

KODE/ RUMPUN ILMU: 421/ ILMU TEKNIK

LAPORAN TAHUNAN PENELITIAN HIBAH BERSAING



VALIDASI METODE PERENCANAAN SISTEM PELAT TERPAKU PADA LEMPUNG LUNAK MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Tahun ke-1 dari rencana 2 tahun

Ketua:

Dr. Anas Puri, S.T., M.T.

NIDN. 1005057003

Anggota:

Dr. Ir. Anwar Khatib, M.Eng.

NIDN. 10121125203

**LEMBAGA PENELITIAN
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
2015**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Validasi Metode Perencanaan Sistem Pelat Terpaku
pada Lempung Lunak Menggunakan Metode Elemen
Hingga

Nama Lengkap : Dr. Anas Puri, S.T., M.T.
NIDN. : 1005057003
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
Program Studi : Teknik Sipil
Nomor HP. : 085329582788
Alamat surel (email) : anaspuri@yahoo.com/ anaspuri@eng.uir.ac.id
Anggota :
Nama Lengkap : Dr. Ir. Anwar Khatib, M.Eng.
NIDN. : 10121125203
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Riau
Institusi Mitra : -
Alamat : Jl. Kaharuddin Nasution 113 Pekanbaru-28284
Penanggung Jawab : Dr. Anas Puri, S.T., M.T.
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke-1 dari rencana 2 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 51.500.000,-
Biaya Keseluruhan : Rp 103.002.187,-

Pekanbaru, 5 November 2015

Mengetahui:
Dekan Fakultas Teknik UIR.,



Ir. H. ABD. KUDUS, M.T.
NIK. 88 03 02 098

Ketua Peneliti,



Dr. ANAS PURI, S.T., M.T.
NIK. 96 09 02 239

Mengetahui:
Ketua Lembaga Penelitian UIR.,



H. M. HASBI ZAIDI, S.E., M.P.
NIK. 90 04 02 162

RINGKASAN

Sistem Pelat Terpaku berawal dari ide untuk mengganti cakar pada Fondasi Cakar Ayam dengan tiang-tiang friksi pendek, untuk lebih efisien dalam pelaksanaan konstruksi (Hardiyatmo, 2008). Sistem ini sebagai usulan aplikasi perkuatan beton perkerasan kaku pada tanah lunak, yang direkomendasikan menggunakan *pile cap* tipis (ketebalan 12 cm hingga 25 cm), dan penggunaan *pile cap* tipis akan menguntungkan bagi tanah lunak (Hardiyatmo dan Suhendro, 2003). Bagian bawah pelat perkerasan terdapat tiang-tiang mikro pendek (*short micropiles*) berdiameter 12 cm – 20 cm dengan panjang 1,0 m – 1,5 m, dan jarak antar tiang berkisar antara 1 m – 2 m (Hardiyatmo, 2008). Jadi pelat tersebut berfungsi ganda yaitu sebagai struktur perkerasan sekaligus sebagai *pile cap*. Cara analisis Sistem Pelat Terpaku berdasarkan uji tiang tunggal menggunakan modulus reaksi tanah dasar ekuivalen telah diusulkan oleh Hardiyatmo (2008; 2009; 2011a) dan Puri, dkk. (2012a). Puri, dkk. (2013c) telah memvalidasi cara analisisnya dengan pengamatan skala penuh, namun belum dilakukan validasi dengan metode elemen hingga. Selain itu, belum pula dihasilkan nomogram untuk perencanaan praktis di lapangan. Untuk itu perlu dilakukan analisis numerik guna memvalidasi cara analisis yang telah diusulkan dan membuat nomogram untuk perencanaan praktis di lapangan.

Uji Sistem Pelat Terpaku skala penuh telah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Gadjah Mada. Pelat Terpaku menggunakan konstruksi beton bertulang yang dipasang pada media lempung lunak. Uji Pelat Terpaku dengan 1 baris tiang mempunyai ukuran pelat 600 cm × 120 cm, tebal 15 cm, berada pada lempung lunak setebal 215 cm, dan diperkuat tiang mikro berdiameter 20 cm, panjang 150 cm, dan jarak 120 cm. Sejumlah instrumentasi dipasang untuk mengamati perilaku sistem. Pembebanan statis dan monotonik dilakukan pada titik-titik beban yang berbeda.

Secara umum pembebanan tidak mencapai kondisi runtuh, kecuali hanya sedikit mencapai awal zona plastis. Namun pada beban di C (tepi ujung pelat), di atas beban 80 kN mengakibatkan pelat retak di antara dua tiang terluar. Akibat beban terpusat di A maupun di C, respons lendutan pelat sesuai dengan harapan bahwa lendutan maksimum terjadi di bawah beban dan semakin jauh dari beban lendutan akan semakin mengecil. Hal ini terlihat pada bentuk lendutan pelat (*deflected-bowl*) mendekati bentuk setengah mangkok. Fenomena ini mengindikasikan bahwa tiang-tiang merespon dengan cukup baik. Untuk tinjauan desain pada beban rencana roda tunggal 40 kN bahwa hasil hitungan menggunakan BoEF diperoleh lendutan maksimum 2,60 mm tidak melampaui lendutan toleransi (δ_a) = 5 mm untuk beban sentris. Namun untuk beban di tepi diperoleh lendutan maksimum 7,10 mm, melampaui lendutan toleransi. Akan tetapi lendutan pengamatan jauh lebih kecil dibanding lendutan analisis yaitu hanya 0,87 mm untuk beban sentris, dan 2,04 mm untuk beban di tepi. Dengan demikian, hasil hitungan rencana tersebut jauh lebih aman. Hasil analisis MEH untuk beban sentris sudah mendekati pengamatan walaupun cenderung *over-estimated*, sedangkan untuk beban di tepi sangat *under-estimated*. Diduga bahwa piranti Plaxis 3D tidak dapat memodelkan pelat koperan yang posisinya lebih rendah daripada pelat perkerasan.

