

PENGARUH GAYA PRATEGANG PADA TEGANGAN GESER AKIBAT GAYA LINTANG

H. Ridwan Suhud

Ringkasan

Didalam perencanaan balok-balok beton prategang, biasanya untuk mengurangi tegangan geser yang cukup tinggi akibat gaya lintang, maka diujung balok-balok itu penampangnya diperbesar dengan jalan memperlebar ujung-ujung balok tersebut.

Namun demikian karena keterbatasan-keterbatasan tertentu cara di atas tidak dapat dilakukan. Untuk melihat apakah pelebaran ujung balok itu memang mutlak diperlukan, maka sebaiknya ditinjau dulu pengaruh prategang yang bersangkutan terhadap tegangan geser akibat gaya lintangnya.

Untuk meninjau lebih detail masalah di atas, tulisan ini menyajikan pembahasan mengenai "Pengaruh gaya prategang pada tegangan geser akibat gaya lintang".

Dengan peninjauan ini maka dapat dilihat apakah pada ujung suatu balok beton prategang masih cukup dipasang tulangan sengkang atau harus diperbesar penampangnya.

Summary

To reduce shear stress due to large shear force at the end of prestressed concrete beam, we usually increase its cross section area. However, this method is usually difficult to implement because of many constraints in the design requirements. The effect of prestressing force to shear stress should be checked before one decides to increase the cross section area.

This paper presents the effect of prestressing force to the shear stress, in order to analyze the problem stated above more detail, so that we can know whether we have to increase the cross section area or we just add some stirrups at the end of the beam.

I. PENDAHULUAN

Apabila kita mempunyai balok prategang, maka kita akan melihat bahwa tulangan pada ujung baloknya (endblock) akan cukup sesak, baik dalam arah memanjang maupun dalam arah melintang.

Hal ini disebabkan karena disamping untuk keperluan tulangan gesernya, juga untuk keperluan pengalihan gaya prategang dari kabel ke beton, dimana ujung balok tersebut berfungsi sebagai perletakan, akan menderita tegangan yang sangat tinggi.

Keadaan tulangan seperti di atas, meskipun pada ujung balok tersebut sudah dilakukan pembesaran penampang.

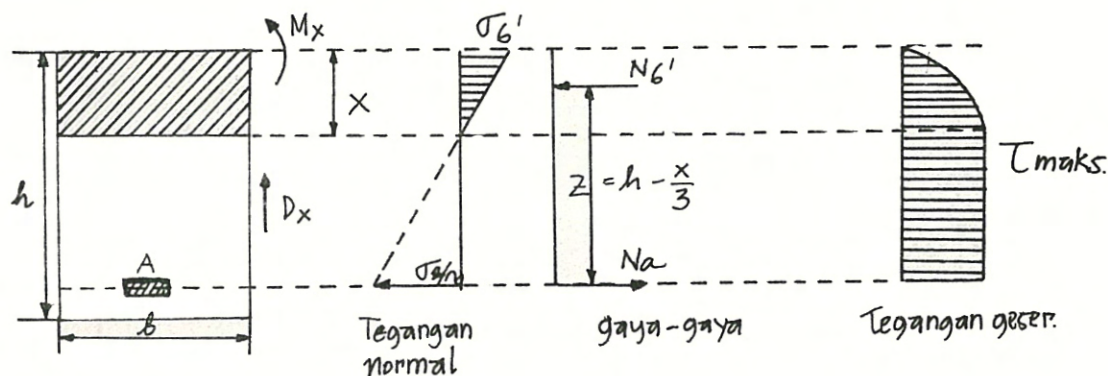
Pada suatu balok beton bertulang biasa, apabila digunakan sengkang sebagai tulangan geser sudah

terlalu rapat, dapat juga ditambah tulangan miring untuk memikul sebagian tegangan geser tersebut.

Pada balok prategang, langkah seperti di atas tidak dapat dilakukan karena hadirnya tendon-tendon prategang serta perlengkapannya. Maka untuk mengurangi sesaknya tulangan sengkang, kita dapat juga memperhitungkan pengaruh gaya prategang. Untuk meninjau pengaruh tersebut, maka kita perlu mengulas dulu keadaan tegangan geser pada balok beton bertulang biasa.

II. TEGANGAN GESER PADA BALOK BETON BERTULANG

II.1. Besarnya tegangan geser



Gambar 1

Misalkan sebuah penampang beton bertulang dengan bentuk segi-4, dimana bekerja momen lentur M_x dan gaya lintang D_x . Distribusi tegangan normal (σ) dan tegangan geser (τ) pada penampang tersebut adalah seperti pada gambar 1.

Menurut mekanika teknik besar tegangan geser τ adalah :

$$\tau = \frac{D.S.}{b.l}, \text{ dimana :}$$

- D : gaya lintang
- S : momen stabil
- b : lebar balok
- l : momen inersia penampang

Oleh karena beton bertulang ini terdiri dari dua jenis material, besi dan beton, maka diperlukan angka ekuivalensi

$$n = \frac{E_a}{E_b}, \text{ dimana :}$$

- E_a : modulus elastisitas besi
- E_b : modulus elastisitas beton (modulus sekan)

Atas dasar ini maka dihitung karakteristik geometrik penampang gabungan :

$$I_i = \frac{1}{3} b x^3 + n A (h-x/3)^2$$

Momen statis terhadap garis netral :

$$\frac{1}{2} b x^2 = n A (h-x)$$

$$\begin{aligned} n A &= \frac{\frac{1}{2} b x^2}{n(n-x)} \\ I_i &= \frac{1}{3} b x^3 + \frac{\frac{1}{2} b x^2}{(h-x)} \cdot (h-x)^2 \\ &= \frac{1}{3} b x^3 + \frac{1}{2} b x^2 \cdot (h-x) \\ &= \frac{1}{2} b x^2 (h - 1/3 x) \end{aligned}$$

$h - 1/3 x = z$, adalah lengan momen

jadi $I_i = \frac{1}{3} b x^2 \cdot z$

Momen statis maksimum terhadap garis netral adalah :

$s_{maks} = \frac{1}{2} b x^2$, maka :

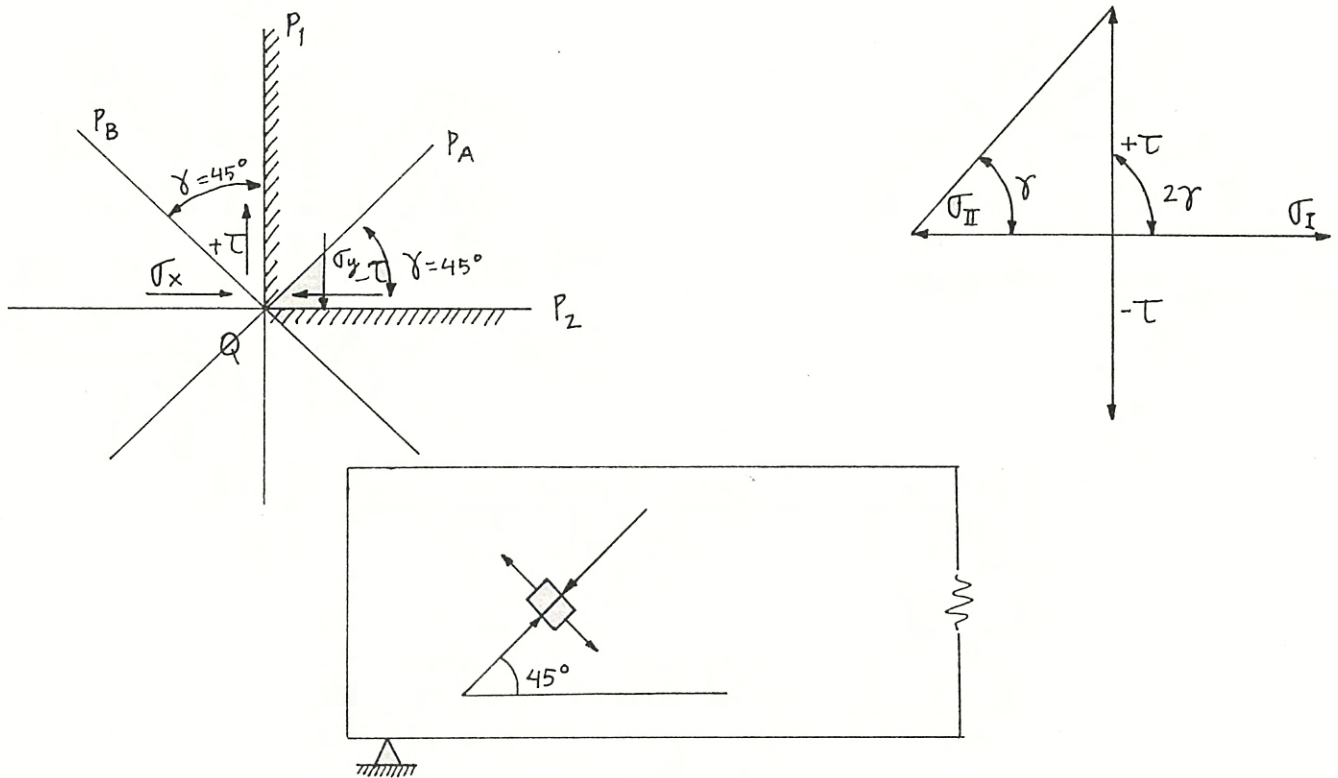
$$\tau_{maks} = \frac{D.S_{maks}}{b.I_i} = \frac{D \cdot \frac{1}{2} b x^2}{b \cdot \frac{1}{3} b x^2 \cdot z} = \frac{D}{b \cdot z}$$

