STUDI TENTANG PENENTUAN PERSYARATAN MINIMUM UNTUK KONSTRUKSI JALAN BETON (RIGID PAVEMENT) DI ATAS TANAH LUNAK DENGAN CARA PERCOBAAN PEMBEBANAN LANGSUNG DI LAPANGAN

Vivi Bachtiar[1)], M. Yusuf[1)]

Abstrak

Daya dukung tanah gambut di Pontianak yang sangat rendah menimbulkan permasalahan dalam perencanaan jalan. Sampai saat ini, pembangunan jalan di Pontianak belum berhasil dengan baik. Kini, sistem konstruksi jalan di Pontianak mulai bergeser dari jalan aspal ke jalan beton. Beberapa kajian juga telah menunjukkan bahwa untuk tanah sangat lunak, jalan beton lebih cocok daripada jalan aspal. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan daya dukung ultimit pelat beton di atas tanah gambut. Penelitian dilakukan dengan metode uji pembebanan di lapangan. Variabel yang ditinjau adalah tebal pelat dan mutu beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan tebal pelat beton memberikan peningkatan yang tidak signifikan terhadap daya dukung ultimitnya, sedangkan peningkatan mutu beton memberikan peningkatan daya dukung ultimit secara signifikan. Untuk pelat berukuran 1,2 m × 1,2 m dengan pendekatan bahwa beban ultimit berbanding linier terhadap tebal pelat dan mutu beton maka diperoleh hubungan matematis dalam bentuk $P_u = -2{,}053852918 + 0{,}10086 f_c' + 0{,}079799611 t$.

Kata-kata kunci: pelat beton, tanah gambut, tebal pelat, mutu beton, daya dukung ultimit

1. PENDAHULUAN

Struktur pelat beton di atas tanah merupakan pelat beton bertulang, pelat beton dengan tulangan minimum, pelat beton dengan tulangan praktis, ataupun pelat beton tak bertulang (*plain concrete*) yang terletak langsung di atas tanah yang umumnya berupa jalan beton. Analisis perhitungan struktur pelat beton di atas tanah sangat kompleks, dikarenakan kedua materialnya, yaitu beton dan tanah, mempunyai sifat dasar yang nonlinier. Solusi analitik maupun studi numerik tentang perilaku pelat beton di atas tanah telah cukup banyak dilakukan dengan mengasumsikan tanah sebagai material yang berperilaku elastis linier, misalnya Vallabhan *et al* (1991), Mishra dan Chakrabarty (1996), Shen (1995, 1998). Studi eksperimental juga pernah dilakukan, misalnya Falkner *et al* (1995), yang juga mengasumsikan tanah berperilaku elastis linier. Studi untuk kasus yang sama tetapi memperhitungkan sifat nonlinieritas tanah masih jarang dilakukan.

Studi numerik tentang perilaku pelat beton di atas tanah yang memperhitungkan sifat nonlinieritas beton dan tanah dapat dijumpai dalam Yusuf (2002). Hasil verifikasi dengan membandingkan hasil studi numerik dalam Yusuf (2002) dan hasil studi eksperimental dalam Falkner *et al* (1995) memberikan hasil yang cukup memuaskan jika diambil *modulus of subgrade reaction* bernilai konstan. Verifikasi hasil numerik dalam

1) Staf pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

Yusuf (2002) yang memperhitungkan nonlinieritas tanah telah pula dilakukan, antara lain di atas tanah pasir (Yusuf dan Vivi, 2004), dengan pembebanan siklik/berulang (Yusuf dan Vivi, 2005), skala penuh di lapangan (Yusuf dkk, 2006), dan dengan tambahan tiang cerucuk (Vivi dan Yusuf, 2007).

Aplikasi pelat beton di atas tanah cukup banyak. Yang ditinjau dalam penelitian ini adalah pelat beton di atas tanah sebagai perkerasan kaku (*rigid pavement*) atau disebut jalan beton. Penelitian ini penting mengingat standar peraturan tentang pelat beton di atas tanah belum diatur dalam peraturan beton Indonesia (SNI 2847-02 Butir 24.1.1.2).

Di Indonesia, perencanaan jalan beton banyak mengacu kepada standar/peraturan luar negeri (Hendarsin, 2000; Alamsyah, 2003; Suryawan, 2005) antara lain mengacu pada AASHTO 1993 (Amerika), PCA (Amerika), dan NAASRA (Australia). Karakteristik tanah di Indonesia pada umumnya, dan karakteristik tanah gambut di Pontianak pada khususnya, berbeda dengan karakteristik tanah negeri asal standar peraturan tersebut. Karena itu, perbendaharaan data hasil penelitian untuk perencanaan pelat beton di atas tanah khususnya di Pontianak perlu diperbanyak untuk dikembangkan. Terlebih lagi akhir-akhir ini, untuk daerah perkotaan Kota Pontianak, penggunaan jalan beton mulai menggeser jalan lentur.

Adapun pembatasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1) Uji pembebanan dilakukan di lapangan dengan metode pembebanan tidak langsung menggunakan tiang-tiang reaksi dengan pembebanan siklik.
2) Tanah di lokasi percobaan merupakan tanah gambut.
3) Pelat beton berbentuk persegi tanpa tulangan.
4) Variabel yang ditinjau adalah tebal pelat dan mutu beton.
5) Rancangan campuran beton menggunakan metode ACI.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan perilaku mekanik pelat beton di atas tanah gambut dengan cara uji pembebanan berdasarkan variasi tebal pelat dan mutu beton. Perilaku yang dimaksud adalah hubungan beban versus penurunan pelat. Dari grafik hubungan beban versus penurunan ini diinterpretasikan daya dukung pelat di atas tanah.