Kata-kata kunci: sistem pelat terpaku, tiang pendek, lendutan, lempung lunak, perkerasan kaku.

PRAKATA

Segala puji bagi Allah Yang Maha Penentu (*al-Mudabbir*), atas rahmat dan kehendak-Nya, dan dengan rizki dan nikmat '*akal* yang telah diberikan-Nya, *alhamdulillah* Laporan Kemajuan Pelaksanaan Kegiatan Penelitian Hibah Bersaing ini dapat diselesaikan. Pada laporan ini disajikan mengenai kemajuan pelaksanaan penelitian Validasi Metode Perencanaan Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Lempung Lunak. Laporan ini memuat latar belakang urgensi dilakukannya penelitian ini, tinjauan pustaka yang terkait, serta tujuan dan manfaat yang diharapkan, yang selanjutnya diimplementasikan melalui metode penelitian yang mana hasil implementasi itu tertuang dalam bentuk capaian-capaian yang telah diperoleh. Pelat Terpaku skala penuh menunjukkan respons lendutan pelat sesuai dengan harapan bahwa lendutan maksimum terjadi di bawah beban dan semakin jauh dari beban lendutan akan semakin mengecil. Hal ini terlihat pada bentuk lendutan pelat (*deflected-bowl*) mendekati bentuk setengah mangkok. Fenomena ini mengindikasikan bahwa tiang-tiang merespon dengan cukup baik. Sistem ini menjanjikan untuk aplikasi lapangan.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI) RI, Kopertis Wilayah X, Lembaga Penelitian Universitas Islam Riau (UIR), Kepala Laboratorium Mekanika Tanah UGM, Prof. Dr. Ir. Hary Christady Hardiyatmo, M.Eng., DEA., Prof. Ir. Bambang Suhendro, M.Sc., Ph.D., dan Dr.sc.tech. Ir. Ahmad Rifa'i, M.T., yang telah memberikan hal-hal yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung terhadap pelaksanaan penelitian ini. Semoga Allah SWT membalas mereka dengan kebaikan yang banyak. Demikianlah, semoga laporan ini bermanfaat hendaknya, amin.

Pekanbaru, 5 November 2015.

Penulis,

Dr. Anas Puri, S.T., M.T.
Ketua Peneliti

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	1
RINGKASAN	2
PRAKATA	3
DAFTAR ISI	4
DAFTAR TABEL	6
DAFTAR GAMBAR	7
DAFTAR LAMPIRAN	8
BAB 1. PENDAHULUAN	9
1.1 Latar Belakang	9
1.2 Urgensi (Keutamaan) Penelitian	10
1.3 Kontribusi Penelitian Terhadap Pengembangan IPTEK	10
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 <i>State of The Art</i>	11
2.2 Studi Pendahuluan dan Hasil Penelitian Terkait	13
2.3 <i>Road Map</i> Riset dan Teknologi	16
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	18
3.1 Tujuan	18
3.2 Manfaat	18
BAB 4. METODE PENELITIAN	19
4.1 Bahan dan Penentuan Dimensi	19
4.2 Alat-alat	19
4.3 Tahapan Pelaksanaan Penelitian	20
4.4 Skema Pengujian Skala Penuh	21
4.5 Uji Bahan	21
4.5.1 Uji sifat-sifat tanah	21
4.5.2 Uji sifat-sifat beton	23
4.6 Pengujian Skala Penuh	23
4.7 Cara Analisis	24
BAB 5. HASIL YANG DICAPAI	25
5.1 Sifat-sifat Bahan	25

5.1.1 Sifat-sifat lempung	25
5.1.2 Sifat-sifat beton	25
5.2 Hasil Uji Pelat Terpaku Skala Penuh Satu Baris Tiang	26
5.2.1 Beban repetitif di A	26
5.2.2 Beban repetitif di C	28
5.3 Hasil Analisis Menggunakan BoEF	30
5.3.1 Dimensi struktur	30
5.3.2 Sifat-sifat bahan	30
5.3.3 Tahapan perhitungan	31
5.3.4 Perhitungan modulus reaksi tanah dasar ekivalen	31
5.3.5 Perbandingan lendutan hitungan dengan pengamatan	33
5.4 Hasil Analisis Menggunakan MEH	37
5.4.1 Model konstitutif dan sifat-sifat bahan	37
5.4.2 Lendutan pelat	38
BAB 6. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA	41
6.1 Lanjutan Pembahasan Hasil Analisis BoEF dan Metode Elemen Hingga	41
6.2 Studi Parametrik Menggunakan Elemen Hingga	41
BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN	42
7.1 Kesimpulan	42
7.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
PERSONALIA TENAGA PENELITIAN	46
LAMPIRAN A: Data Pengujian	54
LAMPIRAN B: Luaran Penelitian	

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
Tabel 2.1	Rangkuman <i>Roadmap</i> Riset Sistem Pelat Terpaku	17
Tabel 4.1	Ukuran struktur di lapangan dalam pengujian (skala penuh)	19
Tabel 4.2	Variasi pembebanan uji skala penuh pelat $600\text{ cm} \times 120\text{ cm} \times 15\text{ cm}$ diperkuat satu baris tiang dia. 20 cm, $L_p = 150\text{ cm}$	23
Tabel 5.1	Sifat-sifat Lempung Ngawi-2	26
Tabel 5.2	Sifat-sifat tanah	30
Tabel 5.3	Sifat-sifat beton rencana	30
Tabel 5.4	Modulus reaksi tanah dasar ekivalen	33
Tabel 5.5	Model dan parameter tanah pada analisis 3D	38
Tabel 5.6	Model dan parameter elemen struktur pada MEH 3D solid	38