untuk penampang segi-4, $z = \frac{7}{8} h$ dan untuk penampang T, $z = h - \frac{1}{2} t$ dimana t adalah tebal pelat.

II.2. Keadaan tegangan di sekitar tumpuan

Pada tumpuan akan bekerja gaya lintang yang maksimum, yang akan menghasilkan tegangan geser yang maksimum (τ_{maks}). Tegangan maksimum ini akan terjadi pada garis netral, dimana tegangan normal (σ) sama dengan 0.

Dengan perantara lingkaran Mohr, kita akan dapat menghitung tegangan-tegangan utamanya.



Gambar 2

Bidang P_1 : Tegangan normal : $\sigma_x = 0$
Tegangan geser : $+\tau$

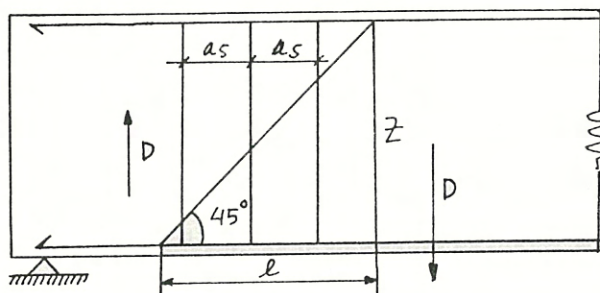
Bidang P_2 : Tegangan normal : $\sigma_y = 0$
Tegangan geser : $-\tau$

Tegangan utama tekan : $\sigma_I = +\tau$

Tegangan utama tarik : $\sigma_{II} = -\tau$

$$2\gamma = 90^\circ \longrightarrow \gamma = 45^\circ \longrightarrow \tan \gamma = 1$$

II.3. Tulangan geser sengkang



Gambar 3

Sudut retak yang terjadi pada balok akibat tegangan geser adalah $= 45^\circ$, maka panjang proyeksi retak pada bidang horizontal adalah :

$$1 = Z \tan 45^\circ = Z$$

Misalkan luas penampang sengkang = A_t dan jarak sengkang = a_s , maka jumlah sengkang di daerah retak :

$$n = \frac{Z}{a_s}$$

Tegangan dalam sengkang

$$\sigma_a = \frac{D}{n \cdot A_t} = \frac{D \cdot a_s}{Z \cdot A_t}$$

Tegangan geser yang dipikul sengkang :

$$\sigma_{\text{sengkang}} = \frac{D}{b \cdot Z}$$

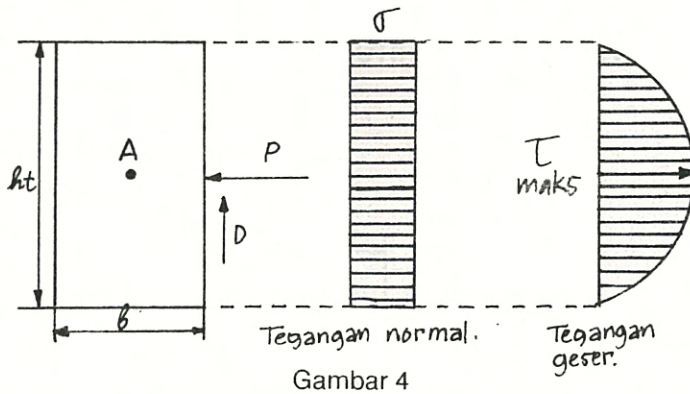
$$\longrightarrow \sigma_{\text{sengkang}} = \frac{a \cdot Z \cdot A_t}{a_s \cdot b \cdot Z} = \frac{a \cdot A_t}{a_s \cdot b}$$

Maka jarak sekarang :

$$a_s = \frac{a \cdot A_t}{\sigma_{\text{sengkang}} \cdot b}, \text{ dimana } D \text{ adalah lebar Balok}$$

III. Tegangan geser pada balok beton prategang

III.1. Besarnya tegangan geser



Gambar 4

Umumnya pada balok beton prategang, diperletakkan eksentrisitas kabelnya = 0 atau sentris, maka distribusi tegangan normal (akibat gaya prategang) menjadi seragam :

$$\sigma = \frac{P}{b \cdot ht}, \text{ dimana : } b = \text{lebar balok} \\ ht = \text{tinggi total balok}$$

$$\text{Tegangan geser : } \tau = \frac{D \cdot S}{b \cdot I}$$

Oleh karena penampang tidak retak :

$$I = 1/12 bht^3 \\ S_{maks} = 1/8 bht^2$$

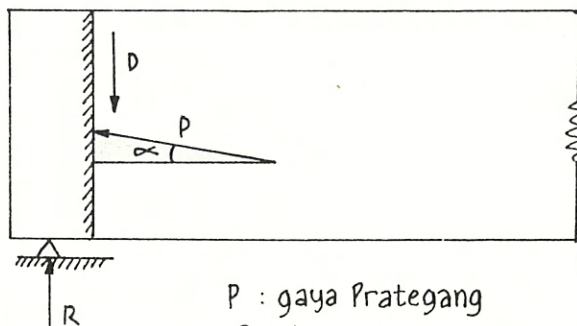
maka tegangan geser maksimum :

$$\tau_{maks} = \frac{D \cdot S_{maks}}{b \cdot I}$$

$$\frac{I}{S_{maks}} = Z = \frac{2}{3} ht, \text{ dengan } Z = \frac{2}{3} ht$$

$$\text{Jadi } \tau_{maks} = \frac{D}{b \cdot Z}, \text{ dengan } Z = \frac{2}{3} ht \\ (\text{penampang segi-4})$$

III.2. Keadaan tegangan di sekitar tumpuan



P : gaya prategang
Gambar 5

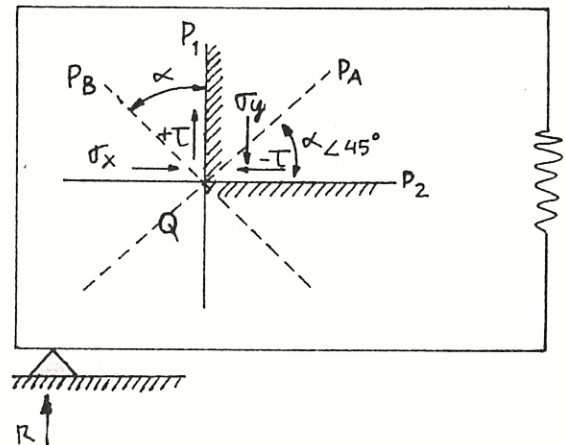
Jika tendon prategang membentuk sudut α dengan titik berat beton (C.g.C), maka akan terjadi pengurangan gaya lintang sebesar $P \sin \alpha$.

$$D_R = D - P \sin \alpha$$

Misalkan pada ujung balok posisi kabel terletak sentris ($e = 0$), sehingga menghasilkan tegangan normal dalam arah sumbu balok σ_x .