2. KONSEP DASAR

Gambar 1 menjelaskan bahwa akibat beban P bekerja pada pelat beton dengan luas permukaan A maka timbul tekanan tanah sebesar

$$q = P/A \tag{1}$$

dan terjadi deformasi pada tanah sebesar d. Bentuk tipikal grafik hubungan q vs d terlihat pada Gambar 1(b) yang umumnya nonlinier. Dari grafik ini dapat diinterpretasikan daya dukung ultimit antara lain dengan metode tangen (perpotongan garis elastis dan garis plastis), sebagaimana digunakan dalam penelitian ini.

3. MODULUS REAKSI TANAH DASAR (*k*)

Modulus reaksi tanah dasar (*k*) adalah perbandingan antara tekanan dan deformasi tanah. Bentuk tipikal kurva *k* disajikan pada Gambar 1(c) (Horvath, 1983). Jelaslah bahwa nilai *k* bergantung pada koordinat yang diambil. Di lain pihak, bentuk kurva tersebut bergantung pula pada berbagai faktor misalnya kekakuan dan jenis tanah, tebal lapisan tanah, distribusi beban pada struktur, ukuran dan kekakuan struktur (Daloglu dan Vallabhan, 2000; Affandi, 2003). Karena itu, perlu kolaborasi yang baik antara insinyur struktur dan insinyur geoteknik untuk menentukan nilai *k* yang sesuai (Horvilleur dan Patel, 1995).

4. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dibagi atas dua tinjauan yaitu:

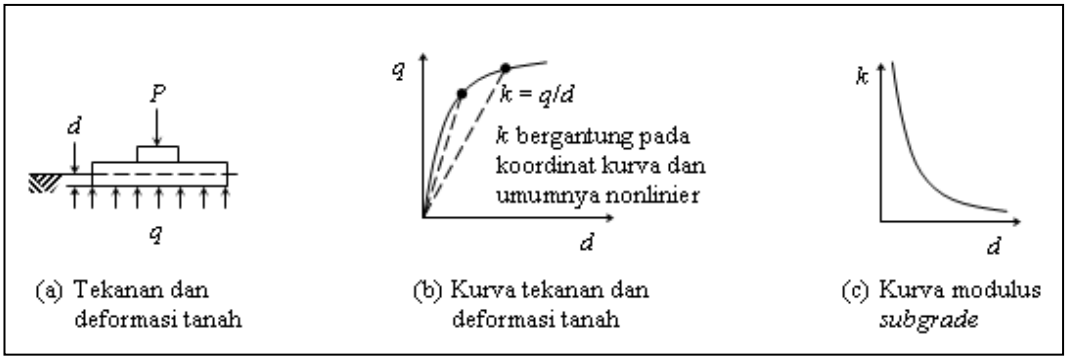
a) Tinjauan beban-perpindahan pelat beton di atas tanah gambut berdasarkan tebal pelat.

   Tinjauan ini bertujuan untuk mendapatkan tebal pelat minimum untuk perencanaan jalan beton di atas tanah gambut. Tebal pelat divariasikan sebesar 12cm, 15cm, 18cm, dan 21cm. Pada subpenelitian ini, mutu beton konstan.

b) Tinjauan beban-perpindahan pelat beton di atas tanah gambut berdasarkan mutu beton.

   Tinjauan ini bertujuan untuk mendapatkan mutu minimum beton untuk perencanaan jalan beton di atas tanah gambut. Mutu beton divariasikan sebesar 15MPa, 20MPa, 25MPa, 30MPa. Pada subpenelitian ini, tebal pelat konstan.

Pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan metode pengamatan langsung. Data yang diperoleh merupakan data primer berupa data kuat tekan beton, data hasil uji pembebanan pelat dan data hasil pengeboran.



Gambar 1. Bentuk tipikal kurva *q* vs *d* dan *k* vs *d*

4.1 Rancangan Campuran Beton

Perancangan campuran beton mengacu pada metode *American Concrete Institute* (ACI). Prosedurnya sebagai berikut:

1) Menghitung kuat tekan rata-rata beton, berdasarkan kuat tekan rencana dan margin,

$$f_m = f_c' + 1{,}64S_d. \quad (2)$$

di mana f_m adalah nilai kuat tekan beton rata-rata, f_c' adalah nilai kuat tekan karakteristik, dan S_d adalah deviasi standar.

2) Menentukan nilai slump, dan butir maksimum agregat.
3) Menetapkan jumlah air yang dibutuhkan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai *slump*.
4) Menetapkan nilai Faktor Air Semen.
5) Menghitung semen yang diperlukan.
6) Menetapkan volume agregat kasar berdasarkan agregat maksimum dan MHB (modulus kehalusan butir) agregat halusnya sehingga mendapatkan persen agregat kasar.
7) Memperkirakan berat beton segar, kemudian menghitung agregat halusnya.
8) Menghitung proporsi bahan, semen, air, agregat kasar dan agregat halus, kemudian mengoreksi berdasarkan nilai daya serap air pada agregat.
9) Mengoreksi proporsi campurannya.