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
Gambar 2.1	Tipikal perkerasan Sistem Pelat Terpaku	11
Gambar 2.2	Ilustrasi pengaruh pemasangan tiang sebagai "paku" pada perkerasan beton	12
Gambar 2.3	Hubungan δ_0/δ vs δ berdasarkan uji skala penuh pelat terpaku tiang tunggal pada lempung kaku	15
Gambar 2.4	Hubungan faktor perpindahan ($\alpha = \delta_0/\delta_s$) terhadap rasio δ_s/D untuk penentuan tambahan modulus reaksi tanah dasar Pelat Terpaku	15
Gambar 4.1	Bagan alir penelitian	21
Gambar 4.2	Skema uji skala penuh Pelat Terpaku satu baris tiang	22
Gambar 4.3	Foto pelaksanaan uji pembebanan	24
Gambar 5.1	Denah uji pembebanan untuk satu baris tiang	27
Gambar 5.2	Hasil uji beban di A pada model skala penuh satu baris tiang	27
Gambar 5.3	Retak melintang pada model skala penuh satu baris tiang akibat beban di C sebesar 80 kN	29
Gambar 5.4	Hasil uji beban di C pada model skala penuh satu baris tiang	29
Gambar 5.5	Hasil hitungan berdasarkan Persamaan (3) vs. lendutan pengamatan Pelat Terpaku skala penuh satu baris tiang untuk P sentris	33
Gambar 5.6	Hasil hitungan berdasarkan Persamaan (3) vs. lendutan Pengamatan Pelat Terpaku skala penuh satu baris tiang untuk P di tepi	34
Gambar 5.7	Perbandingan lendutan analisis dan pengamatan untuk Pelat Terpaku satu baris tiang akibat beban sentris	36
Gambar 5.8	Perbandingan lendutan analisis dan pengamatan untuk Pelat Terpaku satu baris tiang akibat beban di tepi	37
Gambar 5.9	Hubungan P - δ hasil hitungan terhadap pengamatan Pelat Terpaku 1 baris tiang tanpa lantai kerja	39
Gambar 5.10	Distribusi lendutan di sepanjang pelat akibat beban $P = 80$ kN	39
Gambar 5.11	Pengaruh pelat penutup tepi (koperan)	40

DAFTAR LAMPIRAN

PERSONALIA TENAGA PENELITIAN	46
LAMPIRAN A: Data Pengujian	54
LAMPIRAN B: Luaran Penelitian	

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan pembangunan jalan pada tanah lunak adalah kuat geser tanah yang rendah dan disertai dengan kompressibilitas yang besar. Hal ini dapat berakibat buruk pada perkerasan jalan, termasuk perkerasan kaku, seperti terjadinya retak atau pecahnya struktur perkerasan akibat perbedaan penurunan tanah, maupun akibat terjadinya *pumping*, dan lain-lain. Beberapa metode konstruksi telah dikembangkan untuk mengatasi atau meminimalisir masalah tersebut, misalnya penggunaan perbaikan tanah, konstruksi sarang laba-laba, serta fondasi cakar ayam. Masing-masing metode mempunyai kelebihan dan kekurangan.

Fondasi Sistem Cakar Ayam telah membuktikan keberhasilan penerapannya sebagai perkuatan perkerasan kaku jalan di atas tanah lunak. Hanya saja sistem ini tidak dapat mengatasi penurunan tanah di bawahnya. Namun demikian, sistem ini mampu membuat penurunan konstruksi menjadi seragam sehingga tidak menimbulkan kerusakan pada struktur perkerasan. Belakangan muncul ide untuk mengganti konstruksi cakar pada sistem cakar ayam dengan tiang-tiang friksi pendek yang disebut Sistem Pelat Terpaku (*Nailed-slab System*). Ide ini diperkenalkan oleh Hardiyatmo (2008). Sistem ini masih dalam taraf studi. Beberapa kajian telah dilakukan antara lain oleh Hardiyatmo (2008) pada beban dinamik, dan pada beban vertikal oleh Hardiyatmo (2009; 2011), Nasibu (2009), Dewi (2009), Taa (2010), dan Puri, dkk. (2011a, 2011b, 2012a, 2012b, 2013a, 2013b, 2013c, 2013d). Puri, dkk. (2013c) telah memvalidasi metode analisis Pelat Terpaku terhadap pengamatan skala penuh. Analisis menggunakan teori *Beam on Elastic Foundation* (BoEF) dan belum dilakukan analisis elemen hingga. Oleh karena itu dipandang penting untuk dilakukan analisis elemen hingga guna mempelajari perilaku struktur dan tanah yang lebih kompleks. Selanjutnya dilakukan pula studi parametrik guna menghasilkan nomogram perencanaan praktis untuk keperluan lapangan.

1.2 Urgensi (Keutamaan) Penelitian

Keutamaan yang diharapkan dari penelitian perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada lempung lunak ini adalah:

1. Perkerasan Sistem Pelat Terpaku ini diharapkan menjadi salah satu alternatif metode peningkatan kinerja perkerasan kaku pada tanah dasar lunak. Untuk itu perlu didukung dengan analisis elemen hingga guna mensimulasikan perilaku yang kompleks dari tanah dan struktur, oleh karena validasi menggunakan uji model dan skala penuh telah dilakukan;
2. Untuk memenuhi kebutuhan lapangan berupa metode perencanaan yang relatif sederhana namun akurasi memadai, perlu dibuatkan nomogram perencanaan praktis untuk keperluan desain awal (akan diwujudkan pada hibah bersaing tahun kedua).

Guna mensimulasikan tentang Sistem Pelat Terpaku ini, maka hasil penelitian akan dipublikasikan melalui jurnal nasional terakreditasi atau jurnal internasional.

