di areal tersebut, dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos di seluruh areal

b. Cara poligon Thiessen

Cara ini dipakai jika letak stasiun pencatat hujan didaerah aliran sungai tersebut tidak merata. Rumus yang digunakan sebagai berikut (Suyono, 1985).

$$R = \frac{R_1 \cdot A_1 + R_2 \cdot A_2 + \dots + R_n \cdot A_n}{A}$$

$$R = W_1 \cdot R_1 + W_2 \cdot R_2 + \dots + W_n \cdot R_n$$

dimana :

R = Curah hujan harian rerata maksimum

R_n = Curah hujan pada stasiun penakar hujan (mm)

A_n = Luas daerah pengaruh stasiun penakar hujan (km²)

W₀ = Koefisien poligon (A_n / ΣA).

2.3.2. Curah Hujan Rancangan Maksimum

Pada studi ini, untuk menentukan curah hujan rancangan digunakan metode analisa frekuensi *Log Pearson Type III*, karena metode ini lebih fleksibel dan dapat dipakai untuk semua sebaran data, yang mana besarnya harga parameter statistiknya yaitu koefisien kepercengan (Cs) dan koefisien

kepuncakan (Ck), tidak memiliki batasan harga tertentu.

Distribusi Log Pearson Type III memperhitungkan tiga parameter statistiknya yaitu:

- (1). Harga rata-rata (*mean*)
- (2). Simpangan baku (*standart deviasi*)
- (3). Koefisien kepencengan (*skewness*)

Adapun tahapan untuk menghitung curah hujan rancangan dengan metode ini adalah sebagai berikut : (Soemarto, 1987).

- (1). Data rerata hujan harian maksimum tahunan sebanyak n buah diubah dalam bentuk logaritma (Log X).

- (2). Dihitung harga logaritma rata-rata

$$\overline{\text{LogXi}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{LogXi}$$

- (3). Dihitung harga simpangan baku

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{LogXi} - \overline{\text{LogX}})^2}{n - 1}}$$

- (4). Hitung koefisien kepencengan dengan rumus :

$$Cs = n \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (\text{LogXi} - \overline{\text{LogX}})^3}{(n - 1) \cdot (n - 2) \cdot S^3}$$

- (5). Hitung logaritma curah hujan rancangan periode ulang tertentu :

$$\text{LogXt} = \overline{\text{LogX}} + G \cdot Sd$$

Dengan ;

- Xi = curah hujan rancangan
 - Log X = rata - rata logaritma dari hujan maksimum tahunan
 - Sd = simpangan baku
 - G = konstanta (dari tabel)
- Dengan harga G diperoleh berdasarkan harga Cs dan tingkat probabilitasnya.

- (6). Curah hujan rancangan dengan periode ulang tertentu adalah antilog Xt.

2.3.3. Uji Kesesuaian Distribusi

Untuk mengetahui apakah suatu data sesuai dengan jenis sebaran teoritis yang dipilih, maka setelah penggambarannya pada kertas probabilitas perlu dilakukan pengujian lebih lanjut. Pengujian ini biasanya dengan uji kesesuaian (*testing of goodness of fit*) yang dilakukan dengan dua cara yaitu Uji Smirnov Kolmogorof dan Uji Chi Kuadrat (Shahin,

1976). Plotting data dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

- (a). Data curah hujan maksimum harian rata-rata tiap tahun disusun dari kecil ke besar.
- (b). Hitung probabilitasnya dengan menggunakan rumus Weibull (Subarkah, 1980) :

$$P = \frac{m}{n + 1} \cdot x100$$

Dengan ;

- P = probabilitas (%)
- m = nomor urut dari data seri yang telah diurutkan
- n = banyaknya data

- (c). Plotting data hujan (Xi) dengan probabilitas (P).
- (d). Tarik garis durasi dengan mengambil titik-titik.

2.3.4. Perhitungan Intensitas Hujan

Hal terpenting dalam pembuatan rancangan dan rencana adalah distribusi curah hujan. Distribusi curah hujan adalah berbeda-beda sesuai dengan jangka waktu yang ditinjau yakni curah hujan tahunan (jumlah curah hujan dalam setahun), curah hujan bulanan (jumlah curah hujan dalam sebulan), curah hujan harian (jumlah curah hujan dalam 24 jam). Harga-harga yang diperoleh ini dapat digunakan untuk menentukan prospek dikemudian hari dan akhirnya digunakan untuk perencanaan sesuai dengan tujuan yang dimaksud.

Dalam pembahasan data hujan ada 5 buah unsur yang harus ditinjau, yaitu :

- a. Intensitas i, adalah laju hujan = tinggi air persatuan waktu misalnya, mm/menit, mm/jam, mm/hari.
- b. Lama waktu (*duration*) t, adalah lamanya curah hujan (durasi) dalam menit atau jam.
- c. Tinggi hujan d, adalah jumlah atau banyaknya hujan yang dinyatakan dalam ketebalan air di atas permukaan datar, dalam mm
- d. Frekuensi, adalah frekuensi kejadian, biasanya dinyatakan dengan waktu ulang (*return periode*) T, misalnya sekali dalam T (tahun)
- e. Luas, adalah luas geografis curah hujan Untuk menghitung intensitas hujan digunakan rumus Dr. Isiguro (1953).

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^m$$

Dimana :

R_{24} = Curah hujan harian (24 jam)

t = waktu konsentrasi hujan (jam)

m = sesuai dengan angka Van Breen diambil
 $m = 2/3$

2.3.5. Waktu Konsentrasi

Asumsi bahwa banjir maksimum akan terjadi jika hujan berlangsung selama waktu konsentrasi atau melebihi waktu konsentrasi menyebabkan parameter waktu konsentrasi menjadi penting dikaji. Waktu konsentrasi didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan air hujan yang jatuh dititik terjauh dari suatu daerah aliran untuk mencapai titik tinjau (*outlet*).

Lama waktu konsentrasi bisa didapatkan melalui hasil pengamatan ataupun dengan suatu pendekatan rumus. Pendekatan rumus yang ada pada umumnya mengacu pada jarak dari tempat terjauh jatuhnya hujan sampai titik tinjau (L) dan selisih ketinggian antara titik terjauh tersebut dengan titik tinjau (H), ataupun juga kemiringan lahan yang ada. Untuk menghitung waktu konsentrasi dipakai persamaan sebagai berikut (anonymous, 1974)

$$tc = t1 + t2 \cdot \frac{0,0195}{60} \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,77}$$

Dengan ;

L = panjang sungai / saluran

$$t1 = \left[\frac{2}{3} \cdot 3,28 \cdot L \cdot \left(\frac{nd}{S_{0,5}} \right) \right]^{0,167}$$

S = kemiringan rerata sungai / saluran

$$t2 = \frac{L}{(60 \cdot V)}$$

Selain rumus diatas, ada juga rumus empiris yang umum dipakai untuk memprediksi waktu konsentrasi adalah rumus Kirpich yang dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut :

$$tc = \frac{L^{1,15}}{7700H^{0,385}} \quad \text{dalam satuan jam}$$

Kalau L dan H dinyatakan dalam meter dan tc dalam menit, maka rumus diatas menjadi sebagai berikut ;

$$tc = 0,0195 \left(\frac{L}{S} \right)^{0,77} \quad \text{dalam menit}$$

2.3.6. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran merupakan perbandingan antara jumlah air yang mengalir di suatu daerah akibat turunnya hujan, dengan jumlah hujan yang turun di daerah tersebut (Subarkah, 1980).

Koefisien pengaliran pada suatu daerah dipengaruhi oleh kondisi karakteristik (Sosrodarsono dan Takeda, 1976), yaitu :

- Kondisi hujan
- Luas dan bentuk daerah pengaliran
- Kemiringan daerah aliran dan kemiringan dasar sungai
- Daya infiltrasi dan perkolasi tanah
- Kebebasan tanah
- Suhu udara, angin dan evaporasi
- Tata guna lahan

Dalam perencanaan sistem drainase kota, jika tidak ditentukan harga koefisien pengaliran daerah dapat dipakai pendekatan besarnya angka pengaliran (C) ditetapkan (Subarkah 1980).

2.3.7. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit banjir yang digunakan sebagai dasar untuk merencanakan tingkat pengamanan bahaya banjir pada suatu kawasan dengan penerapan angka-angka kemungkinan terjadinya banjir terbesar. Banjir rencana ini secara teoritis hanya berlaku pada satu titik di suatu ruas sungai, sehingga pada sepanjang ruas sungai akan terdapat besaran banjir rencana yang berbeda.

Untuk memecahkan permasalahan tersebut diatas terdapat sebuah metode untuk mendapatkan hidrograf tanpa data yang dibutuhkan. Soil Conservation Service, U.S. Department Of Agriculture (USDA SCS) pada tahun 1972 telah mengembangkan metode tersebut. Metode ini menggunakan parameter daerah pematusan.

US SCS mengembangkan suatu formula dengan koefisien empiris yang berhubungan dengan elemen dari unit hidrograf yang menggambarkan karakteristik daerah aliran sungai. Unit hidrograf dibangun dengan elemen debit puncak Q_p (m^3/dt), T_p (jam) dan T_b (jam). Formula hidrograf satuan sintesis SCS dijelaskan sebagai berikut:

$$Q_p = \frac{q * A}{36 * T_p}$$

dimana :

Q_p = Debit puncak (m^3/dt)

Q = Hujan efektif (mm)

A = Luas daerah tangkapan hujan (km^2)

T_p = Waktu puncak (jam)

3. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan pada studi ini dibagi menjadi beberapa tahap, sebagai berikut:

1. Melakukan survey dan indentifikasi, yang mencakup : kondisi DAS, pengukuran penampang sungai, waduk lapangan dan potensi penampungan, penentuan lokasi pengukuran, pengukuran kecepatan.
2. Mengkaji sistem drainase Surabaya Barat, yang mencakup : tinjauan sistem drainase eksisting, perubahan tata guna lahan, operasi dan pemeliharaan saluran dan tinjauan unsur kelembagaan.
3. Melakukan analisa hidrologi, yang mencakup : analisa hujan harian maksimum rata-rata, pengujian data hujan, analisis hujan rancangan, tata guna lahan, dan perhitungan debit banjir rencana.
4. Membuat analisa untuk pengembangan solusi alternatif, yang mencakup: pemodelan hidroulik sistem drainase, penetapan skenario pemodelan, hasil pemodelan & analisa, serta dasain saluran.
5. Merumuskan kesimpulan hasil studi

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Hidrologi

4.1.1 Analisa Hujan Harian Maks Rata-rata

Hujan harian maksimum rata-rata dihitung dari data hujan yang diukur distasiun penakar hujan yang berpengaruh pada setiap daerah aliran sungai. Daerah aliran sungai tersebut adalah Das Kali Balong, Kali Kandangan, Kali Sememi dan Kali Greges.

Analisa hujan harian maksimum rata-rata dihitung dengan menghitung rata-rata hujan dari beberapa stasiun hujan pada hari yang sama selama satu tahun baik menggunakan rata-rata aritmetik maupun poligon Thiesen. Hasil rata-rata terbesar merupakan hujan harian maksimum untuk tahun tersebut.

Tabel 1. Hasil perhitungan hujan harian maksimum rata-rata

No	Nama DAS	Hujan Harian Maks Rata-Rata	
		Thiesen	Aritmatik
1	Kali Balong	114.22	112.80
2	Kali Kandangan	121.00	82.60
3	Kali Sememi	104.23	80.43
4	Kali Greges	108.43	100.00

Tabel diatas memperlihatkan bahwa hujan harian maksimum rata-rata tertinggi terjadi di DAS Kali Balong. Sedangkan, yang terendah terjadi pada DAS Kali Sememi,

4.1.2 Pengujian Data Hujan

Pengujian bertujuan untuk menetapkan apakah distribusi kemungkinan teoritis yang dipilih sesuai dengan distribusi kemungkinan dari data pengamatan. Untuk itu digunakan dua cara pengujian yang umum digunakan dalam analisa hidrologi, yaitu uji Smirnov Kolmogorov dan uji Chi Square.

Tabel 2. Hasil perhitungan uji Smirnov-Kolmogorav

No	Nama DAS	Δ_{max}	Diterima
1	Kali Balong	0.109063	OK
2	Kali Kandangan	0.143670	OK
3	Kali Sememi	0.124526	OK
4	Kali Greges	0.130390	OK

Tabel diatas memperlihatkan bahwa dengan jumlah data $n=15$ dan $\alpha=5\%$, maka diperoleh $\Delta_{cr} = 0.338 > \Delta_{max}$ sehingga dapat dinyatakan diterima.

Tabel 3. Hasil perhitungan uji Chi Kuadrat

No	Nama DAS	X^2_{hitung}	Diterima
1	Kali Balong	4.667	OK
2	Kali Kandangan	3.333	OK
3	Kali Sememi	4.667	OK
4	Kali Greges	4.667	OK

Tabel diatas memperlihatkan bahwa dengan jumlah $dk = 2$ dan derajat kepercayaan $\alpha = 5\%$, maka diperoleh $X^2_{kritis} = 5.99 > X^2_{hitung}$ sehingga dapat dinyatakan diterima.

4.1.3 Analisis Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan / rencana untuk periode ulang tertentu secara statistik dapat diperkirakan berdasarkan seri data curah hujan harian maksimum tahunan (*maximum annual series*) jangka panjang dengan

analisis distribusi frekuensi. Curah hujan rancangan/desain ini biasanya dihitung untuk periode ulang 2, 5, 10, dan 25 tahun

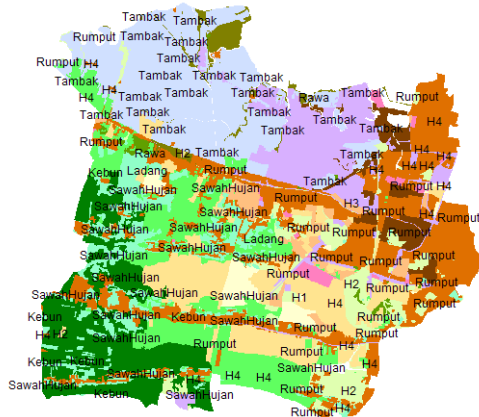
Tabel 4. Hasil perhitungan hujan rencana

No	Nama DAS	X (cm)			
		Periode Ulang (tahun)			
		P2	P5	P10	P25
1	Kali Balong	105	141	168	205
2	Kali Kandangan	108	149	182	231
3	Kali Sememi	94	129	156	196
4	Kali Greges	106	135	152	170

Tabel diatas memperlihatkan bahwa tinggi hujan rencana terjadi pada DAS Kali Kandangan. Sedangkan yang terendah terjadi pada Das Kali Greges.

4.1.4 Tata Guna Lahan

Tata guna lahan di wilayah Surabaya Barat dikelompokkan menjadi beberapa penggunaan seperti pada gambar berikut.



Gambar 1. Tata Guna Lahan Wilayah Surabaya Barat

4.2. Analisa untuk Pengembangan Solusi Alternatif

4.2.1 Permodelan Hidroulik pada Sistem Drainase

Model Matematis Sistem Gunungsari terdiri dari Saluran Gunungsari, Kali Balong, Kali Kandangan, Kali Sememi dan Kali Greges serta anak-anak sungai yang ada. Pada permodelan ini saluran/sungai yang bermuara langsung ke laut dianggap sebagai saluran utama sedangkan saluran Gunungsari tidak dianggap sebagai saluran primer namun sebagai saluran sekunder (saluran Kolektor) yang bermuara di sungai Balong,

Sememi, Kandangan atau saluran lain yang bermuara ke laut.

Inflow dari model adalah hidrograf/debit banjir rencana dari sub DAS - sub DAS sedangkan kondisi batas hilir permodelan adalah elevasi permukaan air laut (Selat Madura)

4.2.2 Penetapan Skenario Permodelan

Skenario permodelan yang dilakukan terdiri dari :

1. Permodelan saluran drainase kondisi eksisting dengan penggunaan lahan di DAS pada kondisi eksisting. Permodelan ini bertujuan untuk mengetahui kondisi aliran air pada saluran dengan kondisi saat ini bila mengalir debit banjir rencana. Dari permodelan ini diharapkan dapat diketahui apakah saluran drainase masih memiliki daya alir yang cukup atau dengan kata lain dapat diketahui dipenampang saluran mana saja yang terjadi luapan air banjir.
2. Permodelan saluran drainase kondisi eksisting dengan penggunaan lahan di DAS pada kondisi yang akan datang. Permodelan ini dilakukan bilamana saluran kondisi eksisting masih mampu mengalirkan debit banjir rencana dengan kondisi tata guna lahan saat ini dan perlu ditinjau apakah masih mampu mengalirkan debit banjir rencana dengan tata guna lahan rencana dimasa yang akan datang tanpa menimbulkan luapan banjir. Bila hasil analisa skenario pertama dihasilkan saluran sudah tidak mampu mengalirkan debit banjir rencana untuk tata guna lahan saat ini maka tidak perlu dilakukan skenario kedua, sebab ada kecenderungan bahwa dimasa yang akan datang limpasan permukaan akan meningkat dibanding saat ini akibat terjadinya perubahan tata guna lahan.
3. Permodelan saluran drainase alternatif solusi dengan penggunaan lahan di DAS pada kondisi eksisting. Permodelan ini dilakukan untuk mengetahui bilamana alternatif solusi ini di lakukan pengaruhnya terhadap profil permukaan air akibat mengalir debit banjir rencana.
4. Permodelan saluran drainase alternatif solusi dengan penggunaan lahan di DAS pada kondisi yang akan datang. Permodelan ini dilakukan untuk

menganalisa setiap alternatif solusi terhadap kemampuan saluran mengalirkan debit banjir rencana dalam arti tidak terjadi peluapan debit banjir dari saluran ke lahan. Hasil permodelan ini akan dijadikan dasar untuk perencanaan penanggulangan banjir.

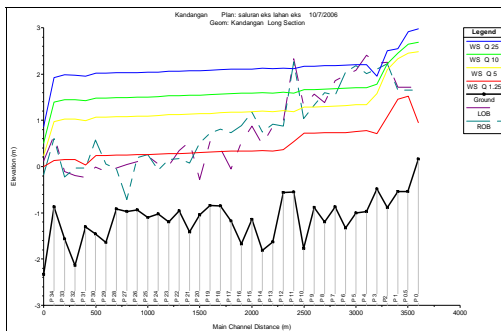
- Permodelan untuk melihat pengaruh aliran balik terhadap debit banjir. Permodelan ini dilakukan dengan melakukan simulasi pada saat air surut terendah, mean sea level dan permukaan air laut pasang tertinggi.

4.2.3 Hasil Permodelan dan Analisa

Pada bagian ini hanya disajikan contoh hasil permodelan dan analisa untuk Kali Kandangan saja.

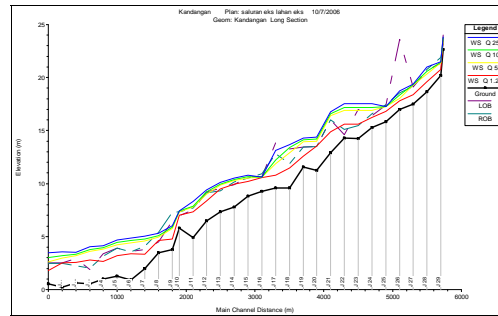
A. Skenario saluran eksisting dengan tata guna lahan eksisting

Kali Kandangan terdiri dari Saluran primer Kandangan, Saluran Larangan dan saluran Gunungsari.



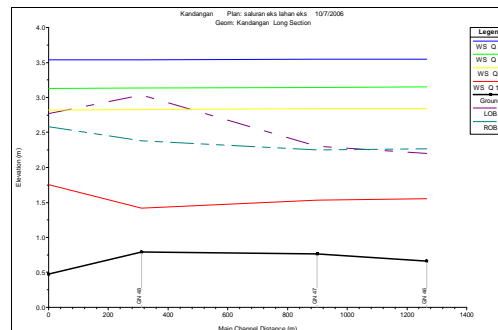
Gambar 2. Profil muka air Kali Kandangan kondisi eksisting dengan tata guna lahan eksisting

Profil permukaan air Kali Kandangan sangat di pengaruhi oleh aliran balik pasang air laut. Beberapa penampang sungai memiliki elevasi tebing lebih rendah dari pasang air laut sehingga walaupun debit aliran air hujan kecil (Q1.25) elevasi permukaan air lebih tinggi dari elevasi tebing. Bila debit aliran besar maka elevasi permukaan air menjadi lebih tinggi karena bertemu dengan pasang air laut. Aliran balik di Kali kandangan mempengaruhi elevasi permukaan air saluran-saluran di hulu.