4.2 Uji Pembebanan Pelat

Uji pembebanan pelat (*plate loading test*) ini bertujuan untuk mendapatkan kurva beban versus penurunan tanah yang diperlukan untuk menginterprestasikan daya dukung ultimitnya. Prinsip kerja cara pembebanan tidak langsung adalah pelat uji ditekan dengan menggunakan dongkrak. Dongkrak tersebut diletakkan di atas pelat uji dengan posisi sentris. Bagian atas dongkrak ditahan oleh suatu konstruksi penahan. Posisi balok penahan adalah terikat pada tiang-tiang angker dengan kekuatan/kekakuan yang cukup sehingga lendutan yang terjadi tidak melebihi 25 mm. Besarnya lendutan diukur dengan menggunakan 1 buah arloji ukur. Di samping itu, posisi tiang reaksi perlu dikontrol dengan menggunakan arloji ukur untuk mengetahui kemungkinan tercabut tiang-tiangnya.

Peralatan uji pembebanan dalam penelitian ini terdiri dari:

1) Pelat uji, berukuran 1,2 m × 1,2 m.
2) Tiang angkur, berjumlah delapan batang untuk satu pelat uji.
3) Balok reaksi, merupakan susunan profil baja INF 40.
4) Cekak, untuk mengikat tiang reaksi dengan profil baja.
5) Arloji ukur, yang mempunyai ketelitian 0,01mm yang dipasang pada pelat beton dan profil baja.
6) Dongkrak hidrolis, untuk memberikan beban.
7) *Stopwatch*, untuk mengukur waktu pembebanan.
8) Pelat baja, sebagai bantalan antara dongkrak dengan pelat uji dan balok reaksi.
9) Meja arloji, untuk meletakkan arloji ukur.

Setelah pelat beton mencapai kekuatannya (umur 28 hari) maka dilakukan uji pembebanan yang mengacu pada UFC (*Unified Facilities Criteria*) dengan prosedur sebagai berikut:

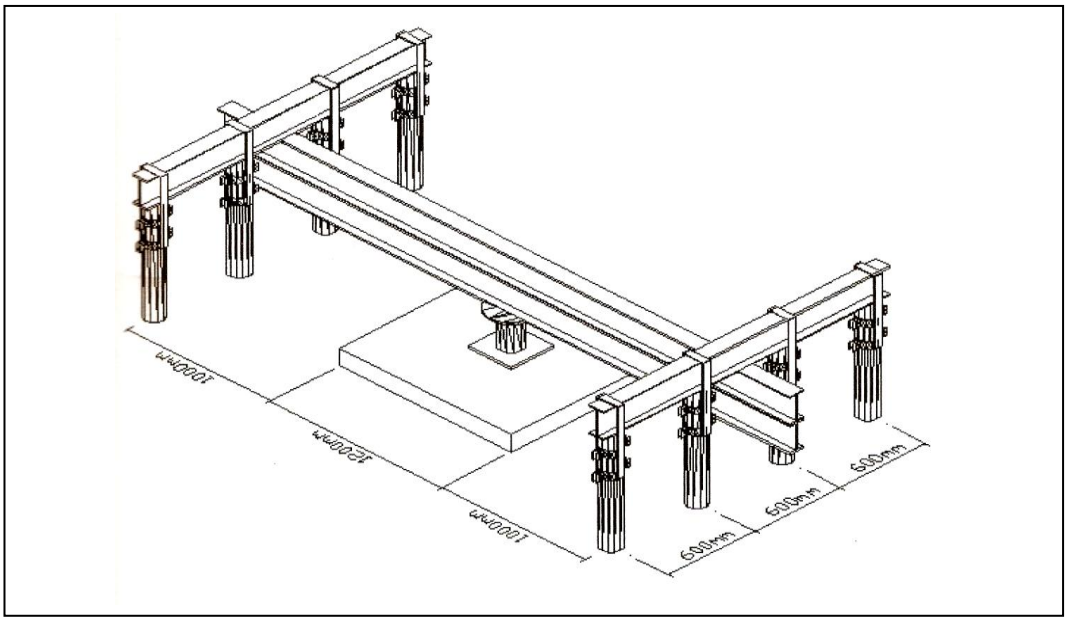
1) Persiapkan perangkat percobaan dengan memasang balok reaksi.
2) Pasang dongkrak hidrolis; menggunakan bantalan baja di atas dan di bawah dongkrak hidrolis serta mengatur jarum dial pada posisi nol.
3) Pasang arloji ukur yang mempunyai ketelitian ≤ 0,30 mm dan mengatur jarum dial pada posisi nol.
4) Terapkan beban setiap kira-kira seperlima daya dukung tanah yang diperkirakan dan menahan beban selama satu menit. (Dalam penelitian ini pertambahan beban diberikan sebesar 0,25 ton.)
5) Catat penurunan yang terjadi.
6) Ulangi dari langkah (4) hingga penurunan mencapai angka maksimum arloji ukur, atau pelat beton hancur, atau tanah runtuh, atau kapasitas dongkrak tercapai.

Bentuk sistem uji pembebanan pelat dapat dilihat pada Gambar 2.

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Tanah

Dari hasil pengeboran diperoleh bahwa tanah lokasi merupakan tanah gambut yang cukup tebal lebih dari 4 m.



Gambar 2. Sketsa uji pembebanan

Tabel 1. Sifat-sifat mekanik tanah lokasi percobaan

Kedalaman (m)	c (kg/cm^2)	ϕ (°)	γ (gr/cm^3)
1	0,022	0,9417	0,931
2	0,023	0,1525	0,913
3	0,021	0,2216	0,907
4	0,012	0,9793	0,977

Pengambilan sampel tanah dilakukan per kedalaman 1 m. Hasil tes laboratorium memperlihatkan bahwa tanah lokasi penelitian mempunyai sifat-sifat mekanis yang sangat rendah seperti disajikan pada Tabel 1. Nilai-nilai c (kohesi), ϕ (sudut geser), dan γ (berat volume) dalam tabel tersebut sangat kecil dibandingkan dengan c, ϕ, dan γ tanah lempung lunak yang umum dijumpai di Pontianak.