1.3 Kontribusi Penelitian Terhadap Pengembangan IPTEK

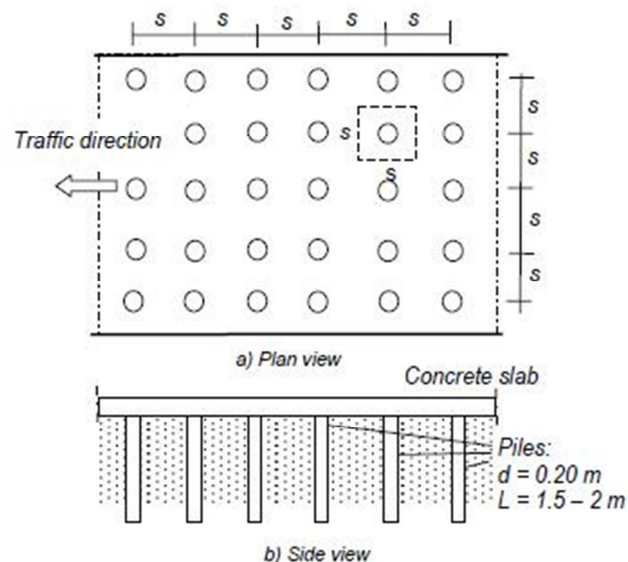
Kontribusi yang diharapkan dari penelitian ini pada bidang ilmu pengetahuan dan teknologi antara lain

1. Suatu teori baru tentang perilaku perkerasan Sistem Pelat Terpaku sebagai bagian dari bidang rekayasa geoteknik dan jalan raya, lebih spesifik lagi pada kajian interaksi tanah-struktur pada perkerasan Sistem Pelat Terpaku. Hal ini menjadi jalan untuk riset-riset lainnya yang dapat dikembangkan untuk melengkapi teori-teori maupun pengetahuan tentang sistem ini;
2. Perkerasan Sistem Pelat Terpaku menjadi teknologi baru untuk mengatasi permasalahan pembangunan jalan pada tanah dasar lunak. Penelitian ini diharapkan dapat mendukung kelayakan aplikasi sistem ini di lapangan, baik di Indonesia maupun di luar negeri.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

1.1 *State of the Art*

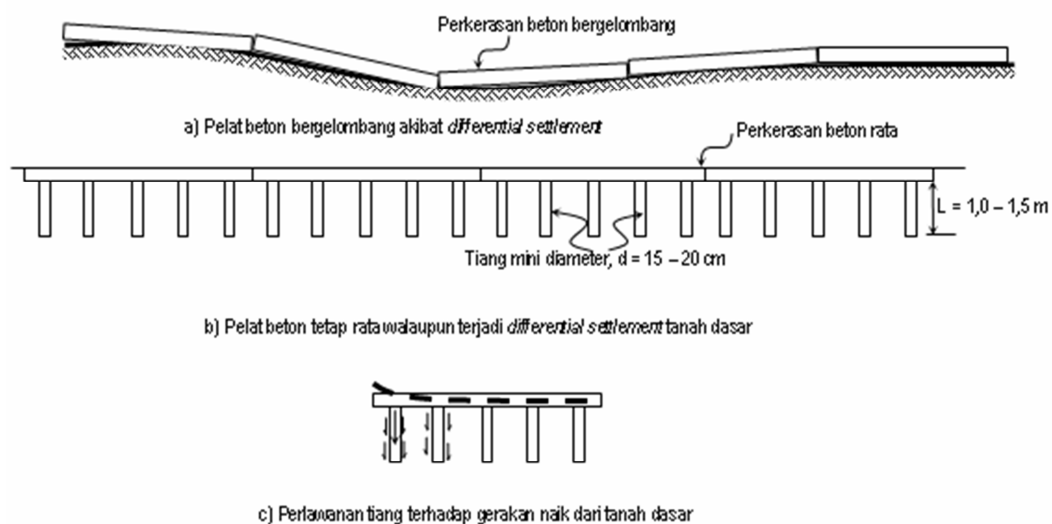
Penempatan perkerasan kaku pada tanah lunak berpotensi mengalami kerusakan akibat perbedaan penurunan. Selain itu, permukaan perkerasan menjadi tidak rata sehingga tidak nyaman untuk dilewati. Untuk mengatasi masalah tersebut, beberapa metode telah dikembangkan dan diaplikasikan, seperti metode perbaikan tanah, konstruksi sarang laba-laba (KSL), dan fondasi cakar ayam. Metode konstruksi yang terbaru diusulkan dan masih dalam tahap studi adalah Sistem Pelat Terpaku (*Nailed-slab System*). Pelat terpaku terdiri atas pelat beton yang relatif tipis yang di bawahnya diperkuat dengan fondasi tiang-tiang friksi pendek. Pelat berfungsi ganda, yaitu sebagai *pile cap* dan pelat perkerasan jalan. Penggunaan pelat tipis menguntungkan bagi tanah lunak, dimana berat konstruksi menjadi berkurang (Hardiyatmo dan Suhendro, 2003). Tipikal pelat terpaku yang telah diusulkan seperti Gambar 2.1. Tiang-tiang ditempatkan secara berbaris pada arah panjang jalan (Gambar 2.1.a) untuk ruas jalan yang berada pada tanah lunak. Pelat beton mengikat kepala tiang satu dengan lainnya (Gambar 2.1.b).



Gambar 2.1 Tipikal perkerasan Sistem Pelat Terpaku (Hardiyatmo, 2008).