Tegangan geser yang terjadi adalah sedangkan tegangan normal dalam arah tegak lurus sumbu balok $\sigma_y = 0$

Berdasarkan tegangan-tegangan tersebut kita dapat membuat lingkaran Mohr-nya sebagai berikut :



Gambar 6

Bidang P_1 : Tegangan normal : $\sigma_x = \sigma$
Tegangan geser : $+\tau$

Bidang P_2 : Tegangan normal : $\sigma_y = 0$
Tegangan geser : $-\tau$

Tegangan-tegangan utama :

$$\text{Tekan : } \sigma_I = \overline{OB} = \overline{OI} + \overline{IB} = \sigma/2 + R$$

$$\text{Tarik : } \sigma_{II} = \overline{OA} = \overline{OI} + \overline{IA} = \overline{OI} - \overline{AI} = \sigma/2 - R$$

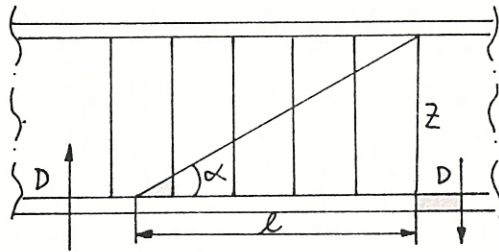
$$R = \sqrt{(\sigma/2)^2 + \tau^2}$$

$$\sigma_I = \sigma/2 + \sqrt{(\sigma/2)^2 + \tau^2}$$

$$\sigma_{II} = \sigma/2 - \sqrt{(\sigma/2)^2 + \tau^2}$$

$$\tan 2\gamma = 2\tau/\sigma \quad (\gamma < 45^\circ)$$

III.3. Tulangan geser sengkang



Gambar 7

Misalkan :

as = jarak sengkang

At = luas tulangan sengkang

b = lebar balok

Arah retak akan membentuk sudut dengan sumbu balok dengan panjang proyeksinya dalam arah horizontal = 1

$$1 = \frac{Z}{\tan \gamma} \text{ dimana } Z = \frac{l}{S}$$

Jumlah sengkang di daerah retak:

$$n = \frac{1}{as} = \frac{Z}{as \tan \gamma}$$

Tegangan dalam sengkang :

$$\sigma_a = \frac{D}{n \cdot At} = \frac{D \cdot \tan \gamma}{Z \cdot At}$$

$$\rightarrow D = \frac{\sigma_a \cdot Z \cdot At}{\tan \gamma}$$

Tegangan geser yang dipikul sengkang :

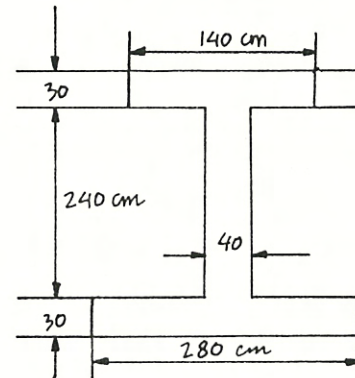
$$\tau_{\text{sengkang}} = \frac{D}{b \cdot Z} = \frac{\sigma_a \cdot Z \cdot At}{b \cdot Z \cdot \tan \gamma}$$

$$\rightarrow \text{Jarak sengkang : } as = \frac{\sigma_a \cdot At}{b \cdot \tau_{\text{sengkang}} \gamma}$$

$$\gamma < 45^\circ, \tan \gamma < 1$$

Jadi jarak sengkang lebih besar jika memperhitungkan gaya prategang

IV. CONTOH PERHITUNGAN



Gambar 8

Sebuah balok prategang dengan :

gaya prategang $P = 1050.000 \text{ kg}$.

Gaya lintang $D = 144.858 \text{ kg}$.

Ukuran-ukuran balok tersebut seperti tergambar.

Luas penampang beton B

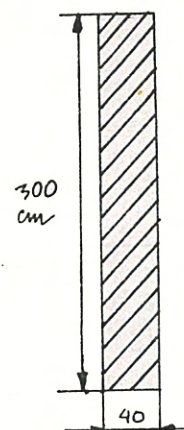
$$\begin{aligned} - \text{ Sayap atas : } 30 \times 140 &= 4200 \text{ cm}^2 \\ - \text{ Badan : } 40 \times 240 &= 9600 \text{ cm}^2 \\ - \text{ Sayap : } 30 \times 280 &= 8400 \text{ cm}^2 \\ B &= 22200 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Tegangan normal :

$$\sigma_{bo} = \frac{P}{B} = \frac{1050.000}{22200} = 47,30 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan geser :

Penampang yang menahan geser adalah bagian badan :



Gambar 9

lebar badan $b_o = 40 \text{ cm}$
tinggi badan $h_t = 300 \text{ cm}$

$$\tau = \frac{D}{b_o \cdot Z}$$

Untuk balok T : Z = 0,8 h_t
= 0,8.300 cm
= 240 cm

$$\tau = \frac{144858}{40.240} = 15.09 \text{ kg/cm}^2$$

Tulangan sengkang .

Sengkang digunakan baja U-24, dengan $\bar{\sigma}_a = 1400 \text{ kg/Cm}^2$.

Diameter sengkang diambil 12 mm, maka luas penampang sengkang :

$$A_t = 2 \cdot \pi / 4 \cdot 2^2 = 2,26 \text{ cm}^2$$

a. Jika tidak memperhitungkan pengaruh gaya prategang :

$$\begin{aligned} \text{jarak sengkang } a_s &= \frac{a \cdot A_t}{b \cdot \tau_s} \\ &= \frac{1400 \cdot 2,26}{40 \cdot 15,09} = 5,24 \text{ cm} \end{aligned}$$

b. Jika memperhatikan pengaruh gaya prategang :

$$\begin{aligned} \sigma_{b_o} &= 47,30 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 15,09 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{tg } 2\gamma = \frac{2\tau}{\sigma} = \frac{2 \cdot 15,09}{47,30} = 0,63805$$

$$2\gamma = 32,54^\circ$$

$$\rightarrow \gamma = 16,27^\circ \rightarrow \text{tg } \gamma = 0,29$$

$$\begin{aligned} \text{jarak sengkang : } a_s &= \frac{A_t \cdot \bar{\sigma}_a}{b \cdot \tau \cdot \text{s.tg} \gamma} \\ &= \frac{2,26 \cdot 1400}{40 \cdot 15,09 \cdot 0,29} = 18 \text{ cm} \end{aligned}$$

V. KESIMPULAN

Dari contoh perhitungan di atas, jelas keuntungan pengaruh gaya prategang terhadap tegangan geser akibat gaya lintang yang bersangkutan. Hal ini disamping memudahkan pelaksanaan pekerjaan, juga memberikan arti ekonomi yang cukup besar.

Adakalanya karena terlalu saratnya tulangan di daerah ujung balok prategang, pengecoran betonnya tidak baik (keropos), sehingga waktu kabelnya ditarik, ujung balok tersebut pecah. Hal ini disamping akan menimbulkan kerugian material, juga akan menimbulkan kerugian waktu.

Catatan :

Berhubung sudut antara kabel ekuivalen dengan sumbu balok kecil, maka D_R diambil sama dengan D .