5.2 Beton

Perbandingan campuran beton diperoleh seperti pada Tabel 2. Hasil tes tekan silinder beton diperoleh seperti pada Tabel 3.

5.3 Hasil Uji Pembebanan

Hubungan P (beban) vs d (penurunan) hasil uji pembebanan terlihat tidak mulus.

Tabel 2. Hasil rancangan campuran beton

Bahan	**15 MPa**	**20 MPa**	**25 MPa**	**30 MPa**
Perbandingan per m^3 beton (kg)				
Semen	283,582	316,667	358,491	404,255
Pasir	878,441	851,043	816,406	778,506
Batu	948,117	948,117	948,117	948,117
Air	202,602	202,683	202,785	202,896
Total	2312,743	2318,509	2325,798	2333,774
Perbandingan per sak semen (kg)				
Semen	50	50	50	50
Pasir	154,88	134,38	113,87	96,29
Batu	167,17	149,70	132,24	117,27
	w/c			
	0,67	0,6	0,53	0,47

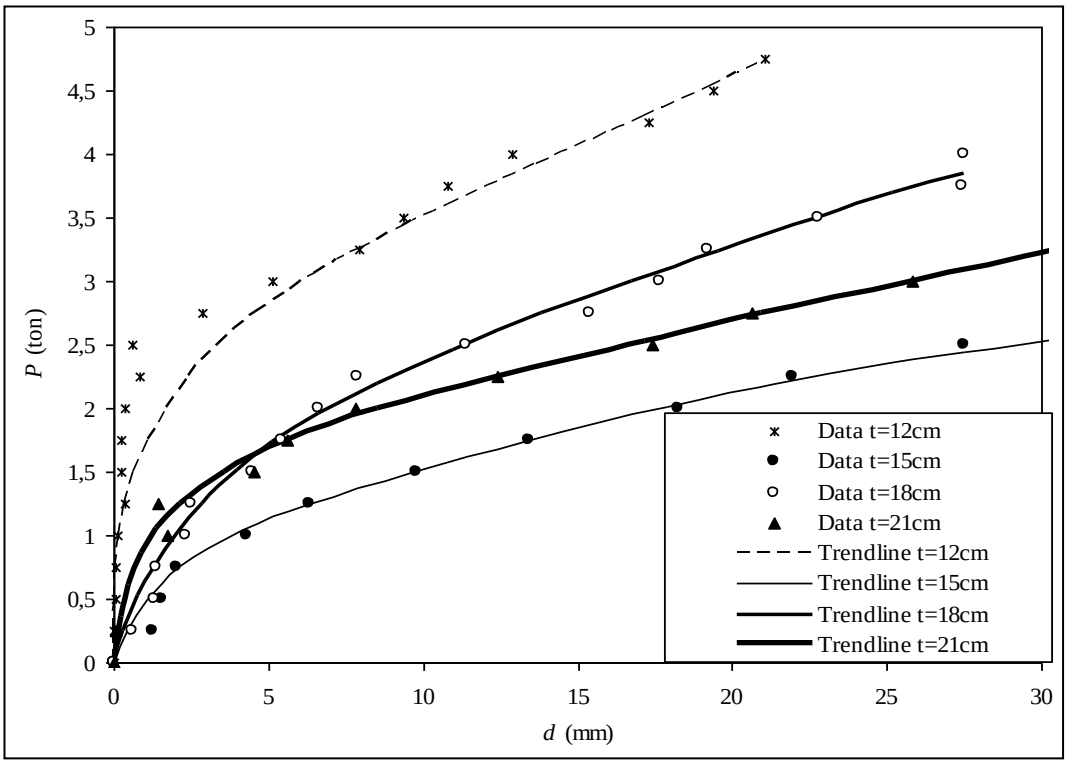
Tabel 3. Hasil tes silinder beton

Kuat tekan rencana (MPa)	Berat (kg/m^3)	Kuat tekan rata-rata (MPa)	Kuat tekan karekteristik (MPa)
15	2192,518	16,561	14,855
20	2248,859	19,745	18,892
25	2330,028	28,025	26,548
30	2321,434	30,573	29,720