Pichumani, dkk. (1974) melakukan studi parametrik sistem perkerasan yang didukung oleh tiang-tiang (*pile supporting pavement*), untuk perkerasan lentur maupun

perkerasan kaku. Djajaputra dan Widiadi (1997) serta Simanjuntak dkk. (2003) melakukan penelitian sistem tiang matras beton pada tanah lunak untuk timbunan badan jalan. Konsep desainnya adalah tiang dukung ujung ataupun *closed to end bearing*. Namun sistem ini memerlukan teknik pengerjaan khusus beserta akurasi yang tinggi dan penggunaan alat-alat berat. Sistem tiang matras beton menggunakan tiang mikro 10 cm × 10 cm dengan panjang mencapai 16 m. Pichumani, dkk. (1974), Djajaputra dan Widiadi (1997) serta Simanjuntak dkk. (2003), menggunakan pendekatan yang umum yaitu tiang-tiang berfungsi sebagai fondasi untuk menyalurkan beban ke tanah, dan sekaligus berfungsi untuk mereduksi penurunan konsolidasi tanah di bawah pelat. Hal ini berbeda dengan konsep Sistem Pelat Terpaku, dimana tiang-tiang berfungsi sebagai paku yang membuat pelat tetap kontak dengan tanah dan sekaligus sebagai pengaku pelat perkerasan.



Gambar 2.2 Ilustrasi pengaruh pemasangan tiang sebagai "paku" pada perkerasan beton (Hardiyatmo, 2008).

Perbandingan perkerasan kaku konvensional dengan perkerasan sistem pelat terpaku diilustrasikan pada Gambar 2.2. Perkerasan kaku konvensional dapat mengalami perbedaan penurunan sehingga dapat mengakibatkan bergelombangnya jalan (Gambar 2.2.a). Untuk mengatasi masalah tersebut, maka perkerasan kaku diperkuat dengan tiang-tiang pendek (Gambar 2.2.b). Pelat perkerasan dipaku pada permukaan tanah oleh tiang-tiang pendek. Kekakuan pelat meningkat. Tiang-tiang pinggir dapat mereduksi jungkitan pada bagian ujung pelat (Gambar 2.2c). Selain itu,

dapat mengurangi faktor kehilangan dukungan (*loss support factor, LS*), sehingga modulus reaksi *subgrade* vertikal efektif meningkat (Hardiyatmo, 2008). Diperoleh efisiensi pada pelat beton. Hardiyatmo menggunakan data uji beban siklik pada model fondasi tiang tunggal dengan hubungan antara tiang dengan *pile cap* dibuat monolit dan tidak monolit. Analisis didasarkan pada AASHTO 1986.

Metode analisis untuk perencanaan pelat terpaku terus dikembangkan. Hardiyatmo (2008) memberikan analisis sistem tiang terpaku untuk perancangan tebal perkerasan kaku berdasarkan uji tiang tunggal, Dewi (2009) mengusulkan modulus reaksi tanah dasar ekuivalen berdasarkan tiang tunggal, Hardiyatmo (2009) merekomendasikan metode analisis lendutan pelat fleksibel menggunakan modulus reaksi tanah dasar ekuivalen, Hardiyatmo (2011a) mengusulkan metode penentuan modulus reaksi tanah dasar ekuivalen yang didasarkan pada uji tiang tunggal, Puri dkk. (2011a, 2011b) melakukan uji model sistem pelat terpaku pada lempung lunak dan melakukan analisis lendutan pelat berdasarkan modulus reaksi tanah dasar ekuivalen. Puri, dkk. (2012b) mengembangkan usulan Hardiyatmo (2011a) yang selanjutnya divalidasi dengan uji skala penuh (Puri, dkk., 2013c). Puri, dkk. (2013c) melakukan pengujian untuk Pelat Terpaku 3 baris tiang dan dianalisis menggunakan teori BoEF serta belum melakukan analisis elemen hingga.

1.2 Hasil Penelitian Terkait yang Sudah Dicapai

Studi analitis yang dilakukan oleh Hardiyatmo (2008) menghasilkan beberapa kesimpulan sistem lain

1. modulus reaksi tanah dasar meningkat dengan adanya tiang-tiang,
2. modulus reaksi tanah dasar untuk hubungan pelat dan tiang secara monolit lebih besar daripada hubungan non monolit,
3. adanya tiang-tiang dapat mengurangi tebal pelat beton dan luas tulangan,
4. penurunan lebih rata,
5. lokasi pelat beton yang sering mengalami kerusakan adalah di bagian sambungan atau sudut/pojok pertemuan sistem pertemuan pelat. Pada bagian ini, dengan adanya dukungan tiang akan mengurangi retak atau pecah sudut,
6. tiang berfungsi sebagai angkur ketika pelat mengalami kondisi siklik naik-turun dan *warping* akibat pengaruh lingkungan,
7. pemeliharaan lebih hemat.

Kajian pengaruh tiang tunggal terhadap nilai koefisien reaksi *subgrade* ekuivalen pada uji beban skala penuh telah dilakukan oleh Dewi (2009), dalam hal ini pengujian dilakukan pada tiang tunggal di tanah lempung kaku. Perilaku penurunan pelat dipengaruhi oleh dimensi pelat; penurunan yang lebih kecil terjadi pada pelat yang berdiameter lebih kecil dan tiang mempunyai kontribusi dalam menaikkan nilai koefisien reaksi *subgrade* (k_v). Metode analisis lendutan pelat fleksibel menggunakan modulus reaksi tanah dasar ekuivalen direkomendasikan oleh Hardiyatmo (2009), dan metode penentuan modulus reaksi tanah dasar ekuivalen yang didasarkan pada uji tiang tunggal oleh Hardiyatmo (2011a). Pengaruh instalasi tiang terhadap tekanan dukung tanah di bawah pelat dijelaskan Hardiyatmo (2011a) dan nilai k' diberikan sebagai