Gambar 3. Profil muka air Kali Larangan kondisi eksisting dengan tata guna lahan eksisting

Elevasi permukaan air Kali Larangan dipengaruhi oleh elevasi permukaan air Kali Kandangan. Penampang sungai eksisting sebagian besar masih mampu mengalirkan debit banjir periode 1.25 tahunan. Namun pada beberapa penampang dihilir dan hulu terutama yang memiliki tebing rendah terjadi luapan baik untuk debit 1.25 tahun, 5 tahun, 10 tahun dan 25 tahunan. Air mengalir dari Kali Larangan dan saluran Gunungsari ke Kali kandangan melalui pelimpah dan pintu air. Keberadaan pelimpah di sungai menyebabkan kenaikan permukaan air dan bila pintu air terlambat dibuka maka akan menyebabkan kenaikan permukaan air di saluran Gunungsari dan Kali Larangan.



Gambar 4. Profil muka air Saluran Gunungsari kondisi eksisting dengan tata guna lahan eksisting

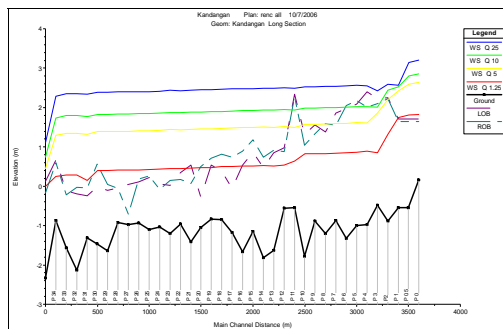
Gambar 4 adalah profil permukaan air Saluran Gunungsari. Pada permodelan ini saluran Gunungsari hanya menerima debit dari saluran Kandangan Gunung 1 dan Saluran Manukan Lor. Penampang saluran Gunungsari cukup besar untuk mengalirkan debit dari saluran-saluran tersebut. Namun profil permukaan air di saluran Gunungsari lebih ditentukan oleh aliran balik dari Kali Kandangan sehingga pada debit lebih dari 5

tahunan elevasi permukaan air lebih tinggi dari elevasi tebing/tanggul saluran.

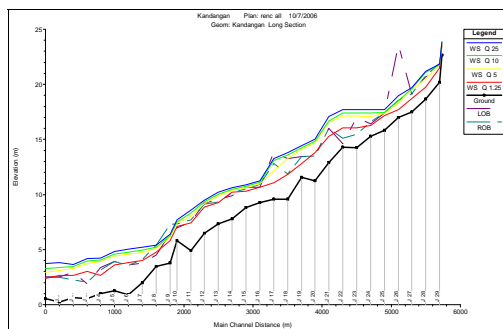
B. Skenario saluran eksisting dengan tata guna lahan rencana

Pada skenario ini dilakukan simulasi untuk melihat kondisi profil permukaan air sungai/saluran saat ini bila mengalir debit banjir dari daerah aliran yang telah berubah tata guna lahannya seperti rencana perkiraan perubahan tata guna lahan yang akan datang. Simulasi ini untuk melihat pengaruh bila tidak dilakukannya perbaikan saluran dimasa mendatang.

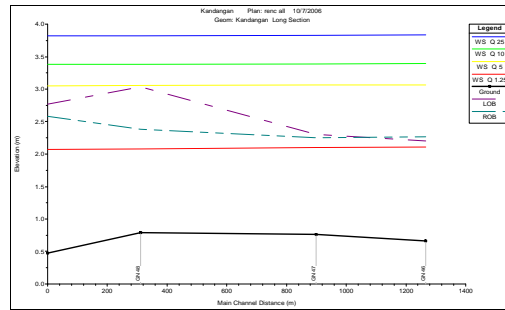
Hasil simulasi menunjukkan bahwa elevasi permukaan air lebih tinggi dari kondisi skenario pertama yang telah disajikan diatas. Hal ini disebabkan bahwa rencana tata guna lahan akan datang memiliki kecenderungan meningkatnya lahan tidak serap air sehingga limpasan permukaan meningkat. Dengan debit limpasan permukaan meningkat sedangkan kondisi saluran tidak berubah menyebabkan terjadinya kenaikan permukaan air di sungai atau saluran.



Gambar 5. Profil muka air Kali Kandangan kondisi eksisting dengan tata guna lahan rencana



Gambar 6. Profil muka air Kali Larangan kondisi eksisting dengan tata guna lahan rencana

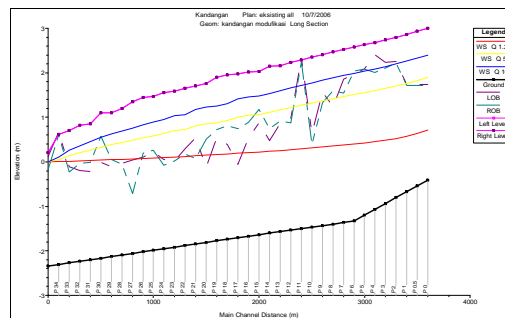


Gambar 7. Profil muka air Saluran Gunungsari kondisi eksisting dengan tata guna lahan rencana

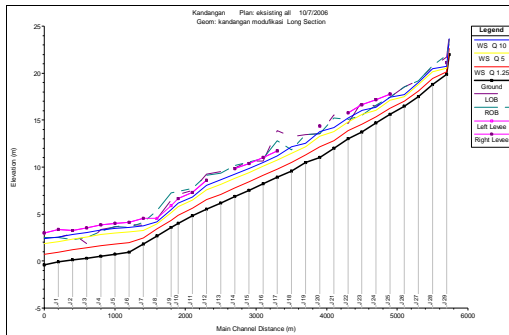
C. Skenario saluran rencana dengan tata guna lahan eksisting

Pada skenario ini dilakukan simulasi pada saluran rencana (normalisasi) dengan inflow debit yang berasal dari daerah alirannya dengan kondisi tata guna lahan eksisting. Normalisasi dilakukan dengan melebarkan saluran, merubah dasar saluran maupun hanya menggali endapan sedimen yang ada dalam saluran.

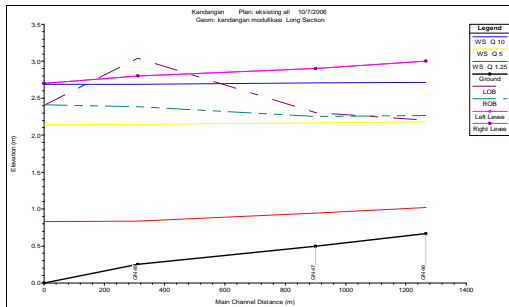
Pada Gambar dibawah ini di sajikan profil permukaan air pada saluran dimana garis berwarna merah adalah profil permukaan air debit aliran periode ulang 1.25 tahunan, garis warna kuning adalah profil permukaan air debit banjir rencana 5 tahunan, garis berwarna hijau adalah profil permukaan air debit banjir rencana 10 tahunan dan garis berwarna biru adalah profil permukaan air untuk debit banjir rencana 25 tahunan. Garis berwarna ungu adalah profil permukaan tanggul rencana, garis putus-putus berwarna biru muda dan coklat adalah profil tebing saluran yang ada dan garis tebal berwarna hitam adalah profil dasar saluran rencana.



Gambar 8. Profil muka air Kali Kandangan kondisi rencana dengan tata guna lahan eksisting



Gambar 9. Profil muka air Kali Larangan kondisi rencana dengan tata guna lahan eksisting



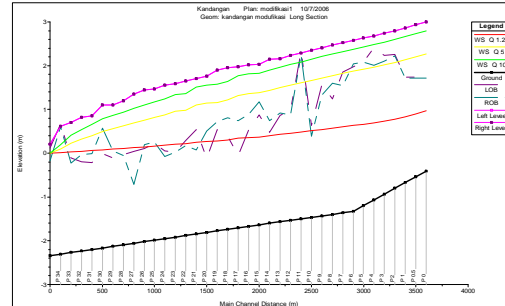
Gambar 10. Profil muka air Saluran Gunungsari kondisi rencana dengan tata guna lahan eksisting

D. Skenario saluran rencana dengan tata guna lahan rencana

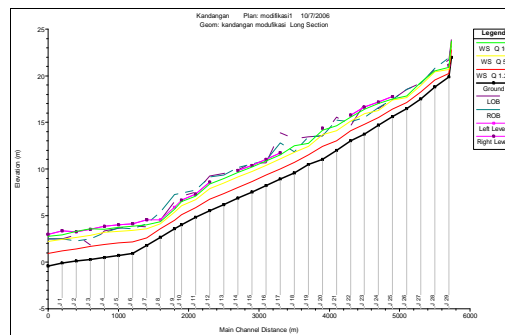
Pada skenario ini dilakukan simulasi pada saluran rencana (normalisasi) dengan inflow debit yang berasal dari daerah alirannya dengan kondisi tata guna lahan rencana yang akan datang. Normalisasi dilakukan dengan melbarkan saluran, merubah dasar saluran maupun hanya menggali endapan sedimen yang ada dalam saluran.

Pada Gambar dibawah ini di sajian profil permukaan air pada saluran dimana garis berwarna merah adalah profil permukaan air pada debit aliran periode ulang 1.25 tahunan, garis warna kuning adalah profil permukaan air debit banjir rencana 5 tahunan, garis berwarna hijau adalah profil permukaan air debit banjir rencana 10 tahunan dan garis berwarna biru adalah profil permukaan air untuk debit banjir rencana 25 tahunan. Garis berwarna ungu adalah profil permukaan tanggul rencana, garis putus-putus berwarna biru muda dan coklat adalah profil tebing saluran yang ada dan garis

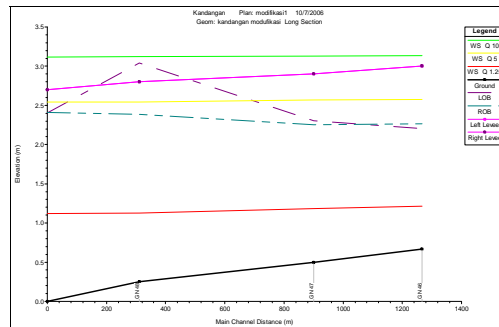
tebal berwarna hitam adalah profil dasar saluran rencana. Simulasi ini yang akan dijadikan dasar desain saluran untuk masa yang akan datang.



Gambar 11. Profil muka air Kali Kandangan kondisi rencana dengan tata guna lahan rencana



Gambar 12. Profil muka air Kali Kandangan kondisi rencana dengan tata guna lahan rencana

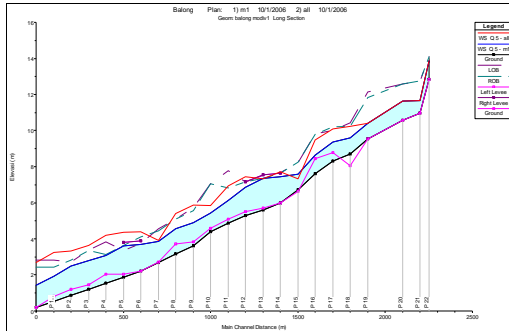


Gambar 13. Profil muka air Saluran Gunungsari kondisi rencana dengan tata guna lahan rencana

4.2.4 Desain Saluran

Desain saluran didasarkan pada debit aliran yang berasal tata guna lahan kondisi rencana yang akan datang. Debit banjir rencana yang digunakan adalah debit banjir rencana 10 tahunan untuk saluran primer dan 5 tahunan untuk saluran sekunder. Saluran yang memiliki kapasitas alir lebih

kecil dari debit banjir rencana yang mengalir dilakukan normalisasi. Pada bagian ini hanya dipaparkan salah satu desain saluran, yakni untuk Kali Balongsari.



Gambar 14. Penampang Memanjang saluran sekunder Balongsari pada kondisi desain dengan tata guna lahan rencana, debit banjir Q 5 tahun

Tabel 5. Dimensi rencana Kali Balongsari

Reach	River Sta	Profile	Debit Total (m3/dt)	Lebar Dasar	Elevasi dasar	Elevasi Permukaan air	Kecepatan aliran (m/dt)	Elevasi tanggul Kiri	Elevasi Tanggul Kanan
Balongsari	58	Q 5	5.3	3	12.83	13.88	2.7		
Balongsari	57	Q 5	4.3	3	10.96	11.68	5.79		
Balongsari	56	Q 5	5.3	3	10.58	11.62	2.49		
Balongsari	55	Q 5	3.3	3	9.55	10.41	2.61		
Balongsari	54	Q 5	7.08	4	8.7	9.58	2.95	9.78	9.78
Balongsari	53	Q 5	7.08	4	8.3	9.37	2.01	9.57	9.57
Balongsari	52	Q 5	7.08	4	7.6	8.64	3.05		
Balongsari	51	Q 5	7.08	4	6.7	7.57	3.42		
Balongsari	50	Q 5	7.08	4	6	7.45	1.89	7.65	7.65
Balongsari	49	Q 5	13.02	4	5.6	7.38	1.68	7.55	7.55
Balongsari	48	Q 5	17.37	4	5.3	6.87	2.77	7.07	7.07
Balongsari	47	Q 5	17.37	4	4.88	6.13	3.49	6.32	6.32
Balongsari	46	Q 5	17.37	5	4.4	5.42	3.46	5.62	5.62
Balongsari	45	Q 5	18.53	5	3.62	4.91	2.88	5.11	5.11
Balongsari	44	Q 5	19.33	5	3.15	4.56	2.74		
Balongsari	43	Q 5	20.3	5	2.68	3.96	3.43		
Balongsari	42	Q 5	20.3	7	2.2	3.69	1.95	3.89	3.89
Balongsari	41	Q 5	20.3	7	1.87	3.61	1.66	3.81	3.81
Balongsari	40	Q 5	32.6	7	1.53	3.09	2.99	3.29	3.29
Balongsari	39	Q 5	32.6	7	1.2	2.8	2.91	3	3
Balongsari	38	Q 5	33.37	7	0.86	2.5	2.9	2.7	2.7
Balongsari	37	Q 5	34.11	7	0.52	1.92	3.49	2.12	2.12
Balongsari	36	Q 5	34.11	8	0.19	1.41	3.48		

5. KESIMPULAN

- Banjir yang terjadi di kawasan Surabaya Barat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya curah hujan yang tinggi, pasang air laut dan kemampuan alir saluran rendah serta adanya hambatan-hambatan aliran pada saluran.
- Rencana tata guna lahan di kawasan Surabaya Barat dimasa yang akan datang memiliki kecenderungan meningkatnya aliran permukaan. Kondisi ini menyebabkan saluran saat ini tidak akan mampu lagi mengalirkan debit banjir rencana yang ditetapkan.
- Daerah aliran sungai bagian hulu telah berkembang sebagai kawasan terbangun sehingga tidak tersedia lahan cukup luas yang dapat digunakan sebagai *retention basin* yang dapat mengurangi debit banjir yang mengalir ke sungai.

- Saluran Gunungsari adalah yang di desain sebagai saluran irigasi namun saat ini dimanfaatkan sebagai saluran drainase. Saluran ini mengalir dengan kecepatan rendah dan menerima debit banjir dari daerah aliran yang memiliki kemiringan lahan cukup terjal menyebabkan saluran ini tidak mampu mengalirkan debit banjir dan terjadi luapan air.
- Untuk memperbesar dimensi saluran Gunungsari ditemukan kendala keterbatasan lahan yang tersedia. Oleh sebab itu harus dilakukan pengurangan debit aliran yang mengalir ke saluran dengan cara membagi debit aliran dari saluran Gunungsari ke sungai terdekat yaitu Kali greges, Kali Balong, Kali Kandangan dan Kali Sememi.
- Kali Greges, Kali Balong, Kali Kandangan dan Kali Sememi difungsikan sebagai saluran primer. Sedangkan saluran Gunungsari menjadi saluran sekundernya.
- Normalisasi saluran direncanakan dengan memperbesar dimensi, peninggian tanggul maupun merubah kemiringan dasar saluran untuk dapat mengalirkan debit banjir rencana periode ulang 5 tahun pada saluran sekunder dan 10 tahun pada saluran primer pada saat terjadi air laut pasang.
- Peninggian tanggul menyebabkan aliran air dari lahan di kanan atau kiri tanggul tidak dapat langsung mengalir ke sungai sehingga diperlukan side drain dan kolam penampungan sementara sehingga kemudian dapat dialirkan ke sungai maupun ke laut baik dengan bantuan pompa atau secara gravitasi.

5. DAFTAR ACUAN

- ITS. 2006. *Studi Detail Plan Sub Sistem Drainase Surabaya Barat*. FTSP ITS Surabaya.
- JICA. 1998. *The Studi on Comprehensive Management Plan for The Water Resources of The Brantas River Basin in The Republic of Indonesia*. Surabaya
- Nippon Koei. 2002. *Justification Study on First Priority Project*. Surabaya.
- Sri Harto Br. 1993. *Analisis Hidrologi*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta

Kajian Tanah Ekspansif, Jalan Akses Jembatan Suramadu Sisi Madura

Chomaedhi, M. Khoiri & Machsus

Staft Pengajar Program Studi D-III Teknik Sipil FTSP

email: *chomaedhi@ce.its.ac.id; mkhoiri@ce.its.ac.id; machsus@ce.its.ac.id*

ABSTRAK

Kajian tanah ekspansif pada ruas jalan akses jembatan Suramadu sisi Madura ini dilakukan guna mengetahui sifat dan karakteristik tanah dasar pada lokasi ruas jalan tersebut. Ruas jalan akses sisi Madura yang dimaksud dalam kajian ini adalah mulai Sta 0+050 s/d Sta 6+000. Pada lokasi tersebut kondisi permukaan tanah bervariasi antara dataran rendah dan perbukitan, sehingga jalan akses tersebut pada daerah dataran rendah dibuat di atas timbunan, sedangkan pada dataran tinggi jalan berada pada daerah galian. Pada penelitan terdahulu disebutkan jenis tanah pada lokasi tersebut banyak mengandung monmorilonite, sehingga dikhawatirkan berpotensi terjadi kembang susut pada tanah lokasi tersebut. Dan hal tersebut mempunyai konsekuensi terhadap bentuk perkuatan konstruksi jalan akses tersebut. Kajian ini bermaksud meneliti kembali sejauh mana potensi kembang susut pada tanah tersebut, sehingga diharapkan dapat menjadi pertimbangan untuk membuat desain jalan yang lebih hemat. Dari kajian yang telah dilakukan disimpulkan bahwa unsur monmorilonite yang ada pada tanah tersebut telah terkomposit dengan material lain (tersementasi) dan menjadi bersifat material lain, sehingga sifat kembang-susutnya relatif kecil. Dan sifat kembang susut yang relatif kecil tersebut telah juga terbukti di laboratorium dengan tes swelling.

Kata Kunci: *Kajian Tanah, Tanah Ekspansif, Jembatan Suramadu*

1. PENDAHULUAN

Kajian tanah ruas jalan akses jembatan Suramadu sisi Madura Proyek Pembangunan Jembatan Suramadu (PPJS) ini dilakukan guna mengetahui sifat dan karakteristik tanah dasar pada lokasi ruas jalan tersebut. Ruas jalan akses sisi Madura yang dimaksud dalam penyelidikan tanah ini adalah mulai Sta 0+050 s/d Sta 6+000.

Pada ruas tersebut sebagian badan jalan berada daerah galian (*cutting*) yaitu mulai Sta 0+050 s/d Sta 1+700 dan sebagian badan jalan merupakan timbunan yaitu mulai Sta 1+700 s/d Sta 6+000. Selanjutnya penyelidikan ini lebih difokuskan pada ruas jalan yang berada di daerah galian yaitu pada ruas mulai Sta 0+050 s/d Sta 1+700. Hal tersebut disebabkan karena pada daerah tersebut ditengarai tanah dasarnya bersifat ekspansif, sehingga perlu dikaji lebih lanjut mengenai konstruksi badan jalan dan konstruksi perkuatan lerengnya.

Kajian tanah pada ruas jalan akses jembatan Suramadu sisi Madura Proyek Pembangunan Jembatan Suramadu (PPJS) ini bertujuan

untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah dasar pada ruas jalan akses jembatan Suramadu sisi Madura mulai Sta 0+050 s/d Sta 6+000. Mendapatkan rekomendasi mengenai konstruksi badan jalan dan konstruksi perkuatan lereng khususnya pada badan jalan yang berada pada daerah galian.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tanah ekspansif adalah jenis tanah yang mudah mengalami perubahan volume akibat adanya perubahan kadar air dalam pori-pori tanah. Bila kadar air dalam pori tanah meningkat volume tanah akan mengembang, dan bila kadar air tanah berkurang sebaliknya tanah akan menyusut.

Hal tersebut disebabkan oleh sifat dasar molekul jenis tanah yang membentuk *dipol-dipol* sehingga mempunyai kemampuan untuk mengikat molekul air yang sangat besar. Jenis tanah yang mempunyai molekul dengan sifat tersebut umumnya adalah jenis tanah lempung dengan salah satu partikel

dasarnya yang bersifat demikian adalah jenis *monmorilonite*.