DAFTAR PUSTAKA

1. Prof. Ir. Roosseno :
Beton tulang
PT Pembangunan Djakarta - 1965.
2. T.Y. LIN & BURN :
Design of Prestressed Concrete Structures John Wiley & Sons - 1981
3. G. DREUX :
Pratique du Beton Precounstraint
Editions EYROLLES - Paris - 1975
4. R. SUHUD :
Kuliah Struktur Beton - 1991
5. R. SUHUD & AMRINSYAH. N. :
Disain Akuaduk Proyek Irigasi Jatigede Cirebon - 1989.

Penulis :

DR. Ir. H. Ridwan Suhud, adalah dosen pada jurusan Teknik Sipil ITB, tahun 1983. S3 Struktur (Doktor) khusus dalam Beton Prategang Parsial dari Institute National Des Sciences Appliques (INSA) Toulouse - Perancis.



BEBERAPA ALTERNATIF PERBAIKAN LEMPUNG LUNAK SEBAGAI TANAH DASAR BADAN JALAN

Hermin Tjahyati

Ringkasan

Perbaikan daya dukung tanah terutama pada tanah lempung yang lunak adalah masalah yang sering dihadapi pada pembangunan jalan raya yang harus melewati daerah tersebut. Beberapa metode perbaikan tanah antara lain dengan mengganti sebagian lapisan tanah lunak dengan pasir, metode lime column ataupun dengan vertical drain pernah di perhitungkan pada pembangunan jalan Surabaya - Gresik tahun 1985.

Metode di atas bertujuan meningkatkan daya dukung tanah, kecuali vertical drain yang tujuannya adalah untuk mempercepat penurunan (proses konsolidasi). Faktor biaya yang cukup mahal hanya akan efektif bila dikaitkan dengan volume pekerjaan yang cukup besar.

Summary

Soil improvement of poor ground condition especially in soft claysoils in a problem that usually occurs at various locations of road construction. Several methods and design principles for soil improvement are discussed in this paper :

- Remove the site material and replace with a superior material (sand).
- Lime Column.
- Vertical Drain.

The expensive cost factkor will be effective, if only we relate the treatment with a large amount of works.

I. PENDAHULUAN

Pembangunan jalan raya yang trasenya melalui lempung lunak atau sebangsanya yang daya dukung-nya sangat rendah, akan menimbulkan masalah penurunan badan jalan karena kurang mampunya tanah dasar tersebut dalam mendukung berat timbunan di atasnya.

Untuk mengatasi hal ini sering dibuat beberapa alternatif perbaikan tanah (soil improvement) misalnya dengan : stone column, lime column ataupun dengan geo-drain (vertical drain). Alternatif-alternatif ini dipilih berdasarkan kemudahan teknik pelaksanaan dan biaya.

Soil improvement dengan mempergunakan stone column atau lime column maupun dengan vertical drain, harus mempergunakan alat- alat yang khusus di mana pada saat ini masih termasuk agak langka dan pelaksanaannya cukup mahal, apalagi bila volume pekerjaan hanya kecil saja maka melaksanakan pekerjaan dengan cara tersebut akan tidak

ekonomis.

Untuk pekerjaan yang tidak besar dapat juga dilakukan dengan mengganti sebagian tanah dasar dengan suatu lapisan pasir setebal yang diperlukan. Dalam tulisan ini penulis bermaksud menampilkan kembali alternatif-alternatif perbaikan lapisan lempung lunak yang pernah dipermasalahkan pada proyek Pembangunan Jalan Surabaya - Gresik pada tahun 1985.

II. BEBERAPA METODA UNTUK PERBAIKAN TANAH LUNAK.

1. Teori daya dukung tanah

Perhitungan tinggi timbunan didasarkan pada daya dukung tanah dasar. Metode perhitungan tinggi timbunan adalah dengan membuat keseimbangan tegangan tanah, di mana tegangan tanah menurut Terzaghi adalah :

$$\tau = C.N_c + \gamma.D_f.N_q + 1/2\gamma.b.N_\gamma$$

τ = daya dukung maksimum

C = kohesi tanah

Df = kedalaman yang ditinjau

b = lebar bidang kontak

Nq, Nc, N γ = koefisien daya dukung tanah yang besarnya tergantung pada sudut geser dalam ϕ .

Jika tinggi timbunan direncanakan H dari permukaan tanah dasar dengan berat isi tanah timbunan adalah γ_t , maka akan terjadi tekanan pada tanah dasar sebesar : $p = H.\gamma_t$

Kestabilan pada tanah dasar akan dicapai bila yang terjadi adalah keseimbangan tegangan tanah sebagai berikut : $p \leq \tau$

atau dapat dituliskan

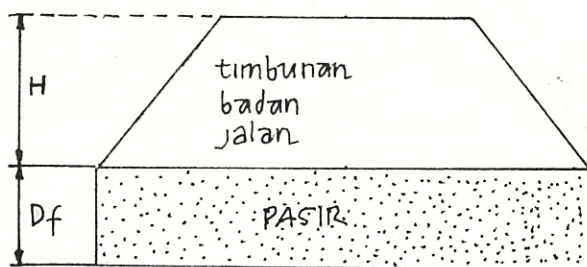
$$H.\gamma_t \leq C.N_c + \gamma.D_f.N_q + 1/2\gamma.b.N_\gamma$$

Tinggi timbunan yang diizinkan adalah :

$$H \leq \frac{C.N_c + \gamma.D_f.N_q + 1/2\gamma.b.N_\gamma}{\gamma_t}$$

2. Alternatif dengan mengganti lapisan tanah dasar/sebagian tanah dasar dengan lapisan pasir.

Metoda ini adalah suatu cara yang cukup murah dan mudah pelaksanaannya terutama untuk volume pekerjaan yang tidak besar. Tanah dasar sedalam D meter digali dan diganti dengan material yang lebih baik atau sering dipakai untuk hal ini adalah pasir.



$$H_{kritis} = \frac{C.N_c}{\gamma_t}$$

dimana :

C = kohesi tanah dasar

NC = koefisien daya dukung

γ_t = berat isi tanah timbunan

H_{kritis} adalah H yang dipakai/diijinkan dari tanah timbunan badan jalan yang berada di atas lapisan tanah dasar yang telah diperbaiki.

3. Alternatif pemasangan geo-drain/vertical drain

Dengan cara ini berarti kita berusaha mempercepat penurunan atau konsolidasi tanah dengan memasang vertical drain, diusahakan sedemikian rupa sehingga pada waktu membangun konstruksi jalan di atasnya penurunan sudah selesai atau walaupun terjadi penurunan maka masih dalam batas toleransi.

Perencanaan pemasangan vertical drain didekati dengan perhitungan sebagai berikut :

$$U_h = 1 - e^{-8Th/v}$$

$$t = (D_v^2 / 8C_h) . 1n (1/1-U_h)$$

dimana :

U_h = derajat konsolidasi akibat pengaruh vertical drain

$$= (n^2/n^2-1) [1n(n) - 3/4 + (1/n^2)(1-1/4n)]$$

$$= (n^2/n^2-1) [1n(n) - 0,75 + (1/n^2)]$$

$$Th = C_h.t/D^2$$

$$C_h = (K_h.M)/(g.\gamma_w)$$

t = time of consolidation

C_h = koefisien konsolidasi dalam arah horisontal

D_h = diameter of derivated soil cylinder = (1.05 ~ 1.13) x jarak antara dua buah vertical drain

K_h = koefisien permeabilitas dalam arah horisontal

M = 1/mv

g = gaya gravitasi

n = D/d dimana d = diameter vertical drain

γ_w = 1

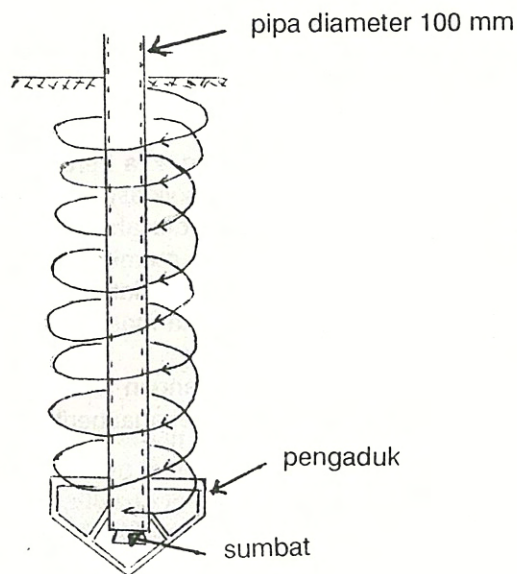
4. Alternatif dengan pemasangan lime column

Lime column adalah tiang-tiang kapur yang dibuat sampai kedalaman tertentu. Pembuatannya meliputi pengeboran dan pengambilan contoh tanah asli untuk percobaan pendahuluan di laboratorium.

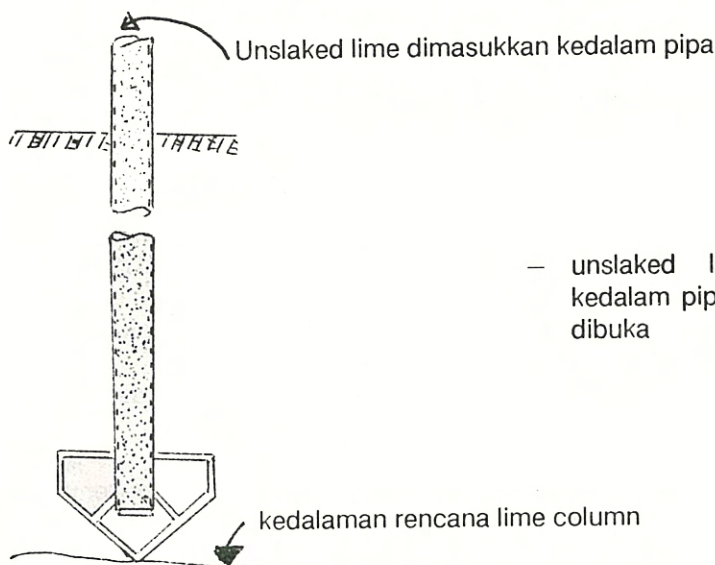
Dalam tulisan ini di laboratorium dibuat campuran kapur dengan tanah di mana kapur yang dicampurkan adalah sebesar 8%. Kapur yang dipakai yaitu unslaked lime, dicampurkan merata pada tanah dan dicetak.

Pada umur tertentu nilai unconfined compressive strengthnya dites. Dengan demikian kenaikan kekuatan tanah akibat kapur pada tanah tersebut dapat diketahui. Di lapangan dilaksanakan pembuatan lime column seperti gambar berikut ini :

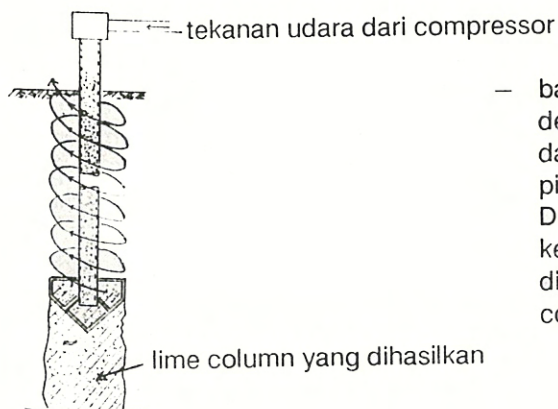
PROSES PEMBUATAN LIME COLUMN



- pipa berdiameter 100 mm dengan sumbat diujung bawahnya diputar masuk kedalam tanah sampai mencapai kedalaman lime column yang direncanakan.



- unslaked lime kemudian dituang masuk kedalam pipa dan sumbat diujung bawah pipa dibuka



- bagian atas dari pipa kemudian dihubungkan dengan compressor sehingga unslaked lime dalam pipa akan keluar melalui ujung bawah pipa. Dengan memutar pipa, unslaked lime yang keluar akan bercampur dengan tanah lempung disekitarnya secara merata sehingga lime column terbentuk.

III. DATA DAN PERENCANAAN

1. Merencanakan tinggi timbunan badan jalan.

Sebagai contoh dalam pembahasan ini diambil data-data dari jalan Surabaya - Gresik yang dibangun pada tahun 1985 sebagai berikut:

Data parameter tanah dasar:

Tanah lempung lembek dengan $\phi = 0$

$$q_u = 1,76 \text{ t/m}^2$$

$$C = 0,88 \text{ t/m}^2$$

$$q_c (\text{sondir}) = 10 \text{ t/m}^2$$

$$C_v = 3 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{dt}$$

$$N_q = 1; N_\gamma = 0; N_c = 4$$

Dari data laboratorium dapat dihitung tinggi timbunan tanpa perbaikan tanah dasar sebagai berikut:

$$H \leq (C \cdot N_c) / \gamma_t \rightarrow \text{jika tanah timbunan adalah sirtu dengan } \gamma_t = 2 \text{ t/m}^3$$

$$\text{maka: } H \leq (0,88 \times 4) / 2$$

$$H \leq 1,76 \text{ meter}$$

Dihitung dari data sondir:

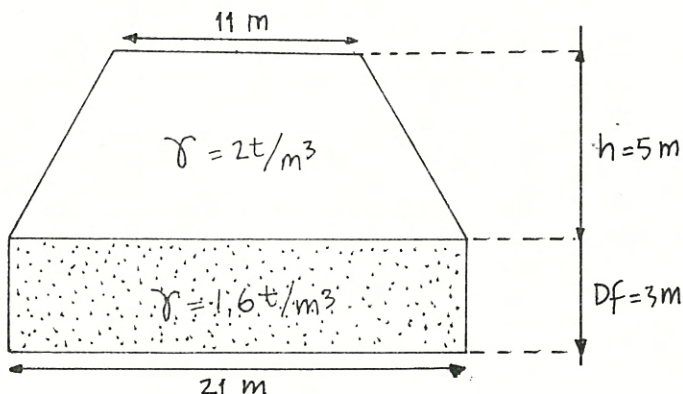
$$q_c = 10 \text{ t/m}^2 \propto \text{lempung} = 0,066$$

$$C = \alpha q_c = 0,066 \times 10 = 0,66 \text{ t/m}^2$$

$$H \leq (C \cdot N_c) / \gamma_t$$

$$H \leq (0,66 \times 4) / 2 \rightarrow H = 1,32 \text{ meter}$$

2. Alternatif mengganti lapisan tanah dasar dengan pasir



Misal lebar bidang kontak dengan timbunan $b = 21$ meter.

Rencana tinggi timbunan $h = 5$ meter

Tebal lapisan pengganti $D_f = 3$ meter

Lebar atas timbunan = 11 meter

Maka:

$$H_{kritis} = (c \cdot N_c) / \gamma_t$$

$$\gamma_t \text{ rata-rata} = (63 \times 1,6) + (80 \times 2) / (80 + 63)$$

$$= 1,82 \text{ t/m}^3$$

$$N_c = 5,1; C = 0,88$$

$$H_{kritis} = (0,88 \times 5,1) / 1,82 = 2,46 \text{ meter.}$$

3. Alternatif dengan Geodrain

Pada perencanaan geodrain ini diasumsikan tanah isotropis, jadi

$$C_v = C_h = 3 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{dt} = 9,46 \text{ m}^2/\text{thn}$$

Geodrain direncanakan sedalam 20 meter

Misalkan diambil jarak antara geodrain adalah 1,8 meter, maka D dapat dihitung,

$$D = 1,13 \times 1,8 = 2,034 \times 1,8 \text{ mtr, untuk } U_h = 90\%$$

$$d = 6,6 \text{ cm (vertical drain)}$$

$$n = D/d = 2,034 / 0,066 = 30,82$$

$$= (30,82)^2 / (30,82)^2 - 1 (1n(30,82) - 0,75 + 1/30,82)$$

$$= 2544,9 / 948,87 = 2,682$$

$$t = (2,034)^2 \times 2,682 / 8 \times 9,46 (1n 1/10,10)$$

$$= 0,3375 \text{ thn} = 123 \text{ hari}$$

Dengan spacing antara geodrain 1,8 meter, konsolidasi 90% akan dicapai dalam waktu 123 hari.

4. Alternatif dengan Lime Column.

Dalam pembahasan ini data-data dapat diperoleh dari laporan proyek pembangunan jalan Surabaya - Gresik.

Campuran kapur dan tanah di laboratorium menghasilkan harga q_u sebesar $3,30 \text{ kg/cm}^2$ pada umur 13 hari, sedangkan q_u asli adalah $1,76 \text{ kg/cm}^2$. Untuk pekerjaan lapangan didapat hasil penyelidikan yang dilakukan dengan Vane Shear tes yaitu besarnya undrained shear strength yang meningkat dari $0,137 \text{ kg/cm}^2$ menjadi $0,302 \text{ kg/cm}^2$ dalam waktu 13 hari.

Peningkatan kekuatan tanah di lapangan ternyata tidak sebesar peningkatan kekuatan tanah di laboratorium disebabkan oleh adanya kemungkinan ketidak homogenan pada waktu pembuatan. Selain itu faktor kelambatan distribusi kapur dalam tanah mungkin juga dalam hal ini akan memperlambat reaksi kimia yang terjadi dalam tanah.

IV. PEMBAHASAN

1. Perbaikan tanah dengan mengganti lapisan tanah dengan pasir mencapai H_{kritis} sebesar 2,46 meter. Sedangkan bila tanpa perbaikan H timbunan yang dapat dibuat adalah 1,32 meter. Jika

merencanakan timbunan sebesar 5 meter maka sebaiknya dicari alternatif lain yang memungkinkan. Selain itu perlu juga pengontrolan kestabilan lereng dengan metoda yang sesuai.

2. Geodrain dapat mempercepat proses penurunan tanah sehingga bila tanah dasar sudah selesai berkonsolidasi diharapkan penurunan sudah selesai. Penurunan yang timbul selanjutnya pada waktu selesai pelaksanaan konstruksi jalan diharapkan merata dan masih dalam batas toleransi.

Dalam hal ini geodrain tidak berfungsi sebagai penguat daya dukung tanah tetapi membantu mempercepat konsolidasi tanah menjadi lebih cepat yaitu 123 hari dengan pemasangan geodrain berjarak 1,8 meter dimana pada waktu tersebut konsolidasi 90% telah tercapai. Selain itu berfungsinya geodrain selama konsolidasi harus dimonitor untuk mendapatkan hasil kerja yang efektif.

3. Kapur dapat memperbaiki sifat-sifat tanah lempung hal ini dapat terlihat dari hasil percobaan laboratorium dan pelaksanaan lapangan di mana kekuatan tanah asli meningkat setelah diberi campuran kapur. Pemberian kapur di laboratorium sebesar 8 % pada tanah lempung memperbaiki kekuatan tanah dari $0,176 \text{ kg/mm}^2$ menjadi $3,3 \text{ kg/cm}^2$. Peningkatan ini sangat besar dibandingkan dengan hasil di lapangan pada lokasi lime column yang hanya meningkat 150% dari tanah asli. Untuk pekerjaan lapangan harus banyak faktor-faktor yang diperhatikan seperti : jenis unslaked lime harus yang betul-betul masih baik, pekerjaan harus dilakukan dengan tenaga berpengalaman supaya pencampuran merata. Selain itu distribusi kapur ke tanah yang terdapat disekelilingnya tidak cepat sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama untuk menghasilkan daya dukung tanah yang lebih baik. Ini dapat terlihat dari hasil peningkatan kekuatan pada hasil lime column pada umur 13 hari adalah dari $0,14 \text{ kg/cm}^2$ menjadi $0,33 \text{ kg/cm}^2$ sedangkan pada daerah sejarak 0,90 meter dari lime column peningkatan hanya mencapai $0,22 \text{ kg/cm}^2$.

V. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

1. Dengan memperbaiki kondisi tanah dasar tinggi timbunan dapat dibuat lebih tinggi dari tinggi yang diijinkan semula.
Perbaikan tanah dasar dapat dengan berbagai cara disesuaikan kondisi yang paling memungkinkan.
2. Mengganti lapisan tanah dasar dengan pasir dapat dilaksanakan dengan mudah terutama untuk volume yang tidak besar. Tinggi rencana harus diperhitungkan kembali dengan mengeceknya terhadap tinggi timbunan kritis yang terjadi.
3. Geodrain bukan untuk menaikkan daya dukung tetapi untuk mempercepat proses konsolidasi dan penurunan tanah.
Jarak antara geodrain mempengaruhi lamanya proses konsolidasi tanah mencapai derajat konsolidasi 90%.
4. Kapur dapat memperbaiki sifat-sifat lempung menjadi lebih baik.
Perbedaan efektifitas kapur di laboratorium dan di lapangan membutuhkan penyelidikan yang lebih lama.
5. Diperlukan pengontrolan kestabilan lereng tanah timbunan badan jalan pada perencanaan.

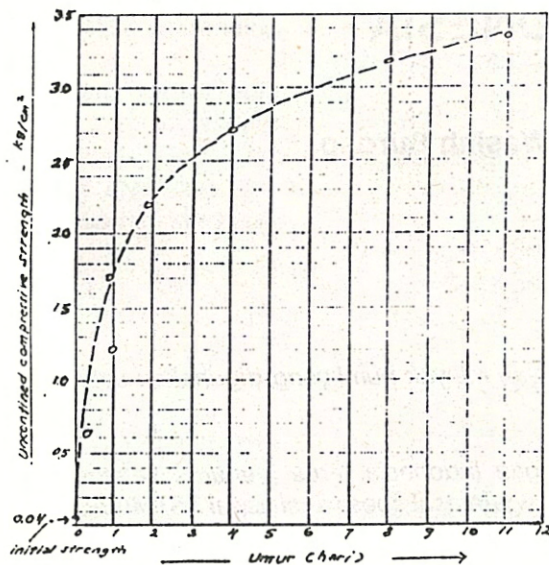
VI. PUSTAKA

1. Soil Mechanics, R.F. C RAIG 1974
2. Laporan Proyek Pembangunan Jalan Surabaya - Gresik, Departemen Pekerjaan Umum 1985.
3. Pondasi Tiang Kapur, Hermin - Jurnal Pusat Litbang Jalan Februari 1989.

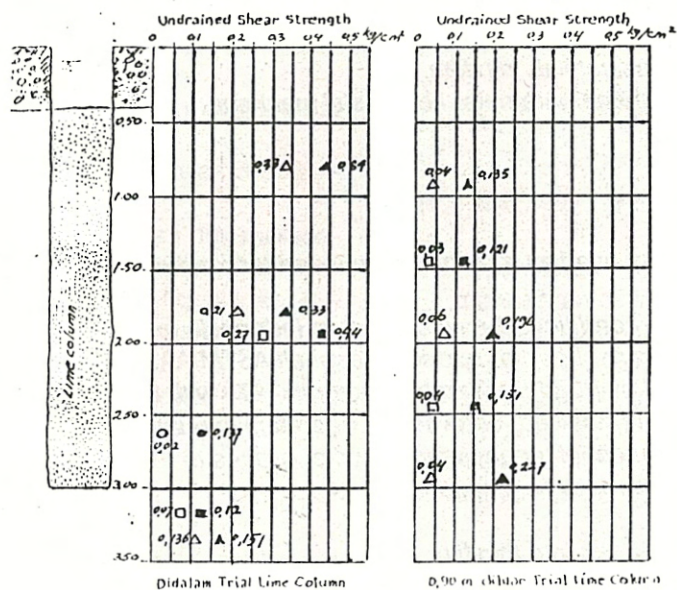
Penulis :

Ir. Hermin Tjahyati, MSc. Staf Balai Penyelidikan Tanah Untuk Jalan. Lulus jurusan Teknik Sipil ITB tahun 1976 dan Pasca Sarjana Jalan Raya ITB - VCL tahun 1986.