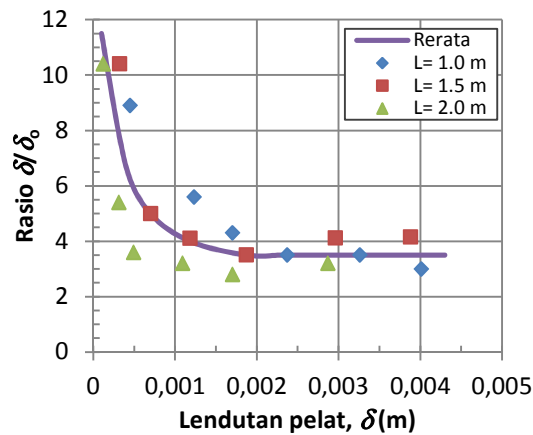
$$k' = k + \Delta k \quad (1)$$

dengan: k' : modulus reaksi tanah-dasar ekuivalen (kN/m^3), k : modulus reaksi dari uji pelat beban (kN/m^3), dan Δk : kenaikan modulus reaksi tanah-dasar akibat perlawanan tiang (kN/m^3). Nilai Δk ditentukan dengan Persamaan (2).

$$\Delta k' = \frac{\delta_0 A_s}{\delta^2 s^2} (a_d c_u + p_0 K_d \tan \phi_d) \quad (2)$$

Dimana δ_0 : perpindahan relative antara tiang dan tanah, δ : defleksi pelat, A_s : luas selimut tiang, s : jarak as ke as tiang (m), a_d : faktor adhesi, c_u : kohesi *undrained* (kN/m^2), p_0 : tekanan *overburden* efektif rerata sepanjang tiang (kN/m^2), K_d : koefisien tekanan tanah lateral tanah di sekitar tiang, dan ϕ_d : sudut gesek antara tanah-tiang (derajat).

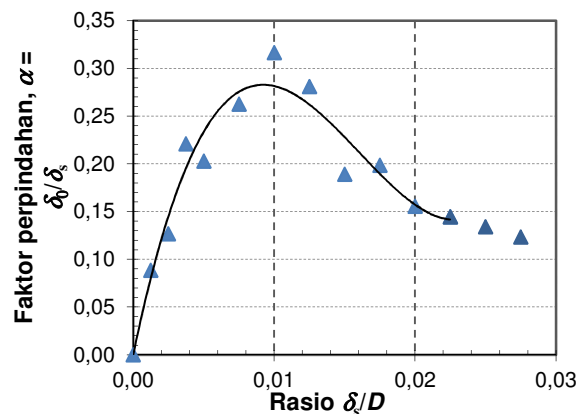
Merujuk pada Hardiyatmo (2011a), Persamaan (2) memberikan hasil analisis lendutan yang cenderung *over estimate* mencapai 35% pada beban sentris dan *under estimate* mencapai 14% pada beban pinggir. Namun, mengacu pada hasil analisis yang dilakukan oleh Puri, dkk. (2011b), secara umum sistem *under estimate* dibanding pengamatan. Hubungan δ/δ_0 vs δ berdasarkan uji skala penuh pelat terpaku tiang tunggal diberikan pada Gambar 2.3 (Hardiyatmo, 2011b). Pada pengujian tersebut digunakan tiang berdiameter 20 cm pada lempung kaku dimana hubungan pelat dan tiang menggunakan mur-baut. Nilai δ/δ_0 cenderung konstan sebesar 3,25 pada lendutan $> 2,0$ mm.



Gambar 2.3 Hubungan δ_0/δ vs δ berdasarkan uji skala penuh pelat terpaku tiang tunggal pada lempung kaku (Hardiyatmo, 2011b)

Faktor reduksi tahanan tiang merupakan salah satu parameter yang diperhitungkan pada penentuan Δk pada Persamaan (2), yaitu dengan mempertimbangkan perpindahan relatif antara tiang dan tanah. Namun untuk keperluan perancangan, penentuan faktor reduksi tahanan tiang sulit dilakukan.

Untuk keperluan secara umum, Puri (2015) memberikan grafik hubungan rasio δ_s/δ_0 terhadap rasio δ_s/D sebagaimana Gambar 2.4, dimana D adalah diameter tiang. Rasio δ_s/δ_0 mempunyai nilai maksimum pada lendutan 2 mm (rasio $\delta_s/D = 0,10$). Rasio δ_s/δ_0 adalah faktor perpindahan (*displacement factor*, α) sebagaimana telah diuraikan pada Persamaan (2). Gambar 2.4 didasarkan pada uji Pelat Terpaku tiang tunggal skala penuh pada lempung lunak.



Gambar 2.4 Hubungan faktor perpindahan ($\alpha = \delta_0/\delta_s$) terhadap rasio δ_s/D untuk penentuan tambahan modulus reaksi tanah dasar Pelat Terpaku (Puri, 2015)

Selanjutnya diusulkan suatu pendekatan dengan tahanan gesek tiang termobilisasi secara penuh, dan penurunan toleransi (*tolerable settlement*) pelat diperhitungkan. Hal ini ditujukan untuk kemudahan dalam desain Sistem Pelat Terpaku. Puri, dkk. (2012a) mengembangkan Persamaan (2) dengan mempertimbangkan penurunan toleransi pelat (δ_a), dengan bentuk berikut

$$\Delta k = \frac{0,4a_d c_u A_s}{\delta_a A_{ps}} \quad (3)$$

Dimana A_{ps} : luasan pelat yang didukung satu tiang ($A_{ps} = s^2$).