Di lapangan, akibat adanya kembang susut pada tanah ekspansif tersebut, maka menyebabkan kerusakan struktur bangunan yang berada di atasnya misalnya jalan, lantai rumah dll. Sehingga diperlukan disain khusus pada dasar struktur bangunan tersebut, agar terhindar dari kerusakan yang mungkin ditimbulkan oleh tanah ekspansif tersebut.

Untuk mengetahui potensi kembang-susut suatu jenis tanah, metode umum yang digunakan adalah dengan dilakukan uji laboratorium Indeks Plastisitas untuk diplot pada *Placticity Chart*, dicari tingkat keaktifannya, tes tekanan kembang susut, dan uji kandungan mineral (misal dengan *X-Ray Diffraction*).

Dari penyelidikan tersebut diatas ditentukan apakah tanah pada suatu lokasi merupakan tanah ekspansif atau tidak. Dan hal tersebut akan menentukan bentuk konstruksi yang berada di atasnya, agar tidak terjadi kerusakan yang diakibatkan oleh tanah ekspansif.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Studi Pendahuluan

Pada tahap studi pendahuluan ini dilakukan studi terhadap data yang telah ada yaitu data Laporan Kajian Tanah Ekspansif Ruas Jalan Akses Sisi Madura yang dibuat oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan (Puslitbang) Bandung Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. Selain itu dilakukan pula penggalian informasi lainnya yang didapatkan dari diskusi dengan pihak-pihak penyelenggara Proyek Pembangunan Jembatan Suramadu (PPJS).

3.2. Penyelidikan Lapangan

Penyelidikan lapangan ini meliputi:

- Survey lapangan
- Pengambilan sample lapangan dengan Tes Pit
- Tes CBR lapangan dengan DCPT

3.3. Penyelidikan Laboratorium

Penyelidikan laboratorium ini meliputi:

- Test CBR Laboratorium (SNI 03-1744-1989)

- Tes 'Swelling' (SNI 03-1744-1989)
- Tes Batas Cair (SNI 03-1967-1990)
- Tes Batas Plastis (SNI 03-1966-1990)
- Tes gradasi butiran (Tes Ayakan dan Hydrometer) (SNI 03-3423-1994)
- Tes Triaksial UU (SNI 03-4813-1998)

3.4. Kesimpulan dan saran

Pada tahap ini dilakukan analisa terhadap data lapangan, laboratorium, dan data dari laporan terdahulu, untuk kemudian diambil kesimpulan dan rekomendasi konstruksi badan jalan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Studi Pendahuluan

Dari hasil laporan studi sebelumnya (Puslitbang Jalan, 2004) diketahui hal-hal sebagai berikut :

- a. Stratigrafi. Stratigrafi daerah sisi Madura dibagi menjadi 4 (empat) satuan batuan utama, yaitu: Top Soil (tanah permukaan), Satuan Aluvium (Qa), Satuan Batupasir Gampingan, Satuan Batugamping Terumbu, Satuan Serpih
- b. Sebaran horisontal batuan penyusun ruas jalan. Sebaran horizontal batuan penyusun ruas jalan akses sisi Madura (Sta. 0+000 - Sta.11+500) adalah sebagai berikut :
 - Sta. 0+000 - Sta. 0+875 Serpih (daerah cut/galian)
 - Sta. 0+875 - Sta. 1+200 Batugamping Terumbu (daerah cut/galian)
 - Sta. 1+200 - Sta. 1+750 Batupasir Gampingan (daerah cut/galian)
 - Sta. 1+750 - Sta. 3+100 Top Soil
 - Sta. 3+100 - Sta. 11+500 Material Timbunan
- c. Pengujian tingkat keaktifan fraksi tanah pada permukaan (keaktifan thd kembang susut tanah). Dengan menggunakan rumusan Skempton (1953), dinyatakan oleh Puslitbang (2004) bahwa jalan akses sisi Madura pada Sta. 0+000 - Sta. 0+500 berada dalam rentang keaktifan normal, sedangkan di sekitar Sta. 0+735 menunjukkan sifat yang aktif.
- d. Pengujian X-Ray Diffraction. Pengujian X-Ray Diffraction menunjukkan bahwa deposit serpih pada Sta.0+000 tidak mengandung montmorillonite, sedangkan

- pengujian terhadap contoh serpih yang diambil dari Sta 0+500 dan Sta 0+735 menunjukkan adanya kandungan montmorillonite yang signifikan, yaitu berturut-turut sebesar 21,25% dan 22%.
- e. Pengeplotan LL dan PI pada Plasticity Chart USCS. Pengeplotan LL dan PI pada Plasticity Chart USCS yang dikembangkan oleh Casagrande (1932) menunjukkan bahwa deposit serpih pada daerah kajian seluruhnya berada di atas Garis A sehingga dapat digolongkan sebagai lempung inorganik dengan plastisitas tinggi atau 'CH'. Tanah golongan ini dipertimbangkan memiliki potensi bersifat ekspansif.
- f. Klasifikasi tanah ekspansif dengan metode Chen (1965). Klasifikasi tanah ekspansif dengan menggunakan fraksi lolos saringan No. 200 dan batas cair (LL) dari pengujian batas-batas Atterberg serta nilai N SPT dikembangkan oleh Chen (1965) menunjukkan deposit serpih pada daerah akses Suramadu ini termasuk kedalam zona derajat ekspansi sangat tinggi.
- g. Potensi pengembangan dengan metode Seed et al. (1962). Seed et al. (1962) mengembangkan korelasi antara potensi pengembangan dengan tingkat keaktifan dan fraksi lempung untuk suatu tanah remasan (*remolded soil*). Merujuk pada kriteria ini, deposit serpih daerah kajian sebagian besar memiliki potensi pengembangan yang tinggi s/d sangat tinggi.
- h. Hubungan ekspansif soil dengan perencanaan tebal perkerasan. Untuk daerah kajian ini kehilangan tingkat pelayanan akibat perilaku tanah ekspansif yang harus diantisipasi pada perkerasan jalan adalah sebesar 0,63.
- i. Stabilitas Lereng. Analisis stabilitas terhadap lereng *cutting* rencana yang terdapat pada gambar *original design*, menunjukkan bahwa lereng tersebut stabil ($FOS > 1,5$) dengan ketinggian *cutting* sekitar 6,0 meter.
- #### 4.2. Penyelidikan Lapangan
- Dari pengamatan lapangan dan studi pendahuluan diketahui bahwa :
- Rencana Jalan akses Suramadu berada di daerah galian pada Sta 0+050 s/d 1+700.
 - Rencana Jalan akses Suramadu berada di daerah dataran atau timbunan pada Sta 1+700 s/d 11+500.
 - Tanah dasar jalan umumnya merupakan tanah serpih yang relatif keras (dgn daya dukung tinggi) karena telah mengalami proses sementasi. Khusus pada Sta 0+375 s/d) 0+750 kekerasan batuan serpihnya relatif lebih rendah dari daerah lainnya.
 - Pada lokasi setelah Sta 2+500 pada permukaan dijumpai tanah dasar berupa tanah lempung.
 - Dijumpai lereng galian tanah di lapangan yang mulai Sta 0+050 s/d Sta 1+500 ada sejak tahun ± 2003 dan telah terekspose selama ± 2 tahun masih dalam kondisi stabil dan tidak mengalami kelongsoran. Juga terlihat adanya sedikit bukti gerusan-gerusan kecil akibat air hujan di permukaan lereng.
 - Batuan dasar umumnya berupa limestone atau berupa clay stone (shale) yang telah tersementasi, berwarna coklat terang.
 - Daerah lokasi akses Suramadu sisi Madura merupakan dataran tinggi, dan berbukit, sehingga kemungkinan banjir dapat dihindari dengan adanya saluran pematasan yang berfungsi baik.
 - Penyelidikan CBR Lapangan dengan menggunakan DCPT menunjukkan hasil yang berkisar antara 3% s/d 62% hanya untuk lapisan di permukaan setebal rata-rata 10 s/d 20 cm. Lapisan di bagian bawahnya memberikan harga CBR yang jauh lebih besar karena sifat batuan yang keras (alat DCPT tidak dapat masuk lagi) jadi untuk perkerasan jalan, CBR dapat digunakan CBR batuan yang keras dengan catatan bahwa lapisan tanah tipis dipermukaan dibuang atau terlebih dahulu dipadatkan.

4.3. Penyelidikan Laboratorium

Hasil Penyelidikan Laboratorium menunjukkan hal-hal, sebagai berikut:

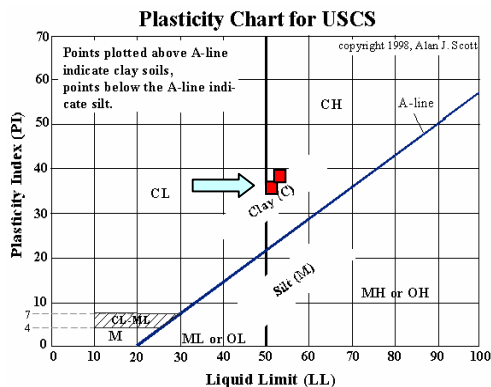
1. Daya dukung tanah cukup tinggi, hal ini dapat ditunjukkan dari hasil tes CBR laboratorium dari contoh tanah dari Sta 0+500. Nilai CBR nya adalah:

- untuk sample yang tidak direndam (unsoaked), CBR =37,4%
- untuk sample yang direndam (soaked), CBR =19,8%

Sebagai catatan, sample yang digunakan untuk uji CBR laboratorium di atas adalah sample tanah yang tidak asli, yaitu telah ditumbuk dan dipadatkan kembali sesuai kepadatan optimumnya. Jadi nilai CBR sesungguhnya di lapangan diperkirakan jauh lebih besar karena tanahnya masih asli dalam bentuk batuan serpih.

2. Hasil uji batas cair dan batas plastis dari fraksi tanah yang lolos ayakan No. 40 menunjukkan angka sebagai berikut:

- untuk Sample Sta 0+500
 - Batas Cair, Liquid Limits (LL) = 51,5 %
 - Batas Plastis, Plastic Limits (PL)=16,0 %
 - Indeks Plastis, Plasticity Indeks (PI)=35,5%
- untuk Sample Sta 1+500
 - Batas Cair, Liquid Limits (LL) = 53,2%
 - Batas Plastis, Plastic Limits (PL) = 17,3 %
 - Indeks Plastis, Plasticity Indeks (PI) =35,9%

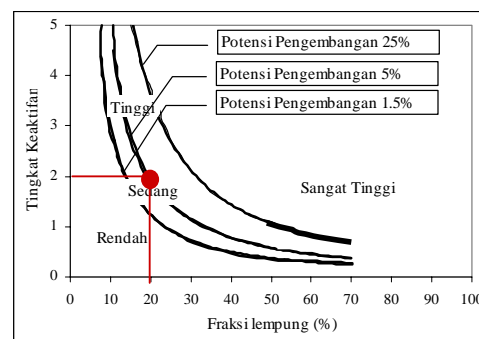


Gambar 1. Plasticity Chart for USCS

Pengeplotan pada Plasticity Chart USCS menunjukkan tanah berada pada perbatasan antara Clay low Plasticity (CL) dengan Clay High Plasticity (CH). Yang perlu menjadi catatan disini adalah bahwa nilai batas-2 plastisitas ini dominan disebabkan oleh mineral dasarnya yaitu lempung. Karena sampel untuk tes ini perlu dihancurkan terlebih dahulu dengan cara ditumbuk. Keadaan dilapangan kandungan lempung dalam sampel tanah ini telah saling terikat akibat proses sementasi alam, sehingga tanah asli yang sudah berbentuk batuan praktis lebih stabil.

3. Setelah direndam selama 24 jam, sample tanah tetap tegar, tidak hancur atau "mrotol". Pada tanah telah terjadi sementasi alam yang cukup kokoh, sehingga tanah yang berasal dari endapan tersebut telah menjadi batuan sedimen yang "irreversible", tidak dapat kembali lagi menjadi tanah apabila direndam dalam air saja. Terbukti bahwa adanya air tidak dapat segera merubah batuan menjadi tanah kembali.
4. Sample yang berupa batuan atau serpih dapat menjadi fraksi yang lebih kecil, hanya bila dihancurkan secara mekanis (ditumbuk).
5. Potensi Swelling (berdasar Atterberg dan kandungan Clay) dari fraksi tanah yang telah ditumbuk adalah pada batas antara "sedang" dan "Tinggi".

$$\begin{aligned} \text{Tingkat Keaktifan} &= \text{IP} / (\% \text{partikel} < 0,002 \text{mm}) \\ &= 35,5\% / 17,7\% = 2,0 \\ \text{Fraksi lempung} &= 20\% \text{ (dari Tes Gradasi Butiran)} \end{aligned}$$



Gambar 2. Potensi Swelling Fraksi Tanah

Ini adalah potensi dari fraksi tanahnya. Pada kenyataan di lapangan, tanah asli yang sudah berbentuk batuan praktis tidak memiliki daya kembang-susut yang berarti.

6. Test Swelling dari fraksi tanah yang sudah ditumbuk menunjukkan bahwa tingkat swelling maksimum adalah sebesar 0,86% (Rendah).

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Tanah dasar dalam kondisi asli masih mempunyai daya dukung yang tinggi, walaupun telah terendam dengan air.
2. Walaupun pada fraksi tanahnya dijumpai kandungan mineral tanah dengan sifat kembang-susut yang besar (montmorillonite), pada kenyataannya di lapangan kandungan tersebut di banyak lokasi telah terikat secara tersementasi alamiah batuan. Pengaruh air dan rendaman ternyata tidak menyebabkan tanah batuan tersebut menjadi bersifat "aktif" (kembang-susut). Jadi pada kasus ini, kembang-susut tanah bukanlah faktor yang dominan. Apalagi bila kemungkinan genangan oleh air hujan dapat dihindari.
3. Bila dibuat sistem drainase permukaan yang cukup baik, untuk melindungi tanah dasar lereng dan tanah dasar pondasi jalan (Subgrade), maka tidak perlu lagi dilakukan perbaikan tanah dasar. Tanah aslinya sudah cukup kuat dan stabil.
4. Perkerasan jalan pada section 0+050 s/d 1+700 dapat langsung dibangun di atas tanah asli tanpa adanya urugan perbaikan / pilihan. Pada bagian-bagian yang tidak

langsung menumpu di atas batuan/serpih, tanah dasar yang relatif tipis dipermukaan supaya dipadatkan lebih dahulu.

5. Penanggulangan erosi permukaan pada daerah lereng cukup dengan gebalan rumput atau ditutupi jenis tanaman menjalar lainnya. Selain itu ditepi atas tebing pada bagian yang mendatar supaya dibuatkan saluran agar aliran air tidak mengalir melewati lereng dalam jumlah besar ("nggrojog"). Dasar saluran tersebut sebaiknya diberi lapisan batu kali atau pasangan bata yang diberi alas geomembrane untuk menjamin bahwa nantinya bila pada dinding saluran terjadi retak tidak akan terjadi rembesan air dari dalam saluran ke tanah di sekitarnya. Jadi air tidak akan mengganggu lereng galian.

DAFTAR PUSTAKA

Acuan yang digunakan dalam penyusunan paper ini adalah sebagai berikut :

- Puslitbang Prasarana Jalan (2004), "Kajian tanah ekspansif pada jalan akses sisi Madura".
- Laboratorium Uji Material Prodi D-3 Teknik Sipil FTSP-ITS (2005), "Laporan Penyelidikan Tanah Jalan Akses Jembatan Suramadu Sisi Madura".
- Mochtar I.B, et. all (2005), "Kajian Tanah Jalan Akses Jembatan Suramadu Sisi Madura, Studi Kasus : KM 0+050s/d KM 6+000".

Penambahan Gilsonite Resin Pada Aspal Prima 55 untuk Meningkatkan Kualitas Perkerasan Hot Mix

Rachmad Basuki & Machsus

Staf Pengajar Program Diploma Teknik Sipil FTSP-ITS

email: rabas@ce.its.ac.id; machsus@ce.its.ac.id

ABSTRAK

Pertamina bekerjasama dengan Perusahaan Swasta mulai memasarkan aspal jenis multigrade dengan merek dagang Aspal Prima 69/70, Prima 51 dan Prima 55 pada tahun 2004. Aspal Prima ini sekarang masih dalam taraf uji laboratorium dan uji lapangan. Berdasarkan hasil pengujian awal Sutarno (2004), ternyata aspal Prima 55 mempunyai titik lembek yang lebih rendah dari spesifikasi teknis yang ditetapkan. Dari latar belakang tersebut, timbulah ide untuk meneliti bagaimana jika Aspal Prima 55 yang sudah diproduksi oleh Pertamina tersebut ditingkatkan kualitasnya dengan modifier Gilsonite Resin sebagaimana penelitian sebelumnya untuk membuat perkerasan Hot Mix memenuhi spesifikasi dan lebih awet. Permasalahan yang ada adalah berapa prosentase kadar Gilsonite Resin yang harus ditambahkan pada campuran tersebut. Hasil pengujian kualitas Aspal Prima 55 menunjukkan bahwa sifat-sifat fisik aspal : penetrasi, titik nyala dan titik lembek tidak memenuhi spesifikasi aspal multigrade, kecuali berat jenis dan daktilitas. Penambahan Gilsonite Resin dalam penelitian ini menjadikan kualitas Aspal Prima 55 dapat memenuhi spesifikasi aspal multigrade, sehingga kualitas perkerasan Hot Mix jenis HRS B, AC dan ATB yang menggunakan aspal prima 55 dapat ditingkatkan.

Kata kunci: *Aspal Prima 55, Gilsonite Resin, Hot Mix*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sesuai perkembangan teknologi Hot Mix, jenis aspal dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu: aspal biasa (*straight asphalt*), aspal modifikasi (*modified asphalt*) dan yang terakhir adalah aspal multigrade (*multigrade asphalt*). Perkembangan jenis aspal ini tentunya sebagai upaya untuk meningkatkan perbaikan kinerja aspal sebagai pengikat agregat pada Hot Mix (campuran agregat dan aspal dalam kondisi panas untuk membuat bahan perkerasan jalan).

Di negara-negara maju, aspal multigrade sudah berkembang sejak tahun 1985. Beberapa produk yang terkenal antara lain : Multiphalt dari Shell dan Multibit dari British Petroleum (BP), dimana aspal-aspal tersebut belum dikenal luas di Indonesia.

Pada tahun 2000, Pertamina Unit Produksi IV Cilacap bekerjasama dengan Perusahaan Swasta mulai memproduksi aspal jenis multigrade dengan merek dagang Aspal Prima 69/70, Prima 51 dan Prima 55 yang mulai dipasarkan tahun 2004. Aspal Prima ini sekarang masih dalam taraf uji laboratorium dan uji lapangan, namun

demikian jenis aspal ini merupakan salah satu yang akan digunakan untuk Proyek Jalan Jalur Pantura Pulau Jawa.

Berdasarkan hasil pengujian awal yang dilakukan oleh Sutarno (2004), disebutkan bahwa ternyata aspal Prima 55 mempunyai titik lembek yang lebih rendah dari spesifikasi teknis yang diberikan oleh yang memproduksi, sehingga dikhawatirkan jika digunakan perkerasan jalan nantinya tidak akan tahan dalam menerima temperatur udara yang tinggi di siang hari.

Disamping itu, menurut Henry (1987) Gilsonite Resin adalah salah satu modifier yang dapat memperbaiki sifat-sifat fisik aspal dan dapat meningkatkan kualitas perkerasan. Berpijak pada latar belakang tersebut diatas, kiranya perlu dilakukan penelitian bagaimana jika Aspal Prima 55 ditingkatkan kualitasnya dengan Gilsonite Resin untuk membuat Hot Mix.

1.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana sifat-sifat fisik aspal Prima 55 lainnya (selain titik lembek)?

- b. Bagaimana pengaruh campuran Gilsonite Resin pada Aspal Prima 55?
- c. Bagaimana kualitas Hot Mix yang menggunakan aspal Prima 55?
- d. Bagaimana kualitas Hot Mix Aspal Prima 55 yang ditambah dengan modifier Gilsonite Resin?
- e. Berapa prosentase kadar Gilsonite optimum yang ditambahkan pada campuran Hot Mix Aspal Prima 55?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui sifat-sifat fisik Aspal Prima 55.
- b. Mengetahui sifat-sifat fisik aspal Prima 55 setelah dicampur dengan Gilsonite Resin.
- c. Mengetahui kualitas Hot Mix yang menggunakan aspal Prima 55 dari hasil Test Marshall dan Wheel Tracking.
- d. Mengetahui kualitas Hot Mix Aspal Prima 55 yang ditambah dengan modifier Gilsonite Resin dari hasil Tes Marshall dan Wheel Tracking.
- e. Menentukan prosen kadar Gilsonite Optimum yang ditambahkan pada Hot Mix Aspal Prima 55.