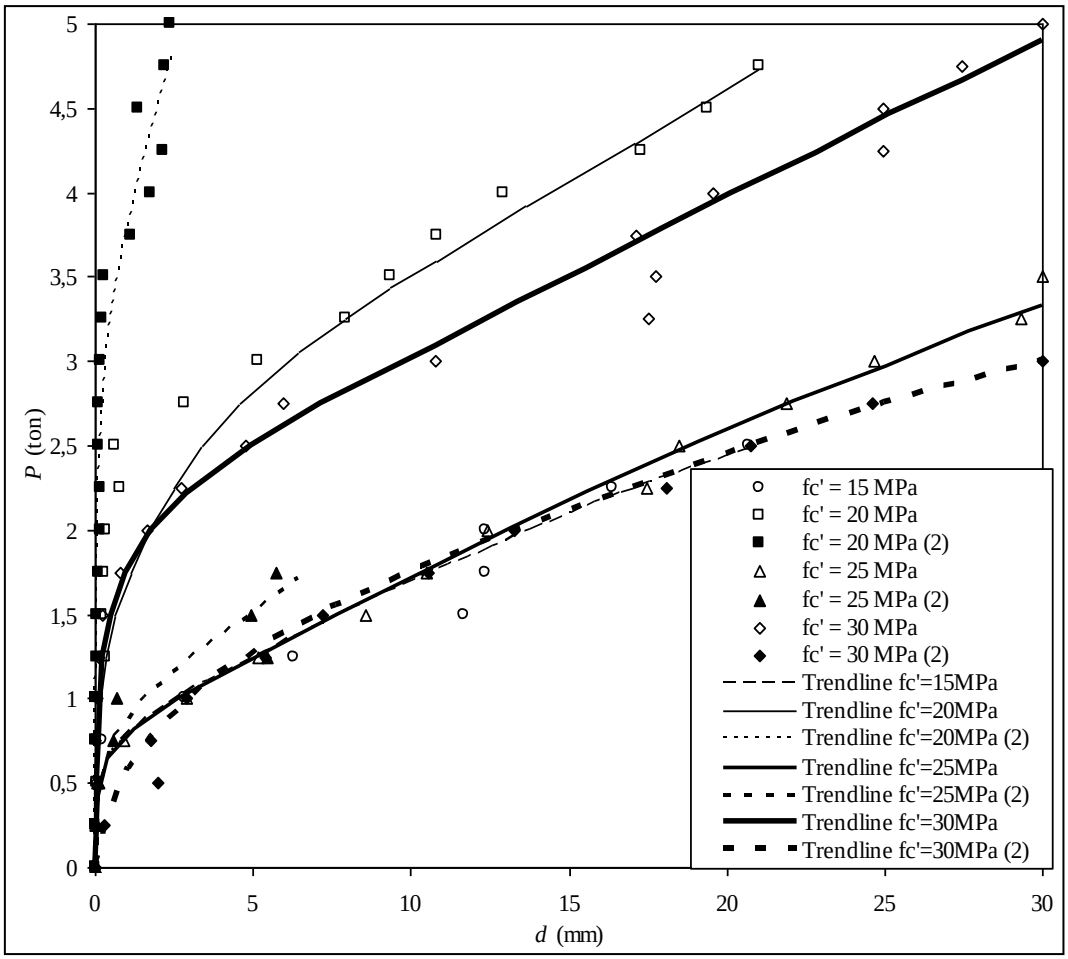
Untuk kemudahan menentukan nilai beban ultimit maka dilakukan pencocokan kurva (*curve fitting*) secara manual tanpa menggunakan rumus-rumus analisis regresi. Pada Gambar 3 dan Gambar 4 diperlihatkan grafik hubungan *P* vs *d* berdasarkan hasil uji pembebanan dan *trendline* hasil pencocokan kurva. Nilai-nilai P_u (beban ultimit) didasarkan pada *trendline* ini.

5.4 Beban Ultimit

Perhitungan nilai P_u dilakukan dengan metode tangen yaitu metode perpotongan garis elastis dengan garis plastis. Metode ini adalah metode grafis yang mana ketelitian perhitungan sangat tergantung dari skala grafik dan sangat ditentukan pula oleh *judgement* pemakainya. Oleh karena nilai P_u dalam metode ini dibaca (tidak dihitung) pada sumbu beban secara manual maka hasil pembacaan tersebut merupakan perkiraan kasar saja. Dengan metode tangen ini diperoleh nilai-nilai P_u seperti pada Gambar 5. Pada gambar ini, nilai P_u untuk t = 12 cm dan nilai P_u untuk f_c' = 20 MPa tidak dimasukkan, karena kedua nilai P_u tersebut sangat melenceng dari tiga nilai P_u yang lainnya,



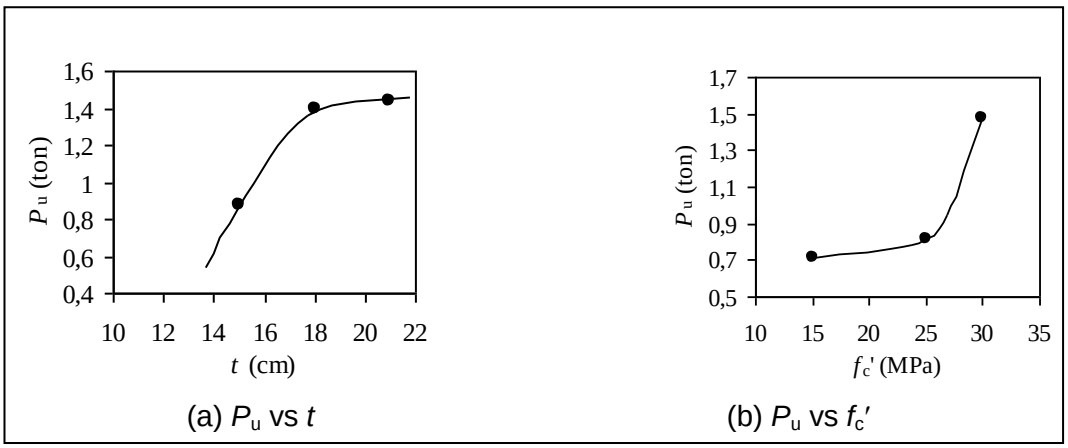
Gambar 3. Hubungan *P* vs *d* variasi tebal pelat



Gambar 4. Hubungan *P* vs *d* variasi mutu beton

baik pada variasi tebal pelat maupun pada variasi mutu beton. Dengan anggapan ini, terlihat bahwa kedua variasi berlawanan arah lengkungnya. Gambar 5(a) memperlihatkan bahwa semakin tebal pelat maka semakin tidak signifikan peningkatan daya dukungnya. Hal ini dikarenakan, dengan penambahan tebal pelat maka berat sendirinya juga bertambah secara signifikan sementara daya dukung tanah tetap. Jika kurva P_u vs *t* dilanjutkan untuk *t* yang lebih besar lagi maka beban ultimit cenderung akan turun. Sebaliknya, Gambar 5(b) memperlihatkan bahwa semakin tinggi mutu beton atau semakin kaku pelat beton maka beban ultimitnya semakin meningkat secara signifikan.