Puri, dkk. (2013d) menyimpulkan bahwa Pelat Terpaku skala penuh menunjukkan kuat dukung maksimum yang besar terhadap beban, diperkirakan mencapai 427 kN pada beban sentris, dan hingga beban 160 kN memberikan respon lendutan yang masih elastik-linier. Kekakuan sistem ini juga besar sebagaimana terlihat pada lendutan yang kecil sekitar 4,35 mm untuk beban ujung $P= 80$ kN (*2x single wheel load*). Posisi beban tidak berpengaruh signifikan terhadap lendutan maksimum pelat dan kuat dukungnya. Desain didasarkan atas tinjauan terhadap satu baris tiang menghasilkan perencanaan lebih aman (Puri, dkk., 2013c). Untuk lebih efisien, dapat pula ditinjau terhadap beberapa baris tiang.

2.3 Roadmap Riset dan Teknologi

Roadmap riset Sistem Pelat Terpaku yang telah dikembangkan yang berkaitan dengan perkerasan kaku pada tanah lunak dirangkum pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Rangkuman *Roadmap* Riset Sistem Pelat Terpaku

No.	Topik	Sub Topik	Referensi
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Sistem Pelat Terpaku untuk Perkuatan Pelat Beton Pada Perkerasan Kaku	a. Uji model di laboratorium, skala model 1:10 dan 1:2, beban dinamik, analisis tebal pelat menggunakan koefisien reaksi <i>subgrade</i> dinamik. b. Modulus reaksi <i>subgrade</i> ekuivalen	Hardiyatmo, 2008 Hardiyatmo, 2011
2	Sistem Pelat Terpaku pada Lempung Lunak	Tiang tunggal pada lempung kaku. Skala penuh (1:1). Panjang tiang 50 cm, 150 cm, dan 200 cm dengan diameter 20 cm. Tebal <i>pile cap</i> 15 cm. Beban vertikal. Hubungan pelat-tiang menggunakan baut. 1. Penentuan nilai koefisien reaksi <i>subgrade</i> statis ekuivalen berdasarkan metode Road Research Laboartory; pelat 0,76 m × 0,76 m dan 1 m × 1 m. 2. Penentuan nilai koefisien reaksi <i>subgrade</i> statis ekuivalen untuk pelat dia. 1,0 m dan analisis numerik. 3. Formulasi kenaikan modulus reaksi tanah dasar akibat tiang tunggal	Nasibu (2009) Dewi (2009) Hardiyatmo (2009)
3	Sistem Pelat Terpaku pada Lempung Ekspansif	Satu baris kelompok tiang model, diameter 2 cm, dan panjang 10 cm, 15 cm, dan 20 cm. Spasi tiang <i>5d</i> dan <i>6d</i> . Ukuran pelat 75 × cm 9 cm × 1,5 cm. Tekanan akibat pengembangan tanah.	Taa (2010)
4	Sistem Pelat Terpaku untuk Perkuatan Pelat Perkerasan Kaku	Uji model di lab., skala model 1:5. a. perilaku lendutan, b. kontribusi koperan, c. modulus reaksi <i>subgrade</i> ekuivalen, d. beban repetitif, e. pengaruh spasi dan panjang tiang f. analisis numerik kontribusi koperan	Puri, dkk., 2011a Puri, dkk., 2011b Puri, dkk., 2012a Puri, dkk., 2012b Puri, dkk., 2013a Puri, dkk., 2013b
5	Sistem Pelat Terpaku untuk Perkuatan Pelat Perkerasan Kaku (lanjutan)	Uji skala penuh (1:1). a. validasi metode perencanaan, b. hasil uji pembebanan monotonik c. hasil uji pembebanan repetitif d. prospek aplikasi lapangan e. kurva rasio δ_f/δ_s	Puri, dkk., 2013c Puri, dkk., 2013d Puri, dkk., 2014a Puri, dkk., 2014b Puri, 2015

BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menentukan parameter tanah dan beton yang valid untuk analisis elemen hingga dan hasil analisis elemen hingga tersebut sebagai validasi metode perencanaan yang telah diusulkan oleh Puri, dkk. (2012b) dan Hardiyatmo (2011a);
2. Melakukan studi parametrik Sistem Pelat Terpaku dengan sejumlah variasi dimensi dan geometri struktur dan parameter tanah lempung;
3. Membuat nomogram perencanaan praktis di lapangan.

Tujuan khusus nomor 2 dan 3 akan dilakukan melalui hibah bersaing tahun kedua.

3.2 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini pada bidang ilmu pengetahuan dan teknologi antara lain

1. Suatu teori baru tentang perilaku Sistem Pelat Terpaku sebagai bagian dari bidang rekayasa geoteknik dan jalan raya, lebih spesifik lagi pada kajian interaksi tanah-struktur pada Sistem Pelat Terpaku. Hal ini menjadi jalan untuk riset-riset lainnya yang dapat dikembangkan untuk melengkapi teori-teori maupun pengetahuan tentang sistem ini;
2. Sistem Pelat Terpaku menjadi teknologi baru untuk mengatasi permasalahan pembangunan jalan pada tanah lunak. Penelitian ini diharapkan dapat mendukung kelayakan aplikasi sistem ini di lapangan, baik di Indonesia maupun di luar negeri.

BAB 4 METODE PENELITIAN

4.1 Bahan dan Penentuan Dimensi

Pada uji skala penuh ini diperlukan bahan-bahan berikut

1. pelat beton bertulang tebal 15 cm, dengan tulangan fabrikasi *wairesh* 150 mm x 150 mm, berupa tulangan ulir berdiameter 8 mm.
2. tiang beton bertulang berdiameter 20 cm dan panjang 150 cm.
3. tanah lempung lunak berasal dari Ngawi, Jawa Timur.

Pembebanan berupa beban statis monotonik dan repetitif. Diasumsikan ukuran struktur di lapangan dalam pengujian sebagaimana disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Ukuran struktur di lapangan dalam pengujian (skala penuh)

Item	Ukuran Lapangan
Lebar pelat	6,00 m
Tebal pelat	0,15 m
Tebal lantai kerja	0,05 m
Mutu beton	29 MPa (K350)
Panjang tiang beton	1,50 m
Diameter tiang, d	0,20 m
Jarak antar tiang, $s = 6d$	1,20 m
Modulus elastisitas beton	$2,5 \cdot 10^7$ kN/m ²

4.2 Alat-alat

Peralatan-peralatan untuk uji sifat-sifat tanah dan beton

1. peralatan uji indeks *properties* tanah di laboratorium (seperti alat uji kadar air, uji berat spesifik, analisa ayakan dan hidrometer, uji batas-batas Atterberg, uji tekan bebas).
2. peralatan uji geser baling-baling.
3. peralatan uji pelat beban standar dan pelat beban modifikasi (dia. pelat 30cm).
4. peralatan uji slump.
5. peralatan uji kuat tekan beton.
6. alat-alat bantu seperti spatula, kuas, timbangan, penampan, oven, dan lain-lain.

Peralatan yang diperlukan untuk uji skala penuh adalah

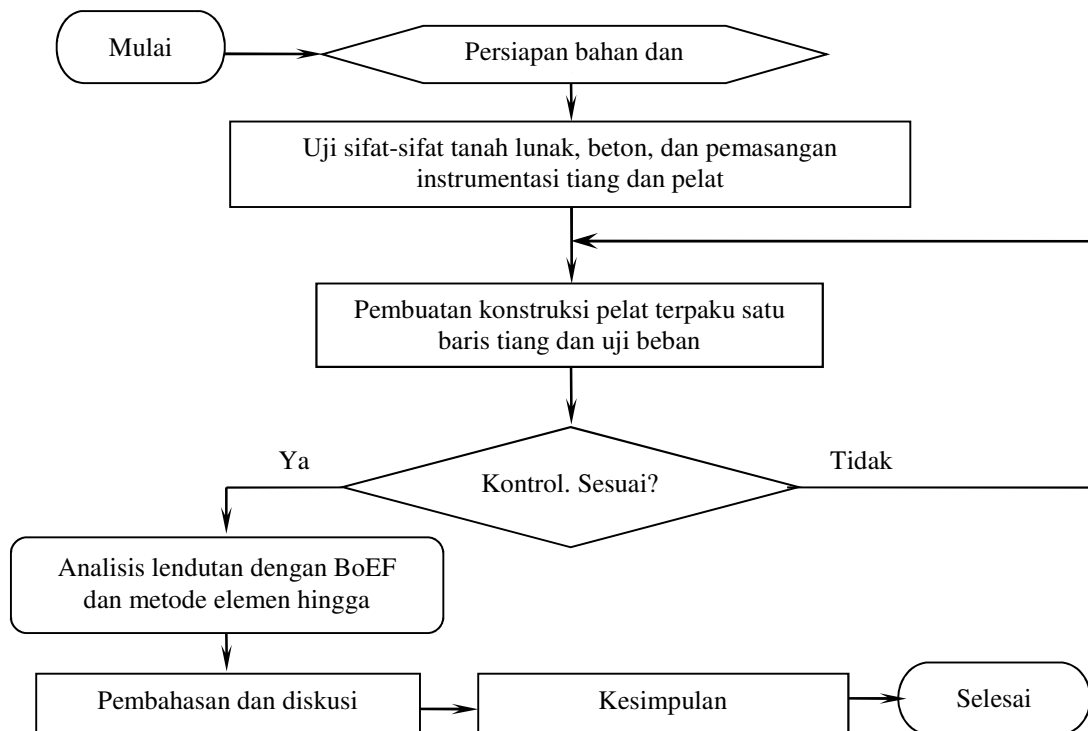
1. kolam pengujian berukuran (panjang × lebar × tinggi) 700 cm × 360 cm × 250 cm beserta *frame* beban dan jangkar. Kolam berada di dalam tanah.
2. *hand boring* untuk *pre-drilled* pancang tiang.

3. dongkrak hidrolik.
4. *pressure cell* rakitan, *straingauge*, *inclinometer*, *dialgauge*, *data logger*, dan *computer set*.
5. mesin pengaduk beton.
6. mesin penggetar beton (*vibrator*).
7. alat pemotong dan pembengkok besi tulangan.
8. mesin pemotong beton (untuk pekerjaan bongkar).
9. peralatan pendukung (seperti sekop, cangkul, *waterpass*, kamera digital, dll.).

4.3 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di halaman Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan UGM. Adapun tahapan pelaksanaan penelitian ini untuk tahun pertama dirunut sebagaimana uraian berikut dan secara ringkas dapat dilihat pada Gambar 4.1.

1. persiapan bahan dan alat. Indikator capaiannya adalah terpenuhi bahan dengan jumlah yang cukup dan alat yang memadai.
2. uji *properties* tanah lempung dan beton untuk pelat dan fondasi tiang. Indikator capaian berupa indeks *properties* material.
3. uji skala penuh Pelat Terpaku satu baris tiang dengan pembebanan statis. Indikatornya adalah berupa data lendutan pelat.
4. pengolahan data uji skala penuh. Diperoleh perilaku lendutan selama pembebanan.
5. simulasi analisis lendutan pelat terpaku menggunakan *software* BoEF berdasarkan nilai koefisien reaksi tanah dasar ekuivalen dan metode elemen hingga. Indikator berupa hasil analisis secara numerik atas perilaku Sistem Pelat Terpaku.
6. pembahasan dan kesimpulan. Indikator: teori tentang perilaku Sistem Pelat Terpaku beserta prosedur analisis perencanaan.
7. laporan hasil dan publikasi ilmiah. Indikator: dokumentasi *hardcopy* dan *softcopy* sebagai sarana distribusi ilmu pengetahuan untuk kemaslahatan manusia.



Gambar 4.1 Bagan alir penelitian.

4.4. Skema Pengujian Skala Penuh