Bekerja di Ditjen Bina Marga tahun 1976 - 1979 sejak tahun 1979 bekerja di Pusat Litbang Jalan dan aktif melakukan study dalam bidang Geo Teknik.



KENAIKAN NILAI UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH YANG DIDAPAT DARI CALIBRATED POCKET PENETROMETER AKIBAT PENGATUH UNSLAKED LIME



KENAIKAN UNDRAINED SHEAR STRENGTH DENGAN WAKTU AKIBAT LIME COLUMN

KETERANGAN TANDA 2 ©

umur	Undisturbed	Remolded
Sebelum lime column	○	○
6 hari	□	□
13 hari	△	△



USULAN PENINJAUAN KEMBALI SPESIFIKASI ASPAL KERAS UNTUK INDONESIA

Tjitjik Wasiah Suroso

Ringkasan

Aspal adalah hasil samping pengilangan minyak bumi yang digunakan sebagai bahan pengikat batuan untuk konstruksi jalan.

Menyadari bahwa :

1. Temperatur serta kondisi lingkungan Indonesia terus menerus kena sinar matahari dibanding dengan temperatur/kondisi lingkungan di negara asal spesifikasi aspal ASTM/AASHTO.
2. Spesifikasi aspal yang dikeluarkan oleh Direktur Penyelidikan Masalah Tanah dan Jalan tahun 1973 melalui KPTS No. II/3/1973.
3. Hasil-hasil pengujian contoh aspal (yang diterima), keawetannya menunjukkan penurunan.
4. Adanya kemajuan terhadap teknologi, untuk itu penulis mengusulkan untuk meninjau kembali (menyempurnakan) spesifikasi aspal yang dikeluarkan berdasarkan KPTS tersebut diatas dan diusulkan menjadi Standar Nasional Indonesia.

Penyempurnaan itu antara lain :

1. Pengujian loss on heating dari thick film menjadi thin film.
2. Memasukkan pengujian daktilitas setelah thin film.
3. Memasukkan pengujian asphalthene/parameter komposisi malthene.

Summary

Asphalt is produced from oil refinery used as rock braced mineral for road construction.
based on :

1. The temperature as well as the condition of environment in Indonesia are more continually burnt with sunlight, compared to those of country of origin producing asphalt ASTM/AASHTO specification.
2. Asphalt specification produced by Road Research Director in 1973 with KPTS No. II/3/1973.
3. The test result of asphalt sample (received) showed the decrease in quality.
4. In accordance with the development of technology the writer proses to re-examine the asphalt.

Specification based on the KPTS above to be a national standard.

Those betterment are :

1. Test of loss on heating from thick film into thin film.
2. Test of ductility after thin film.
3. Test of asphalthene of malthene composition.

I. LATAR BELAKANG

1. Aspal merupakan produk pabrik dengan mutu bervariasi dan digunakan sebagai bahan pengikat perkerasan jalan agar mutu perkerasan jalan yang dihasilkan sesuai yang diharapkan maka mutlak perlu ditetapkan spesifikasi mutu aspal yang sesuai (cocok) dengan kondisi Indonesia saat ini.
2. Penggunaan aspal untuk perkerasan jalan makin lama makin meningkat, di lain pihak spesifikasi aspal keras yang ditetapkan tidak seragam. Oleh karena itu untuk menjamin mutu perkerasan jalan yang menggunakan aspal keras dipandang perlu sedini mungkin untuk menyeragamkan spesifikasi aspal keras yang berlaku di Indonesia.
3. Spesifikasi aspal yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga tahun 1973 dikaitkan de-

ngan perkembangan teknologi dalam bidang aspal dipandang perlu untuk ditinjau kembali.

4. Aspal yang beredar saat ini tingkat keawetan telah menurun dari hasil analisa kimia terhadap komposisi maltene telah meningkat dibanding tahun 1988.
5. Pengujian untuk penurunan berat aspal lebih sesuai menggunakan thin film oven dibanding thic film oven test karena lebih menggambarkan kondisi setelah aspal keluar dari AMP dan pencampuran dengan agregat mengenai ductilitas dan penetrasinya.

II. PENDAHULUAN

Aspal buatan yaitu aspal dibuat/diperoleh dari residu pengilangan minyak bumi, berwarna hitam terdiri dari hydrocarbon solid (asphaltene) dan medium liquid (maltene). Sifat aspal yang diperoleh dari residu pengilangan minyak bumi bergantung pada sifat alam crude oil, karena aspal merupakan fraksi berat yang tidak bisa diuapkan atau didestilasi.

Berdasarkan kadar kandungan aspal maka crude oil dibagi menjadi 3 jenis :

1. Asphaltic base-crude oil yang banyak mengandung aspal.
2. Parafin base-crude oil yang banyak mengandung parafin.
3. Mix base crude-oil yang banyak mengandung aspal dan parafin.

Sedang tar adalah juga bahan bitumen dan merupakan hasil destilasi batu bara. Sifat bitumen dari pengilangan minyak bumi berbeda dari tar. Kadar bitumen petroleum aspal tinggi sedang kadar bitumen tar rendah.

Petroleum aspal yang digunakan untuk keperluan konstruksi jalan disebut paving asphalt atau asphalt cement (AC).

Untuk membedakan aspal bukan untuk konstruksi jalan misal untuk atap, lantai industri dan lain-lain.

Paving asphalt atau asphalt cement (AC) pada suhu udara normal adalah hitam, semi padat, lengket, kekentalannya tinggi, terbentuk dari molekul Hydro carbon kompleks juga mengandung O, N, S sebagai bahan pengikat agregat, penolak air maka akan kurang efektif bila terlalu banyak asam, alkali, garam karena sifatnya lengket, maka dipakai untuk mengikat batuan (agregat) dan memperkuat perkerasan jalan, agar tidak lepas dari permukaan jalan akibat lalu lintas dan water proofing. Aspal juga dinamakan thermoplastic karena lunak bila dipanaskan dan padat lagi bila dingin. Inilah sifat unik dan ciri-ciri dasar alasan mengapa aspal penting sebagai bahan jalan dan karena alasan inilah perkerasan menggunakan aspal disebut Flexible Pavement.

III. SIFAT-SIFAT ENGINEERING YANG DIBUTUHKAN ASPAL KERAS

- | | |
|--|---|
| 1. Penetrasi | — berfungsi untuk mengetahui kekerasan aspal. |
| 2. Titik lembek | — berfungsi untuk mengetahui telah dimana aspal mulai meleleh. |
| 3. Ductilitas | — berfungsi untuk mengetahui keelastisitasan dan daya lekat. |
| 4. Loss on heating — thin film oven test | — berfungsi untuk mengetahui aspal setelah pemanasan, misalnya perubahan penetrasi dan perubahan ductilitas.
Apabila harga L.O.H terlalu besar maka aspal tersebut tidak stabil. |
| 5. Berat jenis | — diperlukan sebagai korelasi isi. |
| 6. Kelarutan | — untuk mengetahui kemurnian aspal, makin banyak kotoran aspal kurang berfungsi daya lekatnya. |
| 7. Titik nyala | — berfungsi sebagai kontrol di lapangan, agar aspal tidak dipanaskan melebihi suhu yang diperoleh dari pengujian titik nyala. |

IV. MACAM/TYPE ASPAL

1. Aspal keras : yaitu aspal dimana penggunaan dipanaskan dari padat menjadi cair dan memadat kembali apabila dalam keadaan dingin.
2. Aspal cair : yaitu aspal dimana pada penggunaannya dilarutkan dengan pelarut dari hasil pengilangan minyak bumi.
3. Aspal emulsi : yaitu aspal dimana dalam bentuk campuran dengan air, emulgator.