Gambar 5 memperlihatkan dengan jelas bahwa untuk mendapatkan beban ultimit



Gambar 5. Hubungan P_u vs t dan P_u vs f_c'

yang besar di tanah gambut (tanah lunak secara umum) yang tidak dilakukan perkuatan pada tanah dasarnya maka penambahan kekakuan pelat merupakan pilihan yang terbaik. Peningkatan kekakuan pelat ini bukan dengan menambah tebalnya melainkan dengan menaikkan mutunya. Sejalan dengan ini maka penambahan tulangan tentu juga merupakan pilihan terbaik dibandingkan dengan menambah tebal pelat. Apatah lagi dengan peningkatan mutu dan penambahan tulangan maka daya dukung pelat beton di atas tanah akan sangat besar.

Dapat dilihat pada Gambar 5(b) bahwa untuk f_c' = 20 MPa maka diperoleh P_u = 0,74 ton (dibaca dari grafik). Nilai P_u ini lebih dapat diterima dibandingkan dengan nilai P_u untuk t = 12 cm dari Gambar 5(a) yang memberikan P_u = 0,1 ton. Diharapkan kedua nilai P_u ini berdekatan. Namun demikian, tidak berarti informasi yang disajikan pada Gambar 5 menjadi tidak berarti. Angka eksak yang disajikan sebenarnya tidak penting melainkan *trendline* yang lebih penting.

Berikut ini, nilai P_u = 0,5 (0,74 ton + 0,1 ton) = 0,42 ton untuk f_c' = 20 MPa dan t = 12 cm digunakan sebagai data pelengkap untuk memprediksi P_u pada kombinasi nilai-nilai f_c' dan t yang lain. Walaupun nilai P_u = 0,42 ton ini menyebabkan *trendline* pada Gambar 5(b) menjadi 'rusak' – karena tidak mungkin P_u untuk f_c' = 20 MPa lebih rendah daripada P_u untuk f_c' = 15 MPa – namun pendekatan ini harus dilakukan karena terbatasnya jumlah data yang tersedia.

Sebaran data P_u yang diperoleh dari penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4(a). Nilai a s.d. r masih belum diketahui. Dengan memperhatikan *trendline* pada Gambar 5 dan dengan asumsi tidak ada interaksi antara f_c' dan t — secara teoritis tidak terdapat interaksi antara f_c' dan t, di mana f_c' dan t adalah *independent* satu

Tabel 4. Memperkirakan hubungan P_u dalam fungsi t dan f_c'

(a) Sebaran Data P_u

		f_c' (MPa)				
		15	20	25	30	35
t (cm)	12	0,709	0,42	0,812	1,481	*a*
	15	*b*	0,877	*c*	*d*	*e*
	18	*f*	1,391	*g*	*h*	*i*
	21	*j*	1,44	*k*	*l*	*m*
	25	*n*	*o*	*p*	*q*	*r*

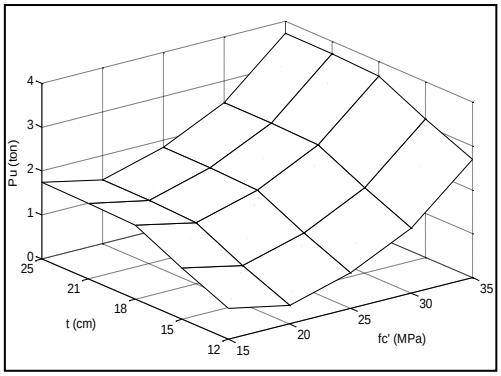
(b) Perkiraan Nilai-Nilai P_u (ton)

		f_c' (MPa)				
		15	20	25	30	35
t (cm)	12	0,709	0,42	0,812	1,481	2,7
	15	1,166	0,877	1,269	1,938	3,157
	18	1,68	1,391	1,783	2,452	3,671
	21	1,729	1,44	1,832	2,501	3,72
	25	1,739	1,45	1,842	2,511	3,73

sama lain — maka prediksi nilai P_u untuk kombinasi f_c' dan t yang lain disajikan pada Tabel 4(b) dan secara grafis pada Gambar 6. Nilai *a* s.d. *r* dijelaskan pada paragraf berikut ini.

Nilai *a* pada Tabel 4(a) dibaca dari Gambar 4(b). Nilai *o* pada Tabel 4(a) dibaca dari Gambar 4(a). Selanjutnya, *b*, *c*, *d*, dst. dihitung sebagai berikut:

b = 0,709 ton + (0,877 ton – 0,42 ton) = 1,166 ton.
c = 0,812 ton + (0,877 ton – 0,42 ton) = 1,269 ton.