1.4. Manfaat Penelitian

Dengan kualitas perkerasan dan kepekaan terhadap pengaruh air yang semakin baik, maka hasil penelitian ini dapat diaplikasikan pada ruas-ruas jalan yang mempunyai beban lalu lintas yang berat, seperti Jalur Pantura maupun pada daerah yang rawan banjir, sebagaimana di Surabaya.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Aspal Prima 55 dan Hot Mix

Aspal Prima 55 adalah termasuk dalam jenis aspal multigrade. Spesifikasi Aspal Multigrade ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Aspal Multigrade

No.	Jenis Pengujian	Aspal Multigrade		Satuan
		Min	Maks	
1	Penetrasi	50	70	0.1 Mm
2	Titik Lembek	55	-	°C
3	Titik Nyala	225	-	°C
4	Daktalitas	100	-	Cm
5	Berat Jenis	1,0	-	Kg/cm3
6	Penurunan Berat (TFOT)	0,8	-	% berat asli
7	Penetrasi setelah TFOT	60	-	% pen asli

Sumber: Spesifikasi Praswil (2003)

Menurut Sukirman S. (1999) Hot Mix adalah campuran agregat dan aspal semen dalam keadaan panas sebagai bahan perkerasan jalan. Jenis Hot Mix yang sering dipakai di Indonesia adalah AC (Asphalt Concrete), HRS (Hot Rolled Sheet) dan ATB (Asphalt Treated Base). Spesifikasi jenis-jenis hot mix tersebut seperti ditunjukkan dalam Tabel 2 s/d 4.

Tabel 2. Spesifikasi Lapis Perkerasan HRS B

Ukuran Saringan	Spesifikasi Gradasi (% lolos saringan)	Stabilitas Marshall, kg	Marshall Quotient	%Rongga dlm campuran
1 in	100	550 - 1250	1.8 - 5	3 - 6
3/4 in	100			
1/2 in	60-100			
3/8 in	57-83			
No.4	50-60			
No.8	45-60			
No.30	15-60			
No.50	8-43			
No.100	4-25			
No.200	2-8			

Sumber : Spesifikasi Bina Marga.

Untuk mendapatkan perkerasan yang baik, selain aspal, kualitas agregatnya pun harus memenuhi spesifikasi. Spesifikasi untuk agregat kasar dari CDMU 1988 sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 5. Sedangkan persyaratan yang harus dipenuhi agregat halus adalah : non plastis, bebas dari segala kotoran dan uji Sand Equivalent minimum 50%. Untuk filler persyaratannya adalah material yang non plastis.

Tabel 3. Spesifikasi Lapis Perkerasan AC

Ukuran Saringan	Spec Gradasi (% lolos)	Stabilitas Marshall, kg	Marshall Quotient	% Rongga dlm camp.
1 in	100	> 1000	2.5 - 5	3 - 5
3/4 in	100			
1/2 in	75 - 100			
3/8 in	57 - 80			
No. 4	52 - 77			
No. 8	45 - 70			
No. 30	20 - 45			
No. 50	13 - 40			
No. 100	8 - 26			
No. 200	5-9			

Sumber : Spesifikasi Bina Marga.

Tabel 4. Spesifikasi Lapis Perkerasan ATB

Ukuran Saringan	Spec Gradasi (% lolos)	Stabilitas Marshall, kg	Marshall Quotient	% Rongga dlm campuran
1 in	100	450 - 1500	1.8 - 5	4 - 8
3/4 in	90-100			
1/2 in	68-100			
3/8 in	52-76			
No.4	47-65			
No.8	38-58			
No.30	18-50			
No.50	12-40			
No.100	8-28			
No.200	2-8			

Sumber : Spesifikasi Bina Marga.

Tabel 5. Gradasi & Sifat-Sifat Teknis Agregat Kasar

Ukuran Saringan in	mm	% lolos agregat	Berat jenis	Penyerapan Agregat	Keausan Agregat	Kelekatkan Agregat thd Aspal
1	25.4	100	2.5 - 3.0	Maks 3 %	Maks 40%	> 95%
3/4	19	90-100				
1/2	12.5	20-55				
3/8	9.5	0-15				
No.4	4.75	0-5				
No.8	2.36	-				

Sumber : Harold W. Atkins, Highway Material, Soil and Concrete (Unit % lolos Agregat dan CMMI 1988)

Pada dasarnya Gilsonite resin merupakan salah satu bahan galian menyerupai aspal yang dikenal dengan nama asphaltites. Asphaltites mempunyai sifat titik nyala yang tinggi. Umumnya bahan ini dipergunakan untuk mengkilapkan perabotan (vernisi) dan kertas karbon (Clarkson, 1992).

Gilsonite resin adalah mineral hidrokarbon yang sangat rapuh dan terdapat dalam kondisi murni. Hasil galian bahan ini adalah 90% gilsonite resin, dan hanya 0,6 - 1% kadar abu yang dikandungnya. Gilsonite resin tidak berbahaya bagi tubuh manusia, hal ini disebabkan gilsonite resin tidak bersifat carcinogenik (PT.Bima Kimia Citra, 1994).

2.2. Sifat Fisik Gilsonite Resin

Gilsonite resin mempunyai titik leleh yang cukup tinggi yaitu pada 175 C, sedangkan titik nyala dari bahan ini adalah 315 C (PT.Bima Kimia Citra, 1994). Hal ini menunjukkan bahwa bahan ini tidak mudah

terbakar, sehingga memungkinkan untuk diadakan pencampuran pada campuran aspal panas tanpa terlalu banyak merubah prosedur pelaksanaan.

2.3. Sifat Kimia Gilsonite Resin

Gilsonite resin mempunyai kandungan asphaltene yang tinggi (70.9%) apabila dibandingkan dengan bahan-bahan aditif lainnya, sebagai misal aspal Teinidad (17,4%), Rose (67,1%) dan SDA (35,9%). Selain itu Gilsonite resin juga mengandung maltene sebesar 27% dan minyak 2%. Untuk kandungan nitrogen Gilsonite juga mempunyai kadar yang lebih tinggi dibanding bahan lainnya yaitu 3,2% dimana aspal Teinidad 1.01%, Rose 0.8% dan SDA 1.1%. Dari sifat-sifat kimia yang dimiliki oleh Gilsonite resin ini diharapkan agar material ini dapat memperbaiki adhesi agregat dan juga water stripping.

2.4. Marshall Test

Konse pengujian Marshall diperkenalkan oleh Bruce Marshall, seorang insiyur yang bekerja pada Departemen Jalan Raya negara bagian Mississippi. Pada tahun 1948 perkumpulan insiyur di Amerika Serikat memperkenalkan dan mengesahkan prosedur pengujian menggunakan Marshall Test, dan selanjutnya menetapkan kriteria dari mix design. Sejak tahun 1948 metode pengujian dengan menggunakan Marshall Test telah banyak dipergunakan oleh berbagai negara dalam pengujian campuran aspal (Brown, 1990).

Dari pengujian Marshall dapat diperoleh data mengenai stabilitas dan flow (kelelahan plastis) campuran. Dengan mengisi form Marshall Test dapat diperoleh nilai rongga terhadap aspal dan rongga terhadap campuran. Data-data tersebut selanjutnya dipergunakan untuk menentukan kadar aspal optimum. Adapun persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi yaitu Stabilitas, Rongga dalam campuran, Marshall Quotient untuk masing-masing jenis perkerasan adalah seperti terlihat pada Tabel 2 sampai dengan 4.

2.5. *Wheel Tracking Test*

Wheel Tracking adalah alat yang digunakan untuk menguji ketahanan deformasi dari campuran aspal di laboratorium, yaitu untuk mengetahui deformasi yang terjadi akibat roda yang bergerak diatas permukaan benda uji dari campuran aspal panas (*hot mix*) pada suhu 60°C. Roda pengujian terbuat dari karet keras dengan berat 118 lb. Nilai deformasi diperoleh dari kedalaman permukaan benda uji akibat beban repetisi.

Dari hasil pengujian Wheel Tracking tersebut dapat diperoleh Stabilitas Dinamis (lintasan/mm) dan Kecepatan Deformasi (mm/menit). Berdasarkan spesifikasi yang dikeluarkan Prasnwil 2003, Stabilitas Dinamis untuk campuran aspal panas minimal 2500 lintasan/mm.

2.6. *Gambaran Penelitian Sebelumnya*

Hasil penelitian yang sudah dilakukan oleh Puslitbang Jalan, Bandung maupun penulis mengenai additive Gilsonite, cukup memberikan peningkatan mutu dari karakteristik campuran perkerasan yg lebih berarti, yaitu : mengurangi rutting akibat pembebanan berat, mengurangi kepekaan terhadap perubahan temperatur dan pengaruh perendaman air, serta meningkatkan daya rekat/ikat dari aspal terhadap agregat (Puslitbang Jalan, 1993).

Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Basuki R, 1997 adalah sebagai berikut : Dengan kadar Gilsonite opt 7.8% dari kadar aspal opt 5.2 % untuk jenis perkerasan Asphalt Concrete, hasil pengujian stabilitas dinamis memberikan nilai 1346 lint/mm untuk sampel yang direndam selama 24 jam, sedangkan sampel tanpa penambahan Gilsonite dan tanpa perendaman hanya memberikan nilai 1320 lint/mm. Ini merupakan indikasi bahwa campuran dengan Gilsonite sangat tahan terhadap pengaruh air, misalnya pada kawasan yang rawan banjir.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Material agregat yang diambil dari AMP kemudian ditest di laboratorium untuk diketahui sifat-sifat fisiknya apakah sesuai

dengan sifat fisik yang disyaratkan pada spesifikasi. Material yang dipergunakan adalah material yang memenuhi persyaratan spesifikasi baik gradasi maupun sifat teknis lainnya. Material aspal semen diperoleh dari Perusahaan Swasta yang bekerjasama dengan Pertamina Unit Produksi IV Cilacap. Selanjutnya menentukan proposi campuran agregat agar dapat mendapatkan gradasi campuran yang sesuai dengan spesifikasi gradasi pada Tabel 2.2 sampai dengan 2.4 masing-masing untuk HRS , AC dan ATB. Kemudian membuat benda uji tanpa Gilsonite resin dengan variasi kadar aspal yaitu : 5% , 6%, 7%, 8% dan 9% baik untuk HRS, AC dan ATB.

Setelah dilakukan pengujian Marshall, maka dilakukan analisa untuk mendapatkan kadar aspal optimum. Dengan menggunakan kadar aspal optimum tersebut dibuatlah benda uji dengan menambahkan Gilsonite resin dengan berbagai macam variasi yaitu : 0%, 6%, 8%, 10% dan 12% dari aspal optimum. Setelah itu dilakukan pengujian Marshall untuk berbagai macam variasi kadar Gilsonite tersebut. Kemudian dilakukan analisa untuk menentukan % kadar Gilsonite Optimum. Dengan menggunakan % kadar Gilsonite Optimum dibuatlah benda uji (sampel) lagi untuk kondisi yang memerlukan perendaman dan non perendaman, guna mengetahui kepekaan terhadap pengaruh air. Kemudian dilakukan pengujian Marshall dan Wheel Tracking terhadap sampel-sampel tersebut.

Disamping itu juga dilakukan pemeriksaan terhadap sifat-sifat fisik aspal setelah dicampur gilsonite dengan beberapa variasi seperti diatas. Dari seluruh hasil pengujian maupun pemeriksaan tersebut kemudian dianalisa sehingga akhirnya diperoleh suatu kesimpulan. Tahapan penelitian ini meliputi: studi Literatur, menyiapkan material agregat, aspal dan gilsonite, pengujian di laboratorium, analisa data dan kesimpulan hasil penelitian. Secara skematis metodologi penelitian sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

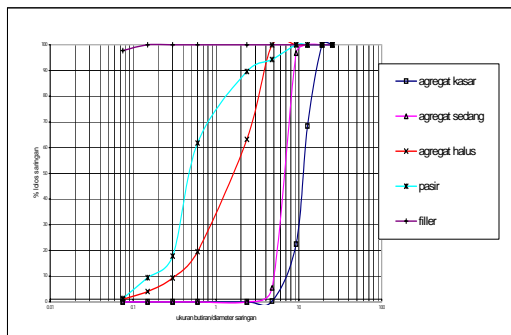
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pemeriksaan Agregat

Hasil pemeriksaan agregat sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 6. dan Gambar 1.

Tabel 6. Hasil Uji Sifat teknis Agregat

Sifat-sifat Teknis	Jenis Material				
	Agregat Kasar	Agregat Sedang	Agregat Halus	Pasir	Filler
BJ bulk	2.542	2.564	2.617	2.628	-
BJ SSD	2.582	2.599	2.660	2.670	-
BJ apparent	2.648	2.656	2.734	2.742	2.706
Penyerapan, %	1.570	1.350	1.627	1.585	-
Keausan, %	29.65	28.35	-	-	-
Sand Equivalent, %	-	-	-	98.16	-



Gambar 1. Hasil Analisa Saringan Agregat

Berdasarkan hasil pengujian terhadap sifat-sifat fisik agregat seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6, maka material tersebut dapat digunakan sebagai bahan pembuat lapisan perkerasan, karena memenuhi semua spesifikasi yang terdapat pada Tabel 5, kecuali untuk persyaratan gradasinya yang tidak seluruhnya masuk dalam batas-batas persyaratan yang diberikan. Oleh karena itu dalam proses pembuatan proporsi campuran untuk ketiga jenis perkerasan yang dibuat, masih harus diberikannya tambahan material filler berupa semen agar dapat memenuhi spesifikasi gradasi.

Dengan mengacu pada Spesifikasi Bina Marga, proporsi agregat yang didapatkan untuk HRS B adalah sebagai berikut : 23% agregat kasar, 17% agregat sedang, 45% agregat halus, 10% pasir dan 5% filler. Untuk AC adalah sebagai berikut : 20% agregat kasar, 5% agregat sedang, 40% agregat halus, 30% pasir dan 5% filler. Sedangkan untuk ATB proporsinya adalah sebagai berikut : 33% agregat kasar, 10% agregat sedang, 40% agregat halus, 10% pasir dan 7% filler.

4.2. Pemeriksaan Aspal Prima 55

Hasil pengujian dari Aspal Prima 55 ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Sifat Teknis Aspal Prima 55

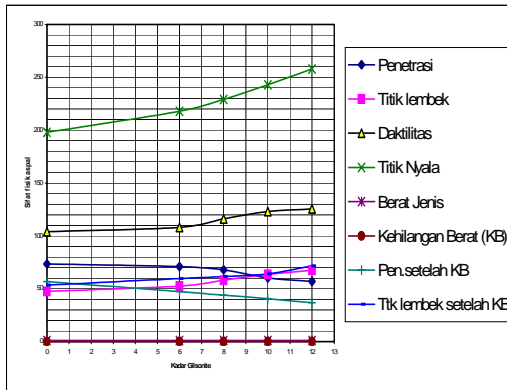
No	Pengujian	%Penambahan Gilsonite dalam Aspal					Spec Aspal Multigrade	Satuan
		0	6	8	10	12		
1	Penetrasi	73.4	71	67.8	60.1	56.8	50-70	0.1mm
2	Titik Lembek	47.5	52.5	58	63.5	67.5	> 55	C
3	Daktilitas	104	108	116	123	125.5	>100	cm
4	Titik Nyala	198	218	229	243	258	>225	C
5	Berat Jenis	1.025	1.028	1.033	1.029	1.023	> 1	Kg/cm ³
6	Kehilangan Berat	0.06	0.08	0.08	0.08	0.08	< 0.8	%berat semula
7	Penetrasi setelah kehilangan berat	56.7	47.3	43.8	40.6	36.8	> 40	%penalti (0.1mm)
8	Titik Lembek setelah kehilangan berat	53.5	59.5	61.5	64	71.5		C

Hasil pengujian kualitas aspal prima 55 sebelum diberikan tambahan Gilsonite sebagaimana terlihat pada Tabel 7.2 (pada kolom persen penambahan Gilsonite dalam Aspal 0%) menunjukkan bahwa sebagian besar sifat-sifat fisik aspal yang diuji tidak memenuhi persyaratan yang diberikan (spesifikasi), yaitu penetrasi 73.4 (spec : 50 -70), titik lembek 47.5 (spec : > 55), titik nyala 198 (spec : >225), kecuali berat jenis dan daktilitas. Dengan demikian hasil ini sekaligus dapat memperkuat hasil penelitian yang dilakukan oleh Sutarno, bahwa aspal prima 55 masih perlu diperbaiki kualitasnya.

4.3. Pengaruh Gilsonite pada Sifat Aspal Prima 55

Pada penelitian ini dicoba untuk meningkatkan mutu aspal prima 55 dengan pemberian gilsonite yang bervariasi mulai 6% sampai 12% dari berat aspal sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 7.2 Ternyata dengan penambahan 6% dari berat aspal, sudah mulai terlihat adanya kenaikan kualitas sifat aspal, namun masih berada sedikit diluar batas spesifikasi. Pada penambahan kadar gilsonite 8%, 10% dan 12% keseluruhan sifat-sifat aspal dapat terpenuhi syarat-syarat spesifikasinya, kecuali pengujian daktilitas setelah kehilangan berat. Dari trend nilai yang didapat terlihat bahwa kualitas aspal prima

55 dapat ditingkatkan mutunya setelah penambahan gilsonite > 6% dari berat aspal.



Gambar 2. Pengaruh Penambahan Gilsonite pada sifat teknis Aspal Prima 55

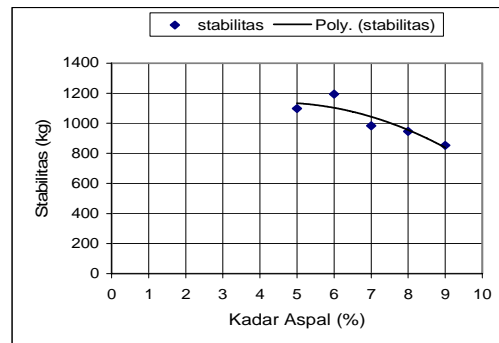
Berdasarkan hasil pencampuran yang dilakukan yaitu dengan penambahan kadar Gilsonite 6%, 8%, 10% dan 12% dari berat aspal, maka kecenderungan nilai penetrasi aspal makin menurun yaitu dari 73.4 pada kadar 0% menjadi 56,8 pada kadar 12% seperti terlihat pada Tabel 7. dan Gambar 2. Penurunan nilai penetrasi ini memberikan indikasi akan menjadikan meningkatnya tingkat kekerasan campuran sehingga menambah kemampuan mendukung beban berat. Pengaruh sifat fisik yang lainnya adalah semakin tinggi kadar Gilsonite semakin tinggi pula nilai daktilitas, titik nyala maupun titik lembeknya seperti ditunjukkan pada Tabel 7. Nilai daktilitas yang tinggi berarti tingkat kohesinya semakin baik tetapi lebih peka

Namun apabila didasarkan pada hasil titik lembeknya yang semakin tinggi (dari 53.5°C pada 0% Gilsonite menjadi 71.5 °C pada penambahan gilsonite 12%, ini berarti kepekaan terhadap perubahan temperatur bisa direduksi, sehingga dari segi tes fisik saja sudah menampakkan peningkatan kualitas dari aspal. Peninjauan terhadap sifat aspal juga dilakukan terhadap campuran aspal + modifier Gilsonite setelah dioven, yaitu pemeriksaan kehilangan berat aspal (TFOT). Tujuan pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui pengurangan berat akibat penguapan bahan-bahan yang mudah menguap dalam aspal. Penurunan berat yang besar menunjukkan banyaknya bahan-bahan yang hilang karena penguapan, sehingga

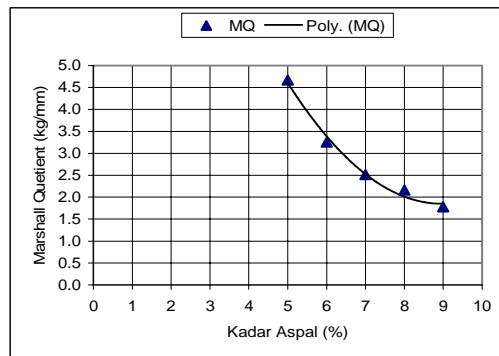
aspal tersebut akan cepat mengeras dan menjadi rapuh. Berdasarkan hasil pemeriksaan (Tabel 7.) yang diplotkan pada Gambar 2. tersebut, keseluruhan sifat fisik aspal dapat masuk dalam Spesifikasi Aspal Multigade adalah jika aspal prima 55 ditambah dengan Gilsonite pada kadar = 6.8 % dari kadar aspal, namun demikian tentunya harus dilakukan juga pengujian secara fisik terhadap sifat campuran (aspal + agregat) yang menggunakan aspal prima 55 + modifier gilsonite.

4.4. Kualitas Hot Mix yang Menggunakan Aspal Prima 55

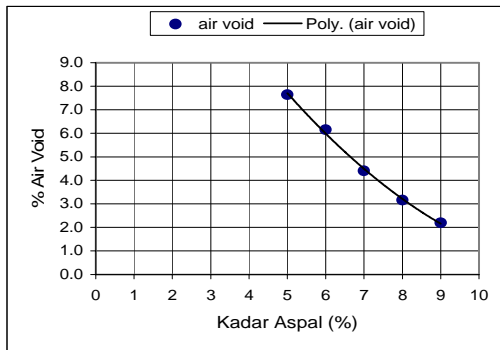
Hasil akhir dari perhitungan data pengujian Marshall untuk campuran tanpa Gilsonite untuk jenis perkerasan HRS B dapat dilihat pada Gambar 3. Dengan mengacu pada spesifikasi pada Tabel 5., dibuatlah gambar untuk menentukan besarnya kadar aspal optimum sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4. Dari gambar tersebut didapatkan kadar aspal optimum untuk perkerasan HRS B pada penelitian ini sebesar 7%.



Gambar 3 (a)

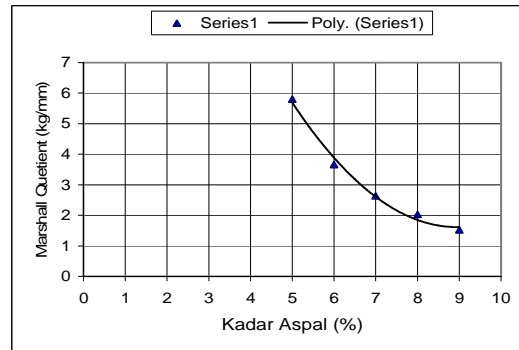


Gambar 3 (b)

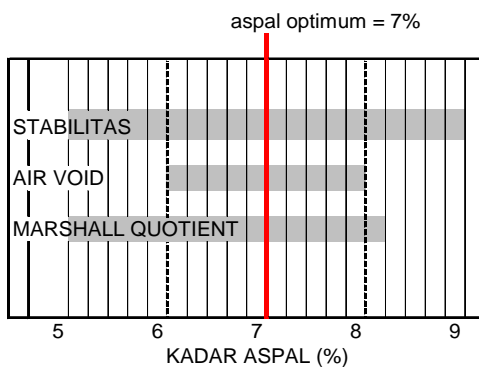


Gambar 3 (c)

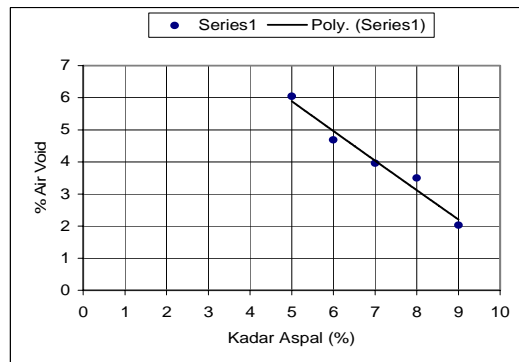
Gambar 3. Hasil Analisa Marshall HRS B



Gambar 5 (b)



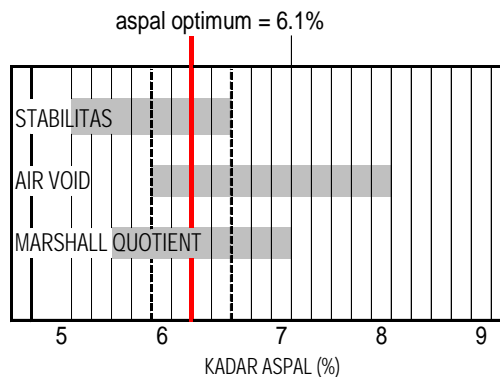
Gambar 4. Penentuan Aspal Opt. HRS B



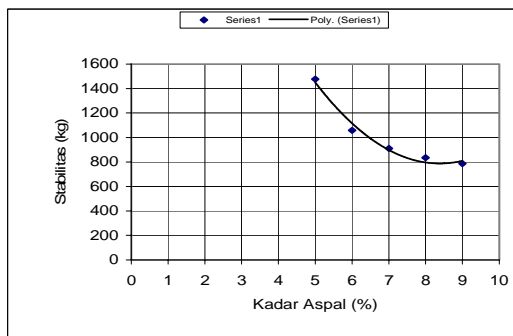
Gambar 5 (c)

Gambar 5. Hasil Analisa Marshall AC

Hasil akhir dari perhitungan data pengujian Marshall untuk campuran tanpa Gilsonite untuk jenis perkerasan AC dapat dilihat pada Gambar 5. Dengan mengacu pada spesifikasi pada Tabel 3, dibuatlah gambar untuk menentukan besarnya kadar aspal optimum sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6. Dari gambar tersebut didapatkan kadar aspal optimum untuk perkerasan AC pada penelitian ini sebesar 6.1%.

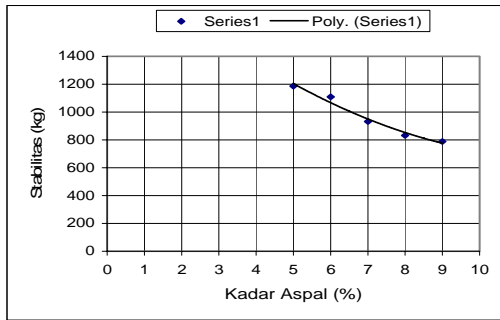


Gambar 6. Penentuan Aspal Opt. AC

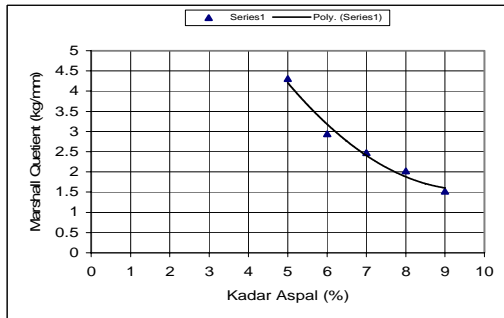


Gambar 5 (a)

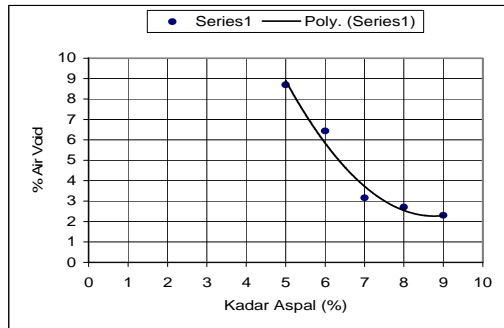
Hasil akhir dari perhitungan data pengujian Marshall untuk campuran tanpa Gilsonite untuk jenis perkerasan ATB dapat dilihat pada Gambar 7. Dengan mengacu pada spesifikasi pada Tabel 4, dibuatlah gambar untuk menentukan besarnya kadar aspal optimum sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8. Dari gambar tersebut didapatkan kadar aspal optimum untuk perkerasan AC pada penelitian ini sebesar 6%.



Gambar 7 (a)

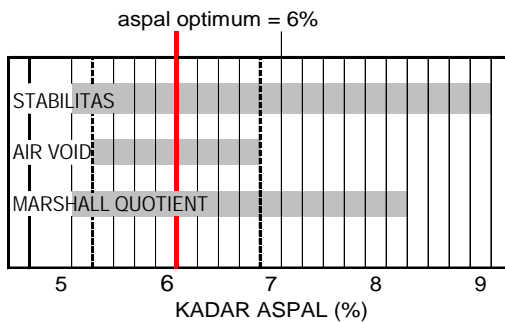


Gambar 7 (b)



Gambar 7 (c)

Gambar 7. Hasil Analisa Marshall ATB



Gambar 8. Penentuan Aspal Opt. ATB

4.5. Pemeriksaan Campuran Aspal dengan Alat Wheel Tracking

Wheel Tracking adalah alat yang digunakan untuk menguji ketahanan deformasi dari campuran aspal. Pengujian ini dilakukan di Puslitbang Jalan Departemen Pekerjaan Umum Bandung. Hasil dari pengujian Wheel Tracking sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 8 s/d 10.

Tabel 8. Hasil Uji Wheel Tracking HRS B

Waktu (menit)	Passing (lintasan)	Deformasi Benda Uji (mm)					
		0% Gilsonite Resin			8% Gilsonite Resin		
		Tanpa Perendaman	Rendam 1 hari	Rendam 2 hari	Tanpa Perendaman	Rendam 1 hari	Rendam 2 hari
0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	21	1.21	1.24	1.24	0.91	1.05	1.18
5	105	1.73	1.76	1.78	1.33	1.42	1.63
10	210	1.95	2.00	2.03	1.65	1.77	1.92
15	315	2.12	2.16	2.18	1.72	1.86	1.98
30	630	2.43	2.55	2.58	1.98	2.11	2.22
45	945	2.70	2.81	2.89	2.14	2.29	2.40
60	1260	2.94	3.07	3.16	2.31	2.47	2.60
Laju Deformasi, (mm/menit)		0.0160	0.0173	0.0180	0.0113	0.0120	0.0133
Stabilitas Dinamis, (lintasan/menit)		2625.00	2423.08	2333.33	3705.88	3500.00	3150.00

Tabel 9. Hasil Uji Wheel Tracking AC

Waktu (menit)	Passing (lintasan)	Deformasi Benda Uji (mm)					
		0% Gilsonite Resin			6.8% Gilsonite Resin		
		Tanpa Perendaman	Rendam 1 hari	Rendam 2 hari	Tanpa Perendaman	Rendam 1 hari	Rendam 2 hari
0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	21	0.87	0.92	0.99	0.58	0.70	0.80
5	105	1.24	1.37	1.53	0.87	1.00	1.15
10	210	1.44	1.64	1.86	1.05	1.18	1.32
15	315	1.58	1.81	2.07	1.17	1.30	1.44
30	630	1.88	2.15	2.51	1.40	1.52	1.65
45	945	2.10	2.42	2.79	1.54	1.65	1.78
60	1260	2.29	2.62	3.02	1.65	1.76	1.90
Laju Deformasi, (mm/menit)		0.0127	0.0133	0.0153	0.0073	0.0073	0.0080
Stabilitas Dinamis, (lintasan/menit)		3315.79	3150.00	2739.13	5727.27	5727.27	5250.00

Tabel 10. Hasil Uji Wheel Tracking ATB

Waktu (menit)	Passing (lintasan)	Deformasi Benda Uji (mm)					
		0% Gilsonite Resin			9% Gilsonite Resin		
		Tanpa Perendaman	Rendam 1 hari	Rendam 2 hari	Tanpa Perendaman	Rendam 1 hari	Rendam 2 hari
0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	21	0.88	0.93	1.04	0.58	0.71	0.76
5	105	1.25	1.39	1.57	0.86	1.02	1.14
10	210	1.45	1.67	1.90	1.07	1.17	1.30
15	315	1.59	1.83	2.10	1.15	1.31	1.43
30	630	1.91	2.18	2.55	1.42	1.53	1.64
45	945	2.12	2.45	2.83	1.56	1.65	1.75
60	1260	2.33	2.67	3.09	1.68	1.78	1.90
Laju Deformasi, (mm/menit)		0.0140	0.0147	0.0173	0.0080	0.0087	0.0100
Stabilitas Dinamis, (lintasan/menit)		3000.00	2863.64	2423.08	5250.00	4846.15	4200.00

Berdasarkan hasil analisa Marshall pada Gambar 4, untuk campuran HRS B besarnya kadar aspal optimum adalah 7%. Dari uji Marshall didapatkan nilai stabilitas sekitar

962 kg (spec : 550 - 1250 kg), Marshall Quotient 2.6 (spec : 1.8 - 5), % Rongga dalam campuran 4.39 (spec : 3 - 6). Dari nilai-nilai tersebut di atas ternyata kualitas Hot Mix yang menggunakan aspal prima 55 masih memenuhi persyaratan teknis. Perendaman yang dilakukan sampai dengan 2 hari memberikan penurunan nilai stabilitas sampai dengan 883 kg. Berdasarkan hasil pengujian *Wheel Tracking* (Tabel 9), kualitas hot mix HRS B yang menggunakan aspal prima 55 memberikan nilai stabilitas Dinamis 2625 lintasan/ menit (spec : > 2500 lintasan/ menit). Akan tetapi hasil perendaman selama 2 hari memberikan penurunan yang berarti terhadap Stabilitas Dinamisnya yaitu menjadi 2333 lintasan/ menit, yang artinya bahwa kualitas hot mix yang menggunakan aspal prima 55 kurang tahan terhadap pengaruh air.

Berdasarkan hasil analisa Marshall pada Gambar 5, untuk campuran AC besarnya kadar aspal optimum adalah 6.1% . Hasil Uji Marshall untuk aspal opt tsb mempunyai nilai stabilitas sekitar 1058 kg (spec : > 1000 kg), Marshall Quotient 3.54 (spec : 2.5 - 5), % Rongga dalam campuran 4.43 (spec : 3 - 5). Dari nilai-nilai tersebut di atas ternyata kualitas Hot Mix yang menggunakan aspal prima 55 masih memenuhi persyaratan teknis. Perendaman yang dilakukan sampai dengan 2 hari memberikan penurunan nilai stabilitas sampai dengan 938 kg (< 1000 kg), yang artinya bahwa kualitas hot mix yang menggunakan aspal prima 55 kurang tahan terhadap pengaruh air. Berdasarkan hasil pengujian *Wheel Tracking* (Tabel 9), kualitas hot mix AC yang menggunakan aspal prima 55 memberikan nilai stabilitas Dinamis 3316 lintasan/ menit (spec : > 2500 lintasan/ menit). Akan tetapi hasil perendaman selama 2 hari memberikan penurunan yang berarti terhadap Stabilitas Dinamisnya yaitu menjadi 2739 lintasan/ menit.

Berdasarkan hasil analisa Marshall pada Gambar 6, untuk campuran ATB besarnya kadar aspal optimum adalah 6% . Hasil uji Marshall pada kadar aspal opt. tsb memberikan nilai stabilitas 1294 kg (spec : 450 - 1500 kg), Marshall Quotient 2.44 (spec : 1.8 - 5), % Rongga dalam campuran 5.11 (spec : 3 - 6). Dari nilai-nilai tersebut di atas ternyata kualitas Hot Mix yang menggunakan aspal prima 55 masih memenuhi persyaratan

teknis. Perendaman yang dilakukan sampai dengan 2 hari) memberikan penurunan nilai stabilitas sampai dengan 1057 kg. Berdasarkan pengujian *Wheel Tracking* (Tabel 10), kualitas hot mix ATB yang menggunakan aspal prima 55 memberikan nilai stabilitas Dinamis 3000 lintasan/ menit (spec : > 2500 lintasan/ menit). Hasil perendaman selama 2 hari memberikan penurunan terhadap Stabilitas Dinamisnya yang begitu besar yaitu 2423 lintasan/menit, yang artinya bahwa kualitas hot mix untuk jenis ATB yang menggunakan aspal prima 55 kurang tahan terhadap pengaruh air.

4.6. Pengaruh Gilsonite terhadap Sifat Campuran

Dengan pemberian Gilsonite sebesar 8% dari 7% aspal optimum pada campuran HRS B, terjadi peningkatan yang cukup besar terhadap Stabilitas Marshall yaitu dari 962 menjadi 1422 kg, namun di atas kadar gilsonite 8% nilai stabilitasnya cenderung menurun lagi. Sedangkan perilaku dari nilai-nilai Marshall Quotient dan % Rongga dalam campuran untuk semua variasi kadar gilsonite yang dicoba (6%,8%,10% dan 12%) keseluruhannya masih masuk pada range spesifikasi yang telah disyaratkan. Oleh karena itu untuk lapisan perkerasan HRS B yang menggunakan aspal prima 55 sebaiknya diberikan tambahan Gilsonite sebesar 8% dari aspal optimum.

Pemberian Gilsonite untuk campuran AC sebesar 6.8% dari 6.1% aspal optimum, memberikan peningkatan stabilitas Marshall yaitu dari 1060 kg menjadi sekitar 1300 kg , namun di atas kadar gilsonite 6.8% nilai stabilitasnya cenderung menurun lagi. Sedangkan perilaku dari nilai-nilai Marshall Quotient (MQ) dan % Rongga dalam campuran adalah sebagai berikut : pada kadar gilsonite di atas 10% nilai MQ-nya berada di bawah 2.5 kg/mm yang berarti keluar dari batas spesifikasi (2.5 s/d 5 kg/mm), sedangkan pada kadar gilsonite 7% nilai % rongga udara dalam campuran yang didapat sudah melebihi batas spesifikasi 5, dimana batasnya adalah 3 sampai dengan 5. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kadar Gilsonite untuk jenis perkerasan AC dalam penelitian ini

dapat diberikan sebesar 6.8 % dari aspal optimum yang didapat.

Berdasarkan hasil analisa Marshall, untuk campuran ATB tanpa Gilsonite, besarnya kadar aspal optimum adalah 6% . Nilai tersebut mempunyai stabilitas Marshall 1300 kg. Stabilitas tersebut akan meningkat seiring dengan bertambahnya penambahan kadar Gilsonite, namun diatas 9% tidak menampakan kenaikan yang berarti. Sedangkan nilai Marshall Quotient dan % rongga udara dalam campuran untuk semua variasi kadar gilsonite yang dicoba keseluruhan menunjukkan nilai yang masuk dalam range spesifikasi.

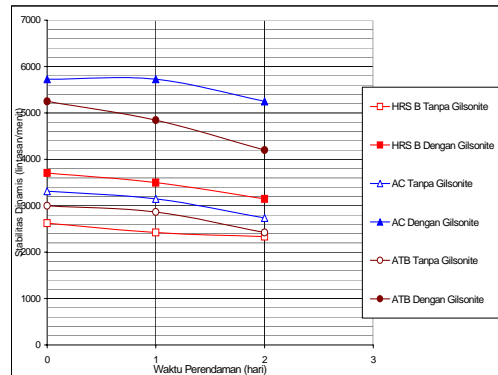
Berdasarkan hasil pengujian Wheel Tracking untuk ketiga jenis perkerasan (HRS B, AC dan ATB) yang menggunakan aspal prima 55 saja (tanpa dicampur gilsonite) untuk kondisi tanpa perendaman memberikan nilai Stabilitas Dinamis berturut-turut, 2625, 3315 dan 3000 lintasan/menit dengan laju deformasi berturut-turut 0.0160, 0.0127 dan 0.0140 mm/ menit. Nilai-nilai Stabilitas Dinamis tersebut sudah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan (yaitu 2500 lintasan/menit).

Sedangkan untuk sample yang telah dicampur dengan Gilsonite Resin (8% untuk HRS B , 6.8% untuk AC dan 9% untuk ATB), hasil pengujian Wheel Tracking memberikan peningkatan nilai stabilitas yang cukup tinggi yaitu untuk HRS B 1.4 kalinya (dari 2625 menjadi 3705 lintasan/menit), sedang AC terjadi peningkatan 1.73 kali (dari 3315 menjadi 5727 lintasan/ menit) dan ATB terjadi peningkatan 1.75 kali (dari 3000 menjadi 5250 lintasan/ menit). Namun demikian untuk mengetahui pengaruh stabilitas terhadap perendaman air (jika struktur perkerasan dilapangan tergenang air banjir), maka diperlukan pengujian stabilitas benda uji pada sample yang terlebih dahulu direndam air selama 1 hari dan 2 hari.

4.7. Pengaruh Gilsonite terhadap Perencanaan Air

Salah satu penyebab kerusakan lapisan perkerasan campuran aspal panas adalah akibat pengaruh genangan air pada perkerasan tersebut. Unsur Oksigen yang

ada di air membantu terjadinya oksidasi pada aspal sehingga sifat-sifat adhesi maupun kohesinya akan hilang. Akibatnya aspal mudah terkelupas dari butiran agregat ataupun cracking jika diamati di lapangan. Tanda-tanda yang dapat dilihat dari kondisi ini di laboratorium adalah berkurangnya nilai stabilitas sampai dibawah nilai stabilitas yang disyaratkan.



Gambar 7.9 Pengaruh perendaman pada Stabilitas

Penambahan Gilsonite ternyata memberikan hasil yang bagus terhadap nilai Stabilitas Marshall maupun Stabilitas Dinamis untuk ketiga jenis perkerasan yang direndam sampai 2 hari. Stabilitas Marshall yang didapatkan untuk campuran HRS B, AC dan ATB setelah direndam 2 hari berturut-turut adalah 1441, 1144, dan 1251 kg. Sedangkan Stabilitas Dinamis yang didapatkan dari Wheel Tracking Test untuk HRS B, AC, ATB yang telah direndam 2 hari adalah sebagai berikut: 3150, 5250 dan 4200 lintasan/menit. Dari hasil tersebut terlihat bahwa nilai Stabilitas Marshall maupun Dinamis untuk sample yang direndam 2 hari untuk ketiga jenis perkerasan yang di tes memberikan nilai yang lebih tinggi dari sample tanpa Gilsonite dan tanpa direndam. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan Gilsonite Resin benar-benar dapat meningkatkan kualitas aspal prima baik peningkatan fisik aspal maupun peningkatan kekuatan campuran hot mix-nya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil percobaan di laboratorium, beberapa kesimpulan yang dapat diambil yaitu :

- Hasil pengujian kualitas aspal prima 55 menunjukkan bahwa sifat-sifat fisik aspal: penetrasi, titik nyala dan titik lembek yang diuji tidak memenuhi persyaratan (spesifikasi aspal multigrade), kecuali berat jenis dan daktilitas. Dengan demikian kualitas aspal prima 55 perlu diperbaiki.
- Penambahan Gilsonite Resin dengan kadar = 6.8% dari berat aspal prima 55 ternyata dapat memperbaiki kualitas sifat-sifat fisik aspal prima 55. Pencampuran Gilsonite tersebut memberikan kecenderungan nilai penetrasi aspal prima 55 makin menurun yaitu dari 73.4 pada kadar 0% menjadi 56,8 pada kadar 12%. Penurunan nilai penetrasi ini memberikan indikasi akan menjadikan meningkatnya tingkat kekerasan campuran sehingga menambah kemampuan mendukung beban berat. Pengaruh sifat fisik yang lainnya adalah semakin tinggi kadar Gilsonite semakin tinggi pula nilai daktilitas, titik nyala maupun titik lembeknya. Nilai daktilitas yang tinggi berarti tingkat kohesinya semakin baik tetapi lebih peka terhadap perubahan temperatur. Namun apabila didasarkan pada hasil titik lembeknya yang semakin tinggi (dari 53.5°C pada 0% Gilsonite menjadi 71.5 °C pada penambahan gilsonite 12%, ini berarti kepekaan terhadap perubahan temperatur bisa direduksi, sehingga dari segi tes fisik saja penambahan Gilsonite pada aspal prima 55 dapat memberikan peningkatan terhadap kualitasnya.
- Berdasarkan hasil analisa Marshall untuk campuran HRS B, AC dan ATB, nilai Stabilitas yang diperoleh adalah berturut-turut 962, 1058 dan 1294 kg, sehingga masih memenuhi persyaratan (spesifikasi) yang ditetapkan. Disamping itu untuk syarat Marshall Quotient dan rongga dalam campuran untuk ketiga jenis hot mix yang dibuat dengan aspal prima 55 juga masuk dalam spesifikasi.
- Berdasarkan hasil uji Wheel Tracking, Stabilitas Dinamis untuk HRS B, AC dan ATB berturut-turut adalah 2625, 3316 dan 3000 lintasan/menit sehingga masih memenuhi spesifikasi yang ditetapkan.
- Akan tetapi pada hasil uji perendaman 2 hari, baik pada Uji Marshall maupun Wheel Tracking terjadi penurunan stabilitas yang cukup signifikan yaitu hasilnya berada dibawah spesifikasi yang ditetapkan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kualitas Hot Mix yang menggunakan aspal prima 55 kurang tahan terhadap pengaruh air.
- Penambahan Gilsonite pada aspal prima 55 ternyata dapat meningkatkan harga Stabilitas Marshall dan Stabilitas Dinamis yang cukup besar. Dan yang cukup menjanjikan adalah pengaruh perendaman perkerasan terhadap penurunan kekuatannya ternyata dapat direduksi, sehingga pemakaian Gilsonite ini sangat cocok untuk daerah yang rawan banjir.
- Dari hasil penelitian ini kadar Gilsonite yang perlu ditambahkan untuk masing-masing jenis perkerasan yang menggunakan aspal prima 55 adalah sebagai berikut: (i) untuk HRS B, Gilsonite yang perlu ditambahkan adalah 8% dari berat aspal optimum yang didapatkan; (ii) untuk AC, Gilsonite yang perlu ditambahkan adalah 6.8% dari berat aspal optimum yang didapatkan; dan (iii) untuk ATB, Gilsonite yang perlu ditambahkan adalah 9% dari berat aspal optimum yang didapatkan.

5.2. Saran

Untuk menghindari kesulitan dalam pencampuran Gilsonite + Aspal prima 55 di AMP nantinya, karena pada saat pelaksanaan percobaan dilaboratorium sulit untuk mendapatkan campuran yang betul-betul homogen (sering terjadi penggumpalan), maka diperlukan suatu fabrikasi tersendiri untuk pencampuran Gilsonite dan Aspal Prima 55, sehingga pada saat pemakaian di Pugmill (AMP) sudah berupa aspal cair yang siap untuk disemprotkan pada agregat.

DAFTAR PUSTAKA

- Bima Kimia Citra, P.T (1994), *Upaya Peningkatan Mutu Stabilitas Perkerasan Jalan Dengan Penggunaan Bahan Pengaya Gilsonite Resin*, (unpublished).
- Bina Marga (2003), *Teknologi Campuran Perkerasan Jalan Untuk Lalu-lintas Berat dan Padat*, Jakarta

- Brown, Stephen Professor (1990), *The Shell Bitumen Handbook*, Shell Bitumen U.K.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, Direktorat Bina Program Jalan, Second Nine Provinces Road, Rehabilitation Project, Buku 3, *Spesifikasi Umum*.
- Puslitbang Jalan, Dept. PU (1993), *Penelitian Bahan Gilsonite untuk Campuran Jenis HRS*, (unpublished).
- Basuki Rachmad (1997), *Pengaruh Penambahan Gilsonite Resin Terhadap Kadar Aspal Optimum Pada Asphalt Concrete*, Puslit-ITS.
- Romagsa, Henry (1987), *Gilsonite-An Asphalt Modifier for High Stability Pavement, proc.of Konferensi Tahunan Teknik Jalan III*, Bandung.
- Sukirman, Silvia (1992), *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung.
- Sutarno (2004), *Pengaruh Air Laut terhadap Aspal Concrete yang Menggunakan Campuran Aspal prima 55*, Tesis, MMT-ITS, Surabaya

Identifikasi Potensi Sumber Daya Air Kabupaten Pasuruan

Sukobar

Dosen D3 Teknik Sipil FTSP-ITS

email: sukobar@ce.its.ac.id

ABSTRAK

Identifikasi Potensi Sumber Daya Air perlu dilakukan karena air merupakan salah satu kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia. Potensi air secara keseluruhan terdiri dari air permukaan dan air bawah tanah, air permukaan dapat langsung mengalir ke laut melalui permukaan tanah, sedangkan air bawah tanah adalah cadangan air yang ada dalam tanah dan dapat keluar ke permukaan tanah berupa sumber - sumber air. Dengan diketahuinya kapasitas air permukaan dan air bawah tanah diharapkan dapat memaksimalkan hasil manajemen sumber daya air. Metodologi Identifikasi Potensi Sumber Daya Air Kabupaten Pasuruan adalah dengan cara melakukan studi teoritis, pengamatan lapangan (survey) dan investigasi untuk mendapatkan data (informasi) yang berkaitan dengan keperluan analisa dan kajian. Beberapa data sekunder yang dibutuhkan antara lain data klimatologi, data/peta geologi, data/peta hidrologi, Curah Hujan dll. Data primer dapat diperoleh dari : Survey Sumber - sumber Air, Survey/Pengukuran Geolistrik, Citra Satelit (LandSat/RadarSat). Dari hasil identifikasi tersebut di Kabupaten Pasuruan ternyata mempunyai kapasitas air permukaan $4.933.876.748 \text{ m}^3 / \text{tahun}$, kapasitas air bawah tanah $629.946.438 \text{ m}^3 / \text{tahun}$ dengan total volume air tanah yang ada di dalam akuifer adalah sebesar $1.826.699.720 \text{ m}^3$.

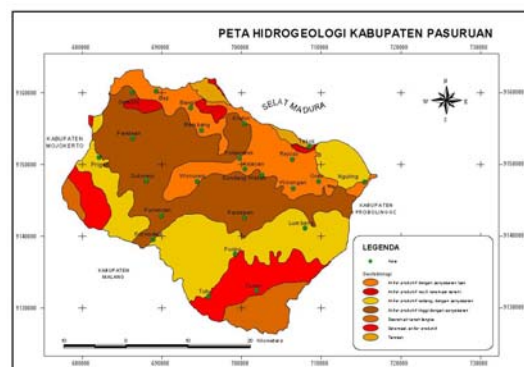
1. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia, oleh sebab itu diperlukan ketersediaan air yang memenuhi persyaratan mutu (kualitas) sesuai dengan persyaratan, dalam jumlah (kuantitas) yang cukup dan tersedia setiap waktu (Kontinu). Air juga merupakan salah satu sumber daya alam yang mempunyai nilai ekonomis yang tinggi bila dikelola dengan baik dan optimal.

Pengembangan dan pemanfaatan sumber daya air akan meningkat seiring dengan laju pertumbuhan penduduk, peningkatan taraf hidup dan pertumbuhan perekonomian daerah. Seiring dengan kondisi tersebut akan terjadi perubahan tata guna lahan (tata ruang) daerah, yang tentunya akan mengakibatkan keseimbangan air di daerah tersebut akan berubah.

Mengingat kedua hal tersebut diatas, maka sudah selajaknya upaya pengembangan sumber daya air yang berwawasan

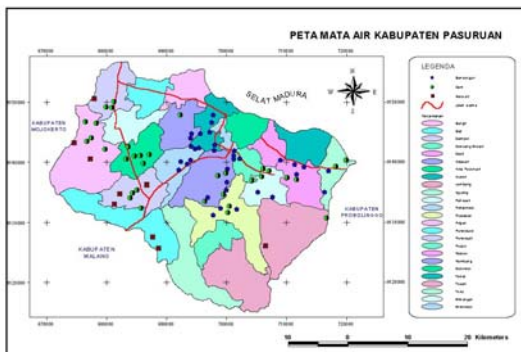
lingkungan dan berkelanjutan mutlak dilakukan, dalam artian setiap kegiatan konservasi / pengembangan sumber daya air harus disesuaikan dengan potensi yang ada, sehingga tidak mengakibatkan efek negatif pada lingkungan yang akan mengganggu kelangsungan ketersediaan sumber daya air di masa datang.



Gambar 1. Peta Hidrogeologi Kab. Pasuruan

Kabupaten Pasuruan memiliki sumber daya air yang cukup besar ditinjau dari segi kuantitas, dengan kondisi kualitas air yang baik. Potensi sumber daya air di Kabupaten Pasuruan khususnya Air Bawah Tanah juga sangat besar. Salah satu mata air (Termasuk Air Bawah tanah) yang memiliki debit dan kualitas air yang sangat baik adalah Mata Air Umbulan.

Pada penelitian ini akan meneliti tentang posisi dan sebaran, kapasitas, kualitas air dari sumber daya air (Air Permukaan dan Air Bawah Tanah) di Kabupaten Pasuruan.



Gambar 2. Peta Mata Air Kab. Pasuruan

2. TINJAUAN PUSTAKA

Potensi sumber daya air meliputi Potensi Kapasitas Air dan Potensi Kualitas Air.

Air hujan yang jatuh di Bumi yang mengalir di atas permukaan tanah (Inter Flow) dan dibawah permukaan tanah (Overland Flow) disebut Surface Run Off (SRO) / Air Permukaan. Aliran - aliran tersebut menyatu menjadi sungai, danau dan pada akhirnya menuju ke laut.

Sedangkan air hujan yang masuk ke dalam tanah dan meresap ke lapisan bawah tanah (Infiltrasi) disebut Air Bawah Tanah (Ground Water Flow). Lapisan pembawa air disebut akuifer / penghantar. Lapisan pembawa air yang letaknya diatas lapisan kedap udara disebut akuifer bebas, sedangkan lapisan pembawa air yang letaknya dibawah lapisan kedap udara disebut akuifer tertekan. Dengan masuknya air menuju akuifer tertekan (Perkolasi), membuat jenuh penghantar tersebut. Permukaan bagian jenuh itu disebut Muka Air Tanah

(Permukaan Freatik). Air didalam akuifer tertekan mengalir menuju danau, sungai dan ke laut, tetapi apabila ada retakan atau patahan pada lapisan akuifer tersebut maka air di dalam akuifer tersebut naik ke permukaan menjadi mata air atau dapat menjadi sumur artesis.

2.1. Air Permukaan

Kapasitas air pada masing - masing Daerah Tangkapan Air di Kabupaten Pasuruan dipengaruhi oleh parameter - parameter :

- Curah hujan.
- Luas daerah tangkapan air.
- Kondisi permukaan air.
- Kondisi geologi.
- Evaporasi.

Dalam analisa Kapasitas Air Permukaan tahapan analisa yang dilakukan antara lain :

- Menentukan stasiun - stasiun hujan yang berpengaruh terhadap Daerah Tangkapan Air.
- Menentukan Curah Hujan Minimum Tahunan dengan periode tinjauan selama 10 tahun.
- Menentukan Curah Hujan setelah dikurangi faktor evaporasi.
- Menentukan Waktu Kosentrasi masing - masing Daerah Tangkapan Air. Waktu kosentrasi tergantung pada Panjang sungai dan kemiringan.
- Menentukan Intensitas Hujan (I).
- Menghitung rata - rata koefisien pengaliran masing - masing Daerah Tangkapan Air.
- Menghitung debit atau kapasitas aliran Daerah Tangkapan Air.

Kapasitas Air Permukaan = $C \times I \times A$

C = Koefisien

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

A = Luas Catchment Area (m^2)

2.2. Air Bawah Tanah

Kapasitas air bawah tanah di pengaruhi oleh parameter - parameter :

- Jumlah air hujan (Presipitasi).
- Lapisan permukaan (Run Off) / Air Permukaan.
- Penguapan (Evaporasi).

2.3. Cadangan Air Bawah Tanah

Jumlah cadangan air bawah tanah di pengaruhi oleh parameter - parameter :

- Luas aquifer.
- Tebal aquifer.
- Prositas aquifer.
- Kondisi tekanan di aquifer.

Dasar atau acuan yang digunakan untuk menganalisa cadangan air bawah tanah antara lain :

- Pengukuran Geolistrik.
- Peta Geologi.
- Peta Geohidrologi.

Penyebaran air tanah berkaitan dengan kondisi cekungan yang dibatasi oleh pegunungan. Volume aquifer yang ada di

Kabupaten Pasuruan dihitung dengan menggunakan rumus :

$$V \text{ aquifer} = V \text{ batuan} \times S$$

$$V \text{ air tanah} = V \text{ aquifer} \times \text{Kesarangan}$$

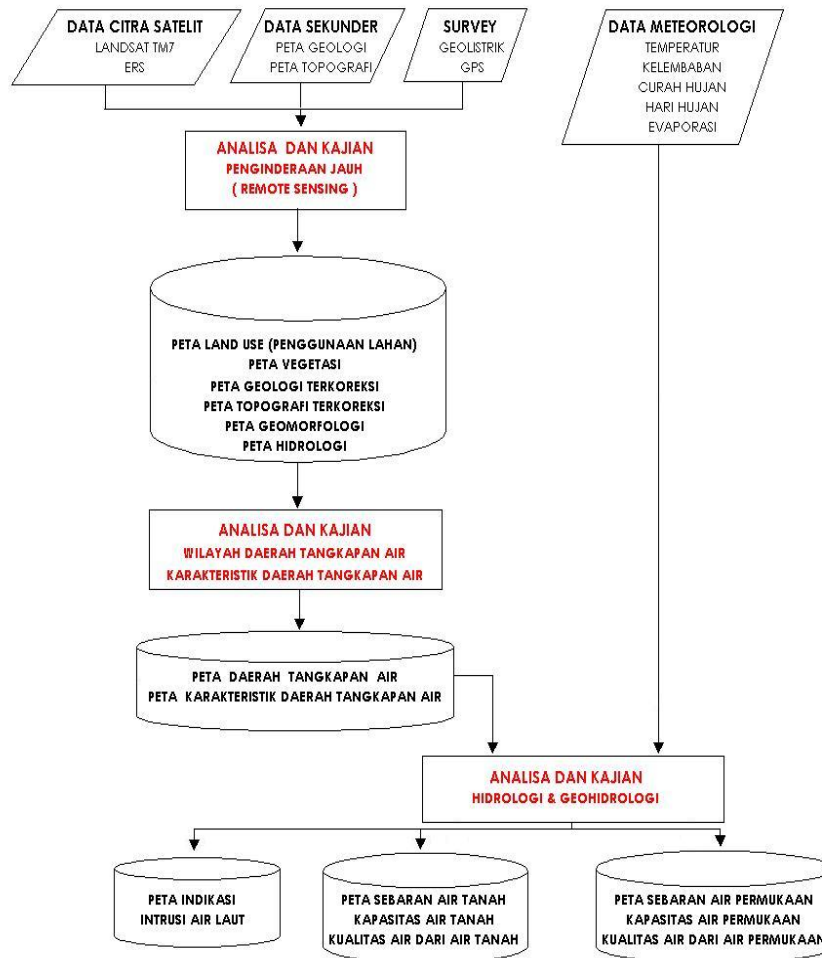
Dimana :

V air tawar adalah volume air tawar yang dapat ditampung oleh aquifer.

V aquifer adalah volume aquifer berdasarkan pengamatan dan data DirJEN Geologi Tata Lingkungan dan Pertambangan dan Energi.

3. METODOLOGI

Studi teoritis dan studi lapangan (survey) mengenai identifikasi Potensi Sumber Daya Air Kabupaten Pasuruan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut, yaitu :



Gambar 3. Metodologi

1. Melakukan survey dan investigasi untuk mendapatkan data (informasi) yang berkaitan dengan keperluan analisa dan kajian. Beberapa data sekunder yang dibutuhkan antara lain data klimatologi, data/peta geologi, data/peta hidrologi dll. Data primer dapat diperoleh dari : Survey Sumber -sumber Air, Survey /Pengukuran Geolistrik, Citra Satelit (LandSat/ RadarSat) dll.

2. Melakukan analisa dan kajian Posisi dan Sebaran Sumber Daya Air di Kabupaten Pasuruan.
3. Melakukan analisis dan kajian Kapasitas Sumber Air yang ada di Kabupaten Pasuruan.
4. Melakukan analisis dan kajian Kualitas Air dari Sumber Daya Air yang ada di Kabupaten Pasuruan, termasuk identifikasi intrusi air laut bila ada.

4. HASIL PENELITIAN

4.1. Kapasitas Air Permukaan

Dalam menentukan kapasitas air di Kabupaten Pasuruan, Wilayah Kabupaten di bagi menjadi delapan Daerah Tangkapan Air (Catchment Area). Pembagian Daerah Tangkapan Air berdasarkan kondisi geomorfologi dan topografi Kabupaten Pasuruan.

Kapasitas air permukaan per Daerah Tangkapan Air dapat dilihat pada Tabel 1.

4.2. Kapasitas Air Bawah Tanah

Dalam rangka pelestarian sumber daya air khususnya air bawah tanah, maka dalam menentukan kapasitas tanah didasarkan dari jumlah air hujan yang masuk ke dalam tanah pada periode tertentu.

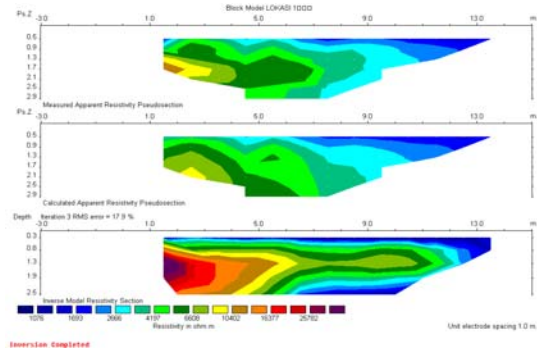
Kapasitas Air Bawah Tanah per Daerah Tangkapan Air (Catchment Area) dapat dilihat pada Tabel 2.

4.3. Cadangan Air Bawah Tanah

Cadangan air bawah tanah merupakan jumlah air yang ada di Lapisan Pembawa Air Tanah (Aquifer). Cadangan air bawah tanah harus tetap atau konstan supaya muka air dari bawah tanah tidak turun. Penurunan muka air dari air bawah tanah akan mengakibatkan muka air di sumur akan turun, aliran mata air mengecil dan intrusi air laut.

Pengukuran Geolistrik di Kabupaten Pasuruan dilakukan di 4 lokasi. Penentuan lokasi didasarkan pada bentang alam dan fisiografi Kabupaten Pasuruan.

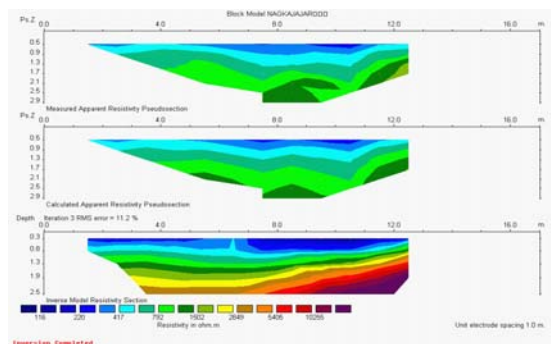
Lokasi 1 terletak di Kecamatan Tosari merupakan areal perkebunan, morfologi lembah antar gunung, kemiringan 5⁰ dan tanah penutup berukuran lempeng berwarna hitam.



Gambar 4. Kenampakan lava di lokasi 1 yang mengalir tegak lurus dengan arah pengukuran.

Hasil survey geolistrik dari lokasi 1 menunjukkan bahwa potensi air bawah sangat kecil, kecuali ada retakan - retakan karena patahan. Tanah pelapukan sangat tipis sehingga kurang baik untuk areal perkebunan.

Lokasi 2 terletak di Kecamatan Nangkajajar, merupakan areal ladang, morfologi perbukitan bergelombang dengan kemiringan 15 %. Soil berukuran lempung berwarna hitam ke coklat.



Gambar 5. Pelapukan lava basal yang menghasilkan lapisan pasir dan kerikil dengan kedalaman 1,3 meter.

Tabel 1. Kapasitas Air Permukaan per Daerah Tangkapan Air

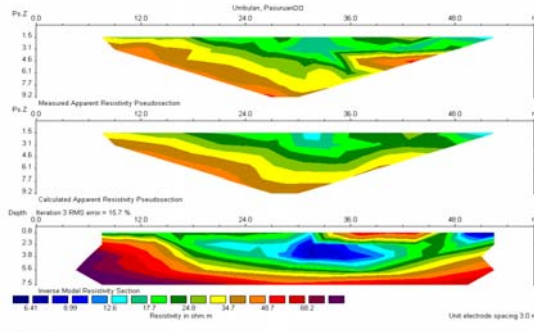
No.	Nama DAS	C	I mm / Jam	A m ²	Kapasitas Air Permukaan m ³ / Tahun
1.	Sub Sub DAS Kambang	0,671	1,571	42.849.790	395.331.892
2.	Sub Sub DAS Kedunglarangan	0,659	0,783	301.423.963	1.361.655.144
3.	Sub Sub DAS Masangan	0,654	0,531	65.027.800	197.651.435
4.	Sub Sub DAS Welang	0,664	0,549	369.023.700	1.178.219.785
5.	Sub Sub DAS Petung dan Gembong	0,652	0,538	248.269.200	761.661.959
6.	Sub Sub DAS Rejoso	0,652	0,332	281.581.200	534.072.896
7.	Sub Sub DAS Laweyan	0,653	0,386	200.710.000	442.616.637
8.	Sub Sub DAS Bromo	0,754	0,670	14.167.730	62.666.998
Kapasitas Total					4.933.876.748

Tabel 2. Kapasitas Air Bawah Tanah per Daerah Tangkapan Air.

No.	Nama DAS	1 - C	R rata - rata mm / Tahun	A m ²	Kapasitas Air Bawah Tanah m ³ / Tahun
1.	Sub Sub DAS Kambang	0,330	1.540	42.849.790	21.736.209
2.	Sub Sub DAS Kedunglarangan	0,341	1.543	301.423.963	158.687.210
3.	Sub Sub DAS Masangan	0,346	1.505	65.027.800	33.854.426
4.	Sub Sub DAS Welang	0,336	1.384	369.023.700	171.655.950
5.	Sub Sub DAS Petung dan Gembong	0,349	1.280	248.269.200	110.747.925
6.	Sub Sub DAS Rejoso	0,348	793	281.581.200	77.730.772
7.	Sub Sub DAS Laweyan	0,347	768	200.710.000	53.468.993
8.	Sub Sub DAS Bromo	0,246	592	14.167.730	2.064.952
Kapasitas Total					629.946.438

Penampang bawah permukaan di lokasi 2 menunjukkan bahwa potensi air bawah permukaan sangat kecil kecuali karena patahan dan retakan. Di daerah setempat muncul mata air karena retakan dan patahan.

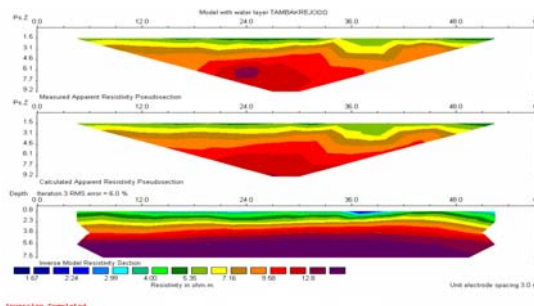
Lokasi 3 terletak di Desa Umbulan, Kecamatan Umbulan. Lokasi pengukuran di sekitar mata air Umbulan. Morfologi dataran bergelombang dengan kemiringan 10 % dan merupakan areal perkebunan, pada lingkungan konglomerat, soil berukuran lempung berwarna coklat.



Gambar 6. Kenampakan pelapukan dari breksi autoklastik di Desa Umbulan yang menghasilkan lempung dan lanau.

Gambar 6 menunjukkan bahwa potensi air bawah tanah di umbulan terjadi karena retakan dan patahan pada breksi autoklastik. Tanah pelapukan batuan breksi sangat subur dan baik untuk perkebunan.

Lokasi 4 terletak di desa Tambakrejo, Kecamatan Pasuruan, merupakan areal persawahan, morfologi dataran, kemiringan 2 %. Soil berukuran lempung berwarna coklat.



Gambar 7. Penampang lapisan tanah penutup pada kedalaman 0-6 m dan lanau sampai kedalaman 7,5 meter di bawah permukaan tanah

Penampang bawah permukaan di lokasi 4 menunjukkan bahwa air bawah tanah di kecamatan pasuruan terdapat pada

kedalaman lebih besar dari 7,5 meter di bawah permukaan.

S (koefisien cadangan adalah volume air yang dapat disimpan oleh suatu akuifer setiap satuan luas akuifer pada satu satuan perubahan kedudukan muka airtanah baik pada airtanah bebas maupun airtanah tertekan.

Tabel Harga S berdasarkan Akuifer(Suharyadi, 1984)

Untuk akuifer bebas, tebal akuifer = 30 berdasarkan data geolistrik tanah penutup atau soil memiliki ketebalan 6 meter, sehingga ketebalan efektif akuifer = 24 meter. Luas untuk daerah akuifer bebas = 214.260.200 meter persegi dan porositas untuk endapan aluvium = 35 %, maka :

$$\begin{aligned} \text{Vakuifer} &= 214.260.200 \times 24 \\ &= 514.224.800 \text{ m}^3 \\ \text{V airtanah} &= 514.224.800 \times 0,35 \\ &= 1.799.785.680 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Untuk akuifer tertekan, tebal rata-rata = 8 meter untuk endapan tuff robano, luasan akuifer = 722.851.000 meter persegi, sehingga

$$\begin{aligned} \text{Vakuifer} &= 722.851.000 \times 8 \\ &= 5.782.808.000 \text{ m}^3 \\ \text{V airtanah} &= 5.782.808.000 \times 0,35 \\ &= 28.914.040 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Total Kapasitas V airtanah di kabupaten Pasuruan = 1.828.699.720 m³

Volume cadangan air bawah tanah di Kabupaten Pasuruan dalam bentuk Tabel ada pada Tabel 3.

Tabel 3 Volume Cadangan Air Bawah Tanah

No	Jenis Akuifer	Volume (m ³)
1.	Akuifer Bebas	1.799.785.680
2.	Akuifer Tertekan	28.914.040
	TOTAL	1.828.699.720

5. KESIMPULAN

- Penentuan kapasitas sumber daya air menggunakan prinsip keseimbangan air (water balance) disesuaikan dengan konsep Pengembangan Sumber Daya Air yang berwawasan lingkungan dan berkesinambungan / berkelanjutan sesuai dengan intisari Rencana Undang - Undang Pengairan.
- Total Kapasitas sumber daya air di Kabupaten Pasuruan 5.563.823.186 m³/tahun atau 193.735 liter/detik dengan

Jenis akuifer	Harga S	Jenis akuifer	Harga S
1. Akuifer bebas	0,01-0,35	1. Akuifer Bebas	0,05 - 0,30
2. Akuifer tertekan	5.10 ⁻⁵ - 5.10 ⁻³	2. Akuifer Bocor	0,001-0,05
		3. Akuifer Tertekan	0,00005-0,003

perincian 4.933.876.748 m³/tahun atau 174.212 liter/detik air permukaan dan 629.946.438 m³/tahun atau 19.523 liter/detik air bawah tanah.

- Cadangan air bawah tanah Kabupaten Pasuruan 1.828.699.720 m³.

6. DAFTAR ACUAN

Acuan yang dipakai untuk penulisan artikel ini adalah :

- Todd, John Wiley and Sons, 1960, "Ground Water Hydrology"
- Chay Asdak, 1995, "Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai", Gajah Mada Univercity Press
- E.M. Wilson, 1990 "Hidrologi Teknik", ITB Bandung
- Ray K. Linsey, Joseph B. Franzuni, Djoko Sasongko, 1991, "Teknik Sumber Daya Air", Erlangga

Perbandingan Biaya Struktur Akibat Alternatif Pondasi dengan Meninjau Interaksi Struktur-Tanah Dasar Studi Kasus Gedung A Teknik Sipil FTSP ITS

Mohamad Khoiri

Staff pengajar D3 Teknik Sipil FTSP ITS

Email: mkhoiri@ce.its.ac.id

ABSTRAK

Gedung A Teknik Sipil ITS adalah gedung dengan denah yang sederhana, simetris, dan tipikal. Lokasi gedung tersebut berada disebelah Rektorat ITS dengan kondisi tanah dasar adalah tanah lunak dengan kedalaman ± 16 m. Sesuai dengan kondisi tersebut perencana biasanya memilih pondasi tiang pancang atau pondasi mat sebagai struktur bawahnya. Untuk memikul beban struktur pada sebuah titik Kolom perencana dapat membuat variasi kedalaman tiang pancang dan jumlahnya. Perencana dapat memilih kedalaman yang kecil dengan jumlah tiang yang banyak atau sebaliknya. Dalam hal ini variasi kedalaman group tiang pancang yang dipilih untuk perbandingan adalah 6m, 9m, 12m dan 16m. Jadi akan dibedakan 5 jenis pondasi yaitu pondasi mat dan 4 variasi pondasi tiang pancang, dan dicari sejauh mana perbedaan biaya pondasi dan biaya sturktur akibat adanya perbedaan penulangan struktur sebagai konsekuensi dari jenis pondasinya. Pemilihan jenis pondasi yang berbeda diatas akan memberikan penurunan yang berbeda pada titik perletakannya. Sedangkan penurunan dapat menyebabkan perubahan pada gaya dalam struktur atas. Demikian pula dimensi balok dan kolom pada struktur atas akan berbeda. Dengan cara interaksi struktur atas dan struktur bawah, perbedaan penurunan dan gaya dalam pada masing-masing struktur tersebut dapat diketahui dan dimensi serta penulangan balok dan kolom dapat direncanakan. Interaksi ini dihitung dengan menganggap struktur atas bertumpu pada pegas. Koefisien pegas diperoleh berdasarkan perumusan $P = k \cdot \Delta$. Dimana Δ adalah penurunan akibat konsolidasi. Perhitungan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa struktur dengan pondasi mat memberikan total biaya paling ekonomis. Selanjutnya diikuti dengan struktur dengan pondasi group tiang pancang 16m, 12m, dan 9m. Sedangkan pondasi tiang dengan kedalaman 6m tidak bisa dilaksanakan karena daya dukung ijinnya terlalu kecil sehingga jumlahtiang yang dibutuhkan terlalu banyak. Untuk struktur dengan pondasi group tiang pancang yang dipancang sampai tanah keras (24m) --tidak akan ada deformasi pada pondasi-- menghasilkan total biaya lebih murah dari group tiang pancang 16 m, akan tetapi tetap lebih mahal dari struktur dengan pondasi mat.

Kata kunci: *Pondasi, Penurunan, Soil-Struktur Interaction*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gedung A Teknik Sipil ITS gedung yang dibangun sebagai tempat perkuliahan yang baru bagi mahasiswa jurusan teknik Sipil ITS. Gedung ini mempunyai denah yang sederhana, simetris, dan tipikal, yang terdiri dari lantai dasar dan 2 lantai diatasnya. Lokasi gedung tersebut berada di sebelah gedung rektorat ITS, dengan kondisi tanah adalah tanah lunak dengan kedalaman ± 16 m.

Berdasarkan kondisi diatas, biasanya perencana memilih pondasi tiang pancang

atau pondasi mat sebagai struktur bawahnya. Menurut Bowles (1988) daya dukung tiang pancang didapatkan dari gaya gesekan yang terjadi pada luasan selimut tiang pancang dan daya dukung pada ujung tiang pancang. Dengan demikian, untuk memikul beban yang sama besarnya perencana dapat membuat variasi kedalaman tiang pancang dan jumlahnya. Perencana dapat memilih kedalaman yang kecil dengan jumlah tiang pancang yang banyak, atau memperbesar kedalaman sehingga akan mengurangi jumlah tiang pancang untuk tiap perletakan.

Akan tetapi perbedaan kedalaman dan jumlah tiang pancang atau penggunaan pondasi mat, walaupun dirancang untuk memikul beban struktur yang sama, ternyata memberikan penurunan -- akibat deformasi tanah -- yang berbeda pada titik perletakannya. Tavo (1996) menyebutkan akibat beban struktur tanah akan terjadi deformasi, yang sebaliknya deformasi tanah akan mempengaruhi/merubah gaya-gaya dalam pada struktur. ini berarti dengan pemilihan jenis pondasi yang berbeda diatas, akan memberikan konsekuensi pada gaya dalam yang berbeda pada struktur atasnya. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya perbedaan penulangan pada balok induk dan kolom pada struktur tersebut.

Dengan demikian pemilihan jenis pondasi pada struktur atas yang sama akan memberikan perbedaan pada total biayanya. Perbedaan tersebut selain berasal dari biaya pondasi yang berbeda, juga disebabkan oleh biaya struktur atas yang berbeda. Untuk itu penulis ingin membandingkan diantara perbedaan kedalaman dan jumlah tiang pancang serta penggunaan pondasi mat, alternatif mana yang akan memberikan biaya yang paling ekonomis pada gedung A Teknik Sipil ITS ini.

Dalam hal ini jenis pondasi yang dipilih adalah group tiang pancang dengan kedalaman 6m, 9m, 12m dan 16m serta pondasi mat. Jadi akan dibedakan 5 jenis pondasi yaitu pondasi mat dan 4 jenis pondasi tiang. Penentuan kedalaman tiang pancang diatas didasarkan pada panjang tiang pancang yang umumnya tersedia dipasaran.

1.2. Permasalahan

1. Bagaimana perencanaan berbagai alternatif pondasi yang dipilih.
2. Bagaimana perencanaan struktur atas akibat gaya dalam yang berbeda pada setiap tipe struktur sebagai akibat dari interaksi dari struktur atas dengan tanah pondasi.
3. Bagaimana perbandingan biaya total struktur atas dan bawah dari masing-masing tipe pondasi yang dipilih. Perbandingan ini

untuk penentuan jenis pondasi yang mana yang lebih ekonomis.

1.3. Batasan Masalah

Perhitungan biaya hanya dihitung berdasarkan volume material beton, penulangan, dan biaya pemancangan saja. Belum termasuk biaya yang disebabkan oleh perbedaan durasi proyek akibat tingkat kesulitan yang berbeda pada setiap tipe struktur bawah dan atas. Perencanaan terhadap struktur atas meliputi penentuan dimensi dan penulangan lentur-geser pada kolom dan balok induknya, sedangkan perencanaan bangunan bawah meliputi penentuan dimensi dan penulangan pilecap, sloff, dan pelat mat, serta penentuan tiang pancang.

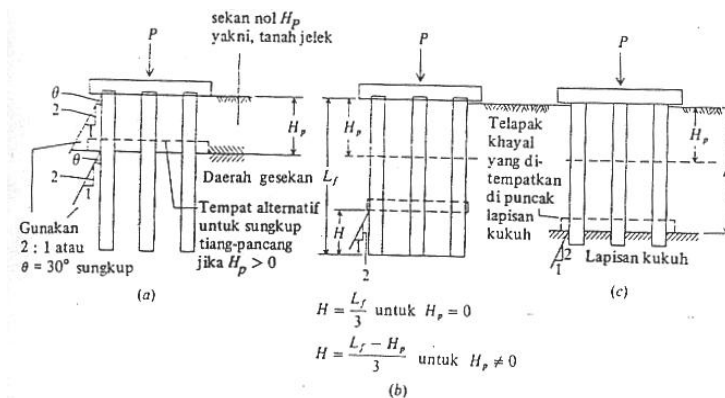
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penurunan (*Settlement*)

Tanah selalu mempunyai peranan yang penting dalam mendirikan suatu konstruksi. Tanah merupakan pendukung dari konstruksi yang berdiri diatasnya. Penambahan beban vertikal yang diletakkan diatas suatu deposit tanah akan mengakibatkan terjadinya deformasi pada tanah tersebut. Secara umum deformasi yang terjadi dapat berupa perubahan bentuk (*Distorsion*), perubahan volume (*Compression*) atau dapat berupa gabungan dari keduanya. Total penurunan (*Settlement*) adalah merupakan total deformasi vertikal pada permukaan tanah akibat penambahan beban diatasnya. Seperti didirikannya suatu gedung, dibuatnya jalan, dan lain-lain.

Besar penurunan akhir dari konstruksi sebagai akibat dari memampatnya tanah di bawah pondasi konstruksi yang bersangkutan dan lamanya selang waktu yang dibutuhkan untuk memampat merupakan tujuan utama dalam menganalisa penurunan (*Settlement*). Untuk maksud tersebut maka perlu diketahui sebelumnya besar dan distribusi gaya-gaya luar yang bekerja pada tanah pondasi.

Penurunan (*Settlement*) yang terjadi pada lapisan tanah dasar akibat beban diatasnya mempunyai tiga komponen yaitu ; penurunan segera, penurunan konsolidasi dan penurunan sekunder.



Gambar 1. Penyederhanaan distribusi tegangan kelompok tiang ke dalam tanah

$$S_t = S_i + S_c + S_s$$

dimana :

- S_t = Penurunan total (Total settlement).
- S_i = Penurunan segera (Immediate settlement).
- S_c = Penurunan konsolidasi primer (Consolidation / primary settlement)
- S_s = Penurunan sekunder (Secondary settlement).

2.2. Tegangan Tanah Pada Tiang Pancang Kelompok.

Tegangan-tegangan tanah pada lapisan tanah yang diakibatkan oleh kelompok tiang pancang seringkali diperlukan untuk membuat taksiran kekuatan atau penurunan. Bowles (1988) menyatakan tegangan-tegangan disini sangat sukar ditaksir karena beberapa alasan :

1. Pengaruh pile cap --biasanya bersentuhan langsung dengan tanah kecuali pada pile cap tanah ekspansif. Hal ini mengakibatkan tanah yang disentuh dan tiang pancang yang memikul beban berinteraksi secara tak tentu.
2. Distribusi efek gesekan sepanjang tiang pancang, umumnya tidak diketahui, karena itu beban titik juga tidak diketahui.
3. Kelebihan (overlap) tegangan dari tiang-tiang pancang berdekatan sukar untuk dihitung.
4. Pengaruh pemancangan tiang pancang pada tanah yang berdekatan.
5. Efek yang bergantung pada saat konsolidasi, tixotropy, beban-beban yang

berubah, dan perubahan permukaan air tanah.

Dengan mempertimbangkan semua variabel ini, maka pada prakteknya sudah umum untuk menyederhanakan perhitungan tegangan, seperti yang digambarkan dalam Gambar 1. Untuk tiang pancang gesekan ada dua hal yang dapat ditinjau. Dalam hal pertama (Gambar 1a) beban dianggap tersebar dari sebuah permukaan kaku khayal (fictitious rigid footing) yang ditempatkan pada puncak lapisan, yang memberikan tahanan gesekan pada kemiringan 2:1 (atau 30°). Untuk lapisan homogen hal ini dinyatakan dalam permukaan tanah. Dalam hal kedua, beban ditempatkan pada permukaan kaku khayal yang diletakkan $L/3$ dari dasar tiang pancang (kedalaman rata-rata). (Gambar 1b). Penyebaran beban juga diambil pada 2:1 atau 30° . Bagi tiang pancang end bearing dalam pasir mampat atau endapan batu kerikil-pasir, permukaan kaku khayal yang ditempatkan pada deposit dimana tiang pancang melakukan penetrasi. Muatan tersebar pada kemiringan 2:1 atau 30° (Gambar 1c).

Analisa ini diperlukan untuk menghindari tegangan yang berlebihan (overstressing) pada lapisan dasar. Analisa tersebut juga diperlukan untuk menghitung penurunan segera (immediate settlement) pada endapan butiran bebas atau penunman konsolidasi dalam endapan lempung. Sebuah tiang pancang kelompok dapat meneiuskan beban melalui massa tanah sedalam L_f untuk tiang pancang gesekan maupun ke

kedalaman L untuk tiang pancang end bearing. Tanah yang berada pada kedalaman ini atau yang berada dibawah kedalaman ini harus mengangkut beban tanpa deformasi yang berlebihan, atau beban harus diteruskan atau ditransmisikan kelapisan yang lebih dalam.