V. KEAWETAN ASPAL

Umumnya dalam design perkerasan untuk mengambil sebagai patokan sifat-sifat campuran yang diambil adalah keawetan.

Keawetan adalah fungsi dari daya tahan terhadap perubahan sifat kimia/fisik bahan aspal terhadap waktu pada kondisi lalu lintas dan suhu udara.

Hardening (pengerasan) aspal adalah hal yang paling penting yang menyebabkan perkerasan aspal menjadi retak dan desintegrasi. Kecepatan pengerasan aspal merupakan indikator yang paling baik untuk keawetan relatif (relative durability).

Banyak test keawetan didasarkan pada evaluasi

daya tahan aspal terhadap pengerasan antara lain penelitian keawetan di lapangan didasarkan pada suatu tempat pada periode waktu tertentu. Cara ini sangat lama dan mahal. Untuk secara mudah dan murah dapat dilakukan di laboratorium yaitu dengan cara standard :

- a. Pemeriksaan fisik :
misal dengan mengetahui perubahan penetrasi, kekentalan, thin film oven test.
- b. Pemeriksaan secara kimia :
dengan jalan menentukan komposisi kimia dari maltene akan didapat parameter komposisi maltene.

Tingkat keawetan aspal

Tingkat keawetan aspal dapat diketahui atau dicari dari harga parameter komposisi maltene yang dapat diperoleh dari analisa secara kimia maltene menjadi fraksi-fraksi sesuai dengan cara yang dikembangkan oleh Rostler dan White.*
Secara singkat analisa kimia tersebut sebagai berikut :

Berdasarkan harga-harga paramater yang diperoleh aspal dapat diklasifikasikan menjadi 6 (enam) group, dan aspal disebut mempunyai keawetan yang baik bila harga parameter berkisar 0,4 - 1,2.

TABEL KLASIFIKASI KEAWETAN ASPAL UNTUK PERKERASAN JALAN

Durability Group	$\frac{A_1 + A_2}{P + A_3}$	Durability Ruling
I	< 0,4	Penurunan keawetan dengan penurunan parameter, sebab aspal terlalu lunak.
II	0,4-1,0	Paling baik
III	1,0-1,2	Baik
IV	1,2-1,5	Memuaskan
V	1,5-1,7	Cukup
VI	> 1,7	Tidak baik

VI. SPESIFIKASI ASPAL KERAS

Spesifikasi aspal keras ada 2 macam :

1. Penetration grade
2. Viscositas grade

Pada pembahasan ini adalah untuk persyaratan (spesifikasi) aspal penetration grade.

VII. SYARAT MUTU ASPAL KERAS

1. Spesifikasi aspal keras meliputi 3 macam :

- a) Aspal pen 40
- b) Aspal pen 60
- c) Aspal pen 80

2. Syarat umum :

- a) Aspal keras harus berasal dari hasil minyak bumi.
- b) Aspal harus mempunyai sifat sejenis, bebas air dan tidak berbusa jika dipanaskan sampai 175°C.
- c) Kadar parafin dalam aspal tidak melebihi 2 %.

3. Spesifikasi aspal keras Indonesia, berdasarkan keputusan Direktur Lembaga Masalah Jalan :
No. KPTS/II/3/1973
Tgl. 10 April 1973

No.	Jenis aspal Jenis pengujian	Model	Pen 40		Pen 60		Pen 80		Satuan
			min	max	min	max	min	max	
1.	Penetrasi 25°C 100 gr, 5 detik	ASTM D 5	40	59	60	79	80	99	0,1 mm
2.	Titik lembek	ASTM D 36	51	63	48	58	46	64	°C
3.	Tidak nyala C.O.C	ASTM D 92	200	-	200	-	225	-	°C
4.	Penurunan berat (thick film)	ASTM D 6	-	0,4	-	0,4	-	0,6	% berat
5.	Kelarutan dalam CS ₂ atau CHCl ₃	ASTM D 165	99	-	99	-	99	-	% berat
6.	Daktilitas	ASTM D 113	100	-	100	-	100	-	cm
7.	Penetrasi setelah penurunan berat	ASTM D 5	75	-	75	-	75	-	% awal
8.	Berat jenis	ASTM D 70	1	-	1	-	1	-	gr/ml

VIII. HASIL PENGUJIAN MUTU ASPAL KERAS

a. Hasil pengujian mutu aspal keras pen 60 sebelum th. 1988.

No.	Jenis pengujian	H a s i l					Tgl Pengujian
		Pen	TL	Dak	Asphat- tene	Par. Maltene	
1.	Aspal ex kilang Wonokromo	69	54	28	36,24	1,19	16-8-83
2.	Aspal ex kilang Cilacap	63	48	> 140	28,75	0,62	16-6-83
3.	Aspal ex kilang Cilacap	63	48	> 140	22,05	0,69	20-5-85
4.	Aspal ex HK	-	-	-	26,3	0,73	19-4-86
5.	Aspal ex Cilacap	65	48	> 140	22,4	0,74	28-1-87
6.	Aspal ex ESSO	67	47	> 140	20,62	0,94	2-2-87
7.	Aspal ex Cilacap	61	48	> 140	20,1	0,89	25-7-87

Dari hasil pengujian-pengujian tersebut di atas terlihat aspal sebagian besar memenuhi syarat dan termasuk awet.

b. Hasil pengujian aspal keras Pen 60 tahun 1988-1991

No.	Jenis pengujian	H a s i l					Tgl Pengujian
		Pen	TL	Dak	Asphat-tene	Par. Maltene	
1.	Ex Cilacap	61	48	> 140	26,2	1,2	28-7-88
2.	Ex Jasa Marga	63	47,5	> 140	19,3	1,03	8-11-88
3.	Ex Cilacap	65	47,6	> 140	27,5	1,1	1-2-89
4.	Jagorawi	67	48,2	> 140	16,73	1,16	21-8-89
5.	Sentul (ESSO)	62	46,8	> 140	25,7	1,02	5-7-90
6.	Cilacap	61	47,6	> 140	27,8	1,09	23-1-91
7.	ESSO	67	47	> 140	34,19	1,08	7-5-91
8.	ESSO	67	47,5	> 140	22,4	1,03	25-6-91
9.	Pakistan	71	47,8	> 140	18,64	1,13	29-6-91
10.	Wonokromo	63	50,9	28	33,46	1,05	29-5-91

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengujian tersebut di atas menunjukkan aspal yang beredar saat ini ditinjau dari hasil pengujian parameter komposisi maltene telah diambang batas maximum sehingga diperkirakan umur aspal sebagai bahan perkerasan jalan tidak akan tahan lama. Untuk itu penulis menyarankan untuk memasukkan :

1. Pengujian kimia (kadar asphaltene).
2. Perubahan pengujian loss on heating dari thick film menjadi thin film.
3. Memasukkan pengujian ductilitas setelah L.O.H kedalam persyaratan.

DAFTAR PUSTAKA

1. W.H Glanville
Bituminous Material Road Research Laboratory.

2. ASTM Vol 4.4
Bituminous Material.
3. Rostler and White
"Influence of Chemical Composition of Asphalt on Performance, Particular Durability" ASTM spec. Tech Bubli No. 277 (1959)
4. Schmidt R. Jaud Grof. PE, Proceeding Association of Asphalt Paving Technology.
5. "Resistance of Bituminous Material to Deterioration Caused by Physical and Chemical Changes" HRB Biblio 91/951.

Penulis :

Ir. Tjitjik Wasih Suroso, adalah sarjana Teknologi Kimia ITB, mulai bekerja di Pusat Litbang Jalan tahun 1975, tahun 1976 sampai sekarang berkecimpung dalam Penelitian Aspal dan Cat Jalan (Road Paint).

FORMAT ARTIKEL FORUM PENELITIAN

**Pendahuluan
Metoda Penelitian
Kerangka Pemikiran
Hasil dan Pembahasan
Kesimpulan dan Saran
Daftar Pustaka
Lampiran**