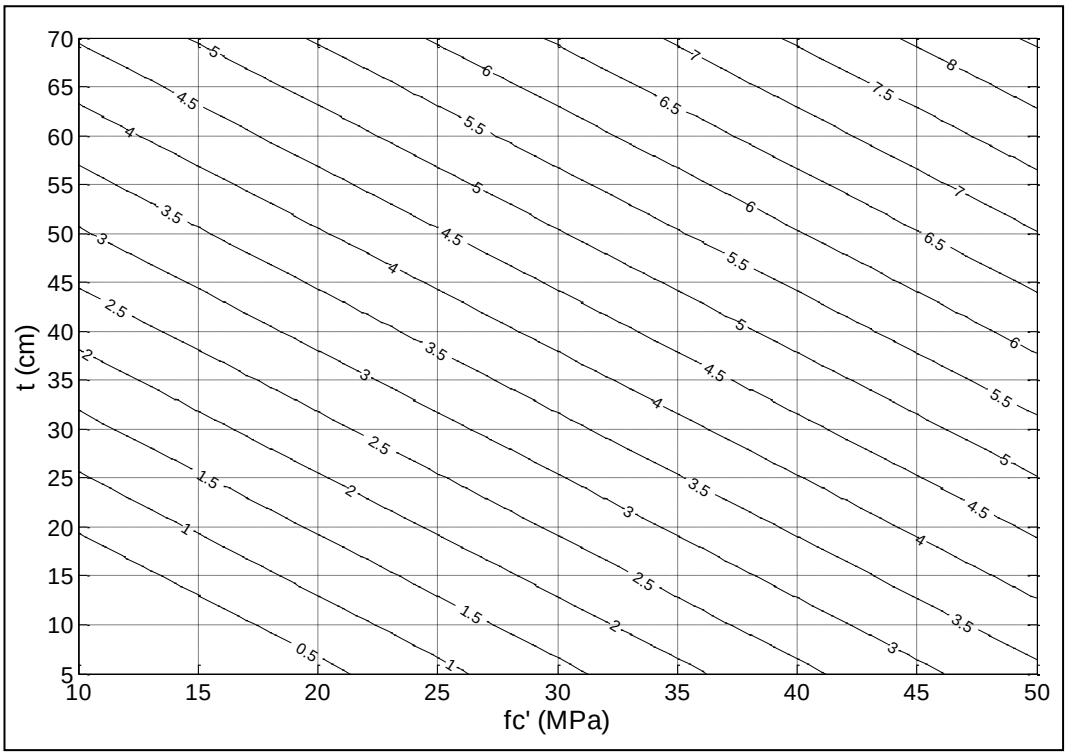


Gambar 6. Perkiraan nilai-nilai P_u

d = 1,841 ton + (1,269 ton – 0,812 ton) = 1,938 ton.
Demikian seterusnya.

Tabel 4(b) dan Gambar 6 ini masih belum final, karena masih harus dibandingkan dengan pengaruh luas permukaan pelat yang tentu saja semakin luas permukaan pelat akan semakin tinggi P_u-nya.

Gambar 5(b) memperlihatkan bahwa semakin tinggi f_c' maka peningkatan P_u sangat cepat khususnya untuk f_c' > 25 MPa. Meskipun data yang ada memperlihatkan perilaku demikian, namun lebih konservatif jika peningkatan P_u dianggap linier terhadap peningkatan f_c'. Sebaliknya, Gambar 5(a) memperlihatkan bahwa peningkatan P_u tidak dapat dianggap linier terhadap peningkatan *t*, khususnya untuk *t* > 18 cm, karena akan didapat nilai-nilai P_u yang tidak konservatif. Namun demikian, dengan anggapan bahwa peningkatan P_u secara linier untuk f_c' menghasilkan P_u under estimate, sementara peningkatan P_u secara linier untuk *t* menghasilkan P_u over estimate maka nilai P_u dalam fungsi dari f_c' dan *t* dide-



Gambar 7. Kontur P_u untuk memperkirakan tebal minimum dan mutu beton minimum.

kati dengan melakukan analisis regresi linier berganda yang menghasilkan

$$P_u = -2{,}053852918 + 0{,}10086 f_c' + 0{,}079799611 t \quad (3)$$

Gambar 7 menyajikan kontur Persamaan (3). Perkiraan tebal minimum dan mutu minimum pelat beton untuk konstruksi jalan beton dapat ditentukan dengan membaca Gambar 7. Dalam hal ini, untuk satu kelas jalan terdapat beberapa kombinasi tebal minimum dan mutu minimum. Sebagai contoh, untuk jalan kelas IV di mana tekanan gandar tunggal sebesar 2 ton (lihat Tabel 5) maka kombinasi mutu dan tebal minimum antara lain f_c' = 20 MPa dengan t = 25 cm, atau f_c' = 25 MPa dengan t = 20 cm, atau f_c' = 30 MPa dengan t = 12,5 cm, demikian seterusnya.

Hasil penelitian yang disajikan dalam pembahasan di atas masih terbatas untuk

Tabel 5. Tekanan gandar tunggal berdasarkan kelas jalan

Kelas jalan	I	II	IIIa	IIIb	IV	V
Tekanan gandar tunggal (ton)	7	6	3,5	2,75	2	1,5

Tabel 6. Lebar minimum jalan menurut kelas jalan

Kelas jalan	Lebar minimum (m)
Arteri primer	8
Kolektor primer	7
Lokal primer	6
Arteri sekunder	8
Kolektor sekunder	7
Lokal sekunder	5

pelat beton berukuran 1,2 m × 1,2 m. PP Nomor 26 Tahun 1985 mengatur lebar minimum jalan seperti pada Tabel 6 dengan lebar minimum terkecil sebesar 5 m yaitu untuk kelas jalan lokal sekunder. Dengan demikian, nilai P_u dari Gambar 7 sangat konservatif.