2.3. Interaksi antara Struktur Atas, Pondasi dan Tanah

Sampai saat ini banyak perencana di dalam melakukan analisa pada struktur bertingkat mengikui anggapan bahwa struktur dianggap ditumpu secara sempurna diatas tanah yang tidak berdeformasi. Dalam anggapan ini, perletakan struktur atas pondasi biasanya dianggap terjepit ataupun tumpuan sendi yang tidak bergerak, sehingga dengan asumsi tersebut struktur dianggap terpisah dari pondasi maupun tanah, Tavio (1996) menyebutkan, pada kenyataannya antara struktur atas dan pondasi maupun tanah terdapat suatu interaksi dan merupakan satu kesatuan sistem yang utuh. Sebetulnya pada tanah akibat beban struktur akan terjadi deformasi, yang sebaliknya deformasi tanah akan mempengaruhi / merubah gaya-gaya dalam pada struktur.

Dengan demikian analisa struktur yang dilakukan secara terpisah akan menyebabkan perbedaan gaya dalam berbeda dengan analisa interaksi-tanah. Penggunaan analisa yang sederhana diatas sebetulnya terpaksa dilakukan dimasa lalu demi kemudahan saja karena perhitungan analisa struktur dilakukan secara manual dan belum ada program bantu semacam software SAP (Structure Analysis Program). Jadi, untuk perhitungan analisa struktur yang sederhana saja diperlukan waktu yang cukup lama. Akan tetapi, pada masa sekarang telah banyak tersedia program bantu semacam software SAP. Analisa semacam itu haruslah dikaji ulang apakah masih memenuhi atau tidak, atautkah ada batasan-batasan dalam penggunaannya.

Dengan adanya perkembangan teknologi diatas, analisa secara interaksi struktur-tanah menjadi tidak terlalu sulit. Jadi semestinya pondasi harus dianalisa penurunannya akibat beban struktur, sebaliknya gaya dalam tambahan akibat

adanya penurunan pondasi juga harus diperhitungkan.

3. METODOLOGI

Metodologi yang dilaksanakan adalah sebagai berikut ;

1. Mengumpulkan data struktur gedung dan data tanahnya.
2. Menentukan pembebanan yang diterima oleh struktur menurut Peraturan Pembebanan Indonesia (PPI) (1983), dan selanjutnya dibuat permodelan strukturnya untuk SAP90.
3. Dilakukan analisa struktur pada permodelan struktur diatas, dengan bantuan progam SAP90, sehingga didapatkan gaya-gaya untuk perencanaan pondasi tiang.
4. Merencanakan pondasi group tiang pancang dengan urutan sebagai berikut ;
 - Menentukan dimensi tiang pancang yang paling ekonomis.
 - Menghitung daya dukung ijin tiang pancang tunggal dari dimensi yang terpilih diatas, untuk kedalaman rencana 6, 9, 12, dan 16 m, dengan metode Nottingham dan Schmertman (1975).
 - Merencanakan jumlah dan susunan tiang pancang untuk kedalaman rencana 6, 9, 12, dan 16 m.
5. Menentukan penyebaran gaya pada masing-masing group tiang pancang
6. Menentukan koefisien pegas pada group tiang pancang dengan urutan sebagai berikut ;
 - Dihitung penurunan konsolidasi yang terjadi (Δ) berdasarkan gaya yang terjadi (P) dan penyebaran gayanya.
 - Koefisien pegas (k) dapat dihitung sbb ; $k = P/\Delta$.
 - k yang telah didapat dipasang pada tiap perletakan, dan selanjutnya dilakukan analisa struktur dengan SAP90 --hanya menggunakan beban hidup dan beban mati-- sehingga didapatkan beban aksial (P) pada tiap-tiap perletakan. Akibat beban P tersebut, dihitung kembali penurunan konsolidasi yang terjadi, sehingga didapatkan Δ dan k yang baru, pada tiap perletakan.
 - Begitu selanjutnya sehingga didapatkan harga P dan k yang semakin konvergen.

- Harga k terakhir yang didapatkan adalah koefisien pegas pada group tiang pancang.
 - Iterasi diatas dilakukan pada semua group tiang pancang kedalaman 9, 12, dan 16 m.
7. Menentukan koefisien pegas tanah pada pondasi MAT dengan urutan sbb ;
 - Menghitung penurunan rata-rata (settlement consolidation) tanah akibat beban merata yang sebanding dengan berat gedung dibagi luasan pondasi MAT. Adapun caranya adalah sbb ;
Penurunan rata-rata =
(Penurunan rata-rata sudut MAT + Penurunan pada pusat MAT) / 2
 - Dilakukan analisa struktur dengan SAP90 dimana MAT foundation dimodelkan sebagai shell, yang terletak diatas pegas-pegas. Harga koefisien pegas (k) ditentukan dengan cara coba-coba sehingga didapatkan penurunan rata-rata yang sama dengan penurunan rata-rata pada perhitungan settlement consolidation diatas.
 8. Menentukan gaya dalam akhir yang bekerja pada masing-masing struktur akibat perbedaan jenis pondasi dengan urutan sbb ;
 - Dilakukan analisa struktur untuk mendapatkan gaya dalam akibat beban mati dan akibat beban hidup dengan koefisien pegas (k) yang sesuai dengan jenis pondasinya.
 - Dilakukan analisa struktur akibat beban gempa dengan perletakarn dimodelkan sebagai sendi.
 - Dilakukan perhitungan kombinasi gaya dalam yang terjadi pada masing-masing struktur sesuai dengan SKSNI (1991).
 9. Dari gaya dalam yang didapatkan diatas, dilakukan perhitungan penulangan lentur balok, penulangan geser balok, penulangan kolom, penulangan pelat MAT, dan penulangan poer sesuai dengan SKSNI (1991).
 10. Dilakukan perhitungan biaya akibat penulangan lentur balok, penulangan geser balok, penulangan koiom., penulangan pelat MAT, penulangan poer,

dan biaya yang ditimbulkan oleh tiang pancang.

11. Dari hasil diatas, dilakukan perbandingan biaya pada struktur sesuai dengan pondasi masing-masing

4. ANALISA DAN PERHITUNGAN

4.1. Penentuan jumlah tiang

Penentuan jumlah tiang pancang dilakukan dengan menghitung daya dukung ijin tiang pancang tunggal 30x30 untuk kedalaman rencana 6, 9, 12, dan 16m. Karena ukuran tiang tersebut (30x30cm) adalah yang paling ekonomis. Perhitungan daya dukung tersebut dilakukan pada semua data sondir S1, S2, S3, S4, S5 dan S6. Dari perhitungan diketahui Pijin untuk kedalaman 6 m = 2.393 kg, untuk 9 m = 5.198 kg, untuk 16 m = 18.915 kg, dan untuk 16m = 36.091 kg.

Dari output SAP90 - dengan perletakan sendi - diketahui bahwa gaya aksial maksimum yang terjadi pada perletakan (dari 14 titik perletakan yang ada) adalah 229.196 kg. Berdasarkan data-data diatas, dengan mempertimbangkan efisiensi tiang pancang group, maka dapat ditentukan jumlah dan konfigurasi tiang pancang pada perletakan. Dalam perencanaan ini spasing yang digunakan adalah 2,5D. Sebab Bowles (1988) menyebutkan bahwa spasing minimum yang dapat dipakai adalah 2D, sedang untuk gaya-gaya vertikal, spasing yang optimum adalah 2,5 sampai 3,5D.

Tabel 1. Jumlah titik tiang tiap perletakan

Kedalaman	Jml tiang	Keterangan
6m	>120	*)
9m	80	10x8
12m	20	5x4
16m	12	4x3

*) alternatif ini dibatalkan karena secara teknis tidak bisa dilaksanakan.

Untuk selanjutnya dari konfigurasi tersebut dapat dicari nilai Δ dan k pada tiap tipe pondasi tersebut.

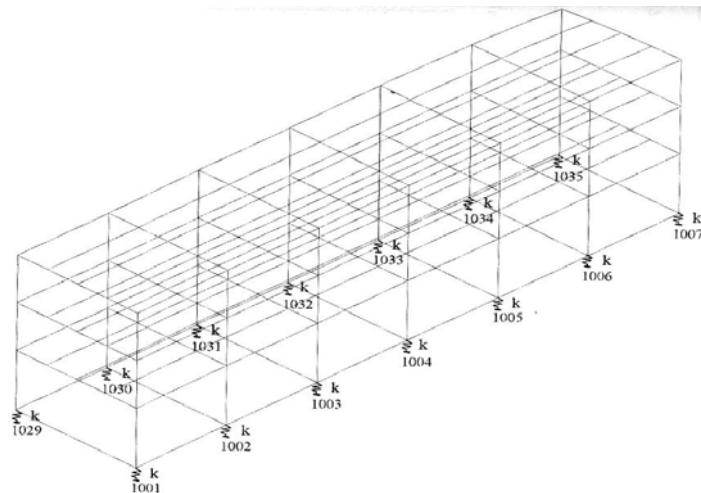
4.2. Penentuan nilai k dan Δ untuk tiang group

Hasil Δ dan k dianalisa terhadap data tanah titik B, sebab data tanah titik B memberikan nilai yang minimum. Harga P=195 ton diatas merupakan gaya yang terjadi pada salah

satu perletakan Selanjutnya nilai k tersebut dipasang pada perletakan dan dilakukan analisa struktur dengan SAP90 sehingga didapatkan lagi harga P pada tiap-tiap perletakan Harga P tersebut digunakan kembali untuk menghitung Δ dan k Harga k yang didapatkan pada masing masing perletakan digunakan lagi untuk analisa struktur, yang menghasilkan kembali harga P. Begitu selanjutnya sehingga harga P yang didapatkan relatif sama dengan harga P pada iterasi sebelumnya Harga k dan P setelah iterasi dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil k tsb selanjutnya digunakan untttk analisa struktur sehingga didapatkan gaya dalam pada struktur atas.

4.3. Penentuan nilai k dan Δ untuk MAT
Beban pondasi MAT didesain berdasarkan beban gedung total dibagi dengan luas total pondasi MAT kemudian dihitung penurunannya sehingga dapat dicari nilai 'k' nya. Dari perhitungan didapatkan :

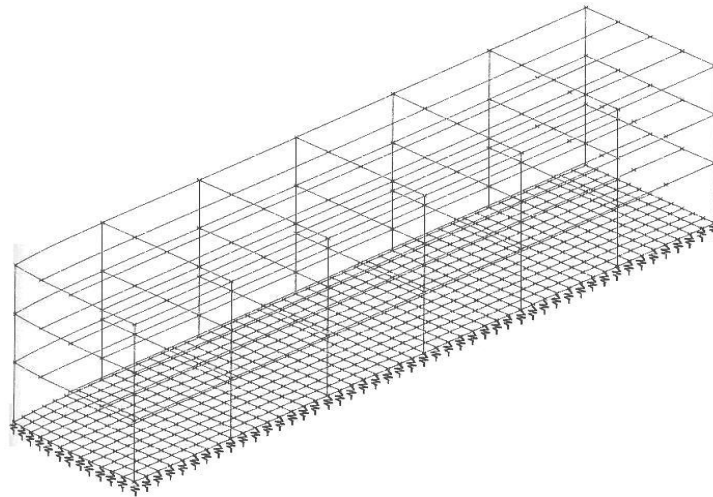
- Beban Mat q = 3,8 t/m²
- Luas MAT = 9,6x43,2 m²
- Tebal = 30 cm
- Penurunan sudut = 0,162 m
- Penurunan pusat = 0,703 m
- Penurunan rata2 (Δ) = 0,432 m
- k = 11,212 t/m



Gambar 2. Pemodelan struktur utk Pondasi Tiang Pancang Group

Tabel 2. Nilai k dan P setelah mencapai kondisi konvergen

No.	Titik Perletakan	Group TP s/d -9m		Group TP s/d -12m		Group TP s/d -16m	
		k (ton/m)	P (ton)	k (ton/m)	P (ton)	k (ton/m)	P (ton)
1	1001	767.01	160	296.67	162	523.81	156
2	1002	721.43	181	305.64	181	542.40	181
3	1003	703.30	194	311.18	193	553.47	196
4	1004	697.52	199	313.57	198	557.56	201
5	1005	699.18	197	313.02	197	555.82	199
6	1006	705.75	192	310.66	191	550.77	192
7	1007	727.30	177	305.01	179	536.90	174
8	1029	767.82	159	296.49	161	523.64	156
9	1030	722.03	180	305.44	180	542.20	181
10	1031	703.95	193	310.89	192	553.15	196
11	1032	698.41	198	313.14	197	557.00	201
12	1033	700.03	196	312.35	195	554.81	198
13	1034	708.70	190	309.62	189	549.00	190
14	1035	733.13	174	303.65	176	534.00	170



Gambar 3. Pemodelan struktur utk Pondasi MAT

Dari data tersebut kemudian struktur dapat dimodelkan dan dilakukan analisa struktur dan penulangannya.

4.3. Pondasi group tiang pancang s/d tanah keras (-24m)

Setelah diketahui perbandingan biaya dari struktur dengan pondasi mat dan pondasi group tiang dengan kedalaman 9m, 12m, dan 16m, --yang mana terjadi deformasi pada titik perletakkannya-- maka perlu ditinjau biaya struktur apabila kedalaman pemancangan sampai pada tanah keras sehingga dianggap tidak terjadi deformasi pada titik perletakkannya. Dengan demikian analisa struktur atas dilakukan dengan cara biasa, dengan menganggap perletakan sebagai jepit. Hal tersebut bisa terjadi apabila harga Pijin tiang pancang --sudah termasuk efisiensi tiang pancang group-- sama dengan 3x harga Pmaks.

Dari perhitungan yang telah dilakukan, group tiang pancang dianggap tidak terjadi deformasi apabila pemancangan dilakukan sampai dengan kedalaman 24m dengan jumlah tiang pancang = 4 buah untuk tiap perletakan.

Tabel 3. Jumlah titik tiang perletakan jepit

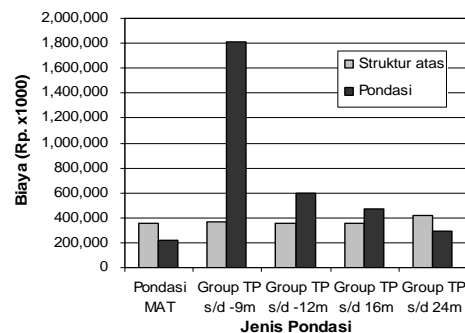
Kedalaman	Jml tiang	Keterangan
24m	4	2x2

4.4. Perhitungan Biaya

Perhitungan biaya terhadap struktur atas dan struktur bawah (pondasi) hanya didasarkan pada biaya beton, tulangan, dan pemancangan. Resume dari perhitungan biaya dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 4.

Tabel 4. Resume biaya struktur atas dan pondasi

Jenis Pondasi	Biaya	
	Struktur Atas (x 1000)	Pondasi (x 1000)
Pondasi MAT	Rp 356,526	Rp 220,329
Group TP s/d -9m	Rp 363,253	Rp 1,806,467
Group TP s/d -12m	Rp 360,799	Rp 599,786
Group TP s/d 16m	Rp 359,563	Rp 473,270
Group TP s/d 24m	Rp 419,243	Rp 294,420



Gambar 4. Grafik perbandingan biaya struktur atas dan pondasi

5. KESIMPULAN

1. Struktur dengan pondasi mat ditinjau dari pembiayaan akibat struktur atas dan ' struktur bawah, memberikan biaya total yang paling ekonomis, selanjutnya diikuti dengan struktur dengan pondasi group tiang pancang 16m, 12m, dan 9m.
2. Perbedaan jumlah total biaya banyak terutama banyak dipengaruhi oleh biaya akibat struktur bawah (pondasi).
3. Pembiayaan balok lantai 2 memberikan harga yang paling besar daripada biaya balok lantai 3 dan lantai 4 (atap). Hal ini terjadi pada semua jenis struktur, kecuali pada struktur dengan pondasi mat yang paling mahal adalah biaya balok lantai 1 (dasar) karena berfungsi sebagai pondasi.
4. Perbandingan biaya balok antara tipe struktur yang satu dengan yang lainnya menunjukkan pembiayaan akibat balok lantai 2 memberikan selisih harga yang paling besar, kemudian diikuti dengan biaya balok 3. Sedangkan biaya balok 4 (atap) pada masing-masing jenis struktur memberikan harga yang relatif sama.
5. Pembiayaan kolom pada tipe struktur dengan pondasi mat memberikan harga yang paling besar, seterusnya diikuti dengan tipe struktur dengan pondasi group tiang pancang 9m, 12m, dan 16m.
6. Tinjauan total biaya terhadap struktur dengan pondasi group tiang pancang kedalaman sampai dengan tanah keras (s/d -24m) memberikan harga yang lebih murah dari struktur dengan pondasi group tiang pancang kedalaman 16m,

tetapi total biaya struktur dengan pondasi mat tetap memberikan harga yang paling ekonomis.

6. DAFTAR ACUAN

- Bowles, 1968, *Foundation Analysis and Design*, New York: Mc Graw Hill Book Company.
- Das, B. M., 1988, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Alih Bahasa : Endah. N., Mochtar, Jakarta: Erlangga.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1991, *Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SKSNI. T-15-1991-03*, Bandung : Yayasan LPMB.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1983, *Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung 1983*, Bandung : Yayasan LPMB.
- Nottingham, L.C. and Shmertmann, J.H., 1975, "An Investigation of Pile Capacity Design Procedures", Final Report D 629 to Florida Departement of Transportation from Departement of Civil Engineering, Florida: University of Florida.
- Wahyudi, H, 1995, *Beberapa Metoda Perhitungan Daya dukung Tiang Pondasi*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Wang, C.K and Salmon, C.G. terj. Binsar H., 1990, *Design Beton Bertulang Jilid 1 dan 2*, edisi ke 4, Jakarta: Erlangga.
- Wilson dan Habibullah, A., 1989, *Structural Analisis Programs 90Tm*, California: Computer & Structures INC., University Avenue Berkeley.

FORMULIR BERLANGGANAN

Kepada Yth.,

Ketua Dewan Redaksi "Jurnal APLIKASI"
Program Diploma Teknik Sipil FTSP ITS
Kampus ITS Manyar, Jl. Menur 127 Surabaya, 60116
Telp. 031-5947637, 5927419; Fax. 031-5938025
Email : aplikasi@ce.its.ac.id

Yang bertanda tangan dibawah ini saya :

Nama :
Alamat :
Telp./Fax. :
Email :

Mohon didaftar sebagai pelanggan "Jurnal APLIKASI" mulai edisi : Pebruari / Agustus *), Volume Nomor Tahun

Bersama ini kami lampirkan copy bukti tranfer beaya berlangganan sebesar**):
(pilih salah satu)

- Rp. 100.000/tahun (untuk Pulau Jawa dan Bali)
 Rp. 125.000/tahun (untuk luar Pulau Jawa dan Bali)

melalui bank:

BCA KCP Ratu Plaza
No. Rek.: 5250115026
a.n. Tatas

Selanjutnya, saya mohon Jurnal APLIKASI dapat dikirim ke alamat saya tersebut diatas.

Demikian permohonan saya, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

.....
Pelanggan,
.....

*) Coret yang tidak perlu

***) Lampirkan copy bukti transfer beaya langganan

Halaman ini sengaja dikosongkan

PUSAT PENDIDIKAN & PELATIHAN JASA KONSTRUKSI (PUSDIKLAT JAKON)

Sertifikasi bidang teknik sipil untuk :

- Pelaksana
- Pengawas
- Juru Gambar
- Juru Ukur
- Tukang Kayu
- Tukang Batu



LABORATORIUM UJI MATERIAL

1. Uji Beton

- Tes tekan beton
 - Tes tekan paving
 - Mix Desain
- ### 3. Uji Bahan Jalan
- Tes Asphalt
 - Tes Agregat Jalan

2. Uji Tanah

- Tes Sondir
- Tes Boring
- Tes Laboratorium Tanah
- Desain Pondasi

LABORATORIUM PERMODELAN TEKNIK SIPIL

1. Survey Topografi
2. Studi hidrologi dan hidrolika
3. Perancangan bangunan air



LABORATORIUM PERANCANGAN DAN TEKNOLOGI BAHAN BANGUNAN

1. Pelatihan Software AutoCAD, SAP2000, Hec-RAS, Epanet.
2. Jasa konsultasi perancangan bangunan gedung, dermaga, jembatan, lapangan terbang dan jalan.

WORKSHOP

- Produksi paving dan batako
- Jasa pengeringan (oven) kayu
- Jasa pemotongan & penghalusan kayu
- Jasa pengelasan listrik dan gas



Halaman ini sengaja dikosongkan