Nilai k yang diperlukan dalam perencanaan tebal perkerasan kaku diusulkan untuk diambil berdasarkan Gambar 3 dan Gambar 4 sesuai dengan beban (P) yang diperlukan seperti pada Tabel 5. Nilai q pada Gambar 1(b) dihitung menggunakan Persaman (1), sedangkan nilai d pada Gambar 1(b) dibaca dari Gambar 3 dan Gambar 4 yang bersesuaian dengan nilai P yang diperlukan.

6. SIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat dikemukakan adalah sebagai berikut:

a) Perilaku beban vs penurunan pelat beton di atas tanah gambut dengan variasi tebal pelat berdasarkan hasil uji pembebanan tidak memperlihatkan peningkatan beban ultimit yang signifikan seiring dengan peningkatan tebal pelat. Ada kecenderungan beban ultimit akan turun dengan peningkatan tebal pelat yang sangat besar.

b) Perilaku beban vs penurunan pelat beton di atas tanah gambut dengan variasi mutu beton berdasarkan hasil uji pembebanan memperlihatkan kenaikan beban ultimit yang sangat signifikan seiring dengan meningkatnya mutu beton.

c) Dengan pendekatan bahwa peningkatan beban ultimit berbanding linier terhadap tebal pelat dan terhadap mutu beton maka diperoleh hubungan matematisnya sebagai $P_u = -2{,}053852918 + 0{,}10086 f_c' + 0{,}079799611 t$ yang memberikan berbagai alternatif tebal pelat minimum dan mutu beton minimum untuk mencapai beban ultimit tertentu. Nilai beban ultimit yang diperoleh dari hubungan tersebut masih sangat konservatif karena P_u tersebut diturunkan untuk pelat beton berukuran 1,2 m × 1,2 m.

Daftar Pustaka

Affandi, F. 2003. Pengaruh Penyimpangan Ketebalan dan Mutu Pelat Beton pada Perkerasan Beton Semen (Perkerasan Kaku). *Jurnal Litbang Jalan*. 20 (4).

Alamsyah, A. A. 2003. *Rekayasa Jalan Raya*. Malang: UMM Press.

Daloglu, Ayse T. dan Vallabhan, C. V. 2000. Values of k for Slab on Winkler Foundation. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE*. 126(5).

Falkner, H.; Huang, Z.; dan Teutsch, M. 1995. Comparative Study of Plain and Steel Fiber Reinforced Concrete Grund Slabs. *Concrete International: Slabs and Foundation*. 17(1).

Hendarsin, Shirley L. 2000. *Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya*. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.

Horvath, John S. 1983. Modulus of Subgrade Reaction: New Perspective. *Journal of Geotechnical Engineering, ASCE*. 109(12).

Horvilleur, J. F. dan Patel, V. B. 1995. Mat Foundation Design – A Soil-Structure Interaction Problem. Dalam: Edward J. Ulrich (editor). *Design and Performance of Mat Foundations: State-of-the-Art Review*. Detroit: ACI.

Mishra, R. C. dan Chakrabarti, S. K. 1996. Rectangular Plates Resting on Tensionless Elastic Foundation: Som New Results. *Journal of Engineering Mechanics*, ASCE. 122(4).

Shen, Hui-Shen 1995. Postbuckling of Orthotropic Plates on Two-Parameter Elastic Foundation. *Journal of Engineering Mechanics*, ASCE. 121(1).

Shen, Hui-Shen. 1998. Large Deflection of Reissner-Mindlin Plates on Elastic Foundation. *Journal of Engineering Mechanics*, ASCE. 124(10).

SNI 2847-2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. BSN.

Suryawan, Ari. 2005. *Perkerasan Jalan Beton Semen Portland (Rigid Pavement)*. Yogyakarta: Beta Offset.

UFC-3-220-03 FA. *Soils and Geology Procedures for Foundation Design of Building and Other Structures (Except Hydraulic Structures)*.

Vallabhan, C.V.G; Straughan, W. T.; dan Das, Y.C. 1991. Refined Model for Analysis of Plates on Elastic Foundation. *Journal of Engineering Mechanics*, ASCE. 117(12).

Vivi B. dan Yusuf, M. 2007. *Studi Eksperimental Skala Kecil Perilaku Fondasi Pelat Beton Bercerucuk di Tanah Lunak*. Laporan Penelitian Dosen Muda.

Yusuf, M dan Vivi B. 2004. *Studi Eksperimental Skala Kecil Perilaku Pelat Beton di atas Fondasi Elastis*. Laporan Penelitian SDPF.

Yusuf, M dan Vivi B. 2005. *Studi Eksperimental Skala Kecil Perilaku Pelat Beton di atas Tanah Akibat Pembebanan Siklik*. Laporan Penelitian SDPF.

Yusuf, M. 2002. *Analisis Nonlinier Pelat Beton di atas Fondasi Elastis Nonlinier dengan Metode Elemen Hingga*. Tesis Magister. Bandung: Program Studi Teknik Sipil Program Pascasarjana Institut Teknologi Bandung.

Yusuf, M.; Vivi B.; dan Aryanto. 2006. *Studi Eksperimental Perilaku Pelat Beton di Atas Fondasi Elastis (Skala Penuh)*. Laporan Penelitian TPSDP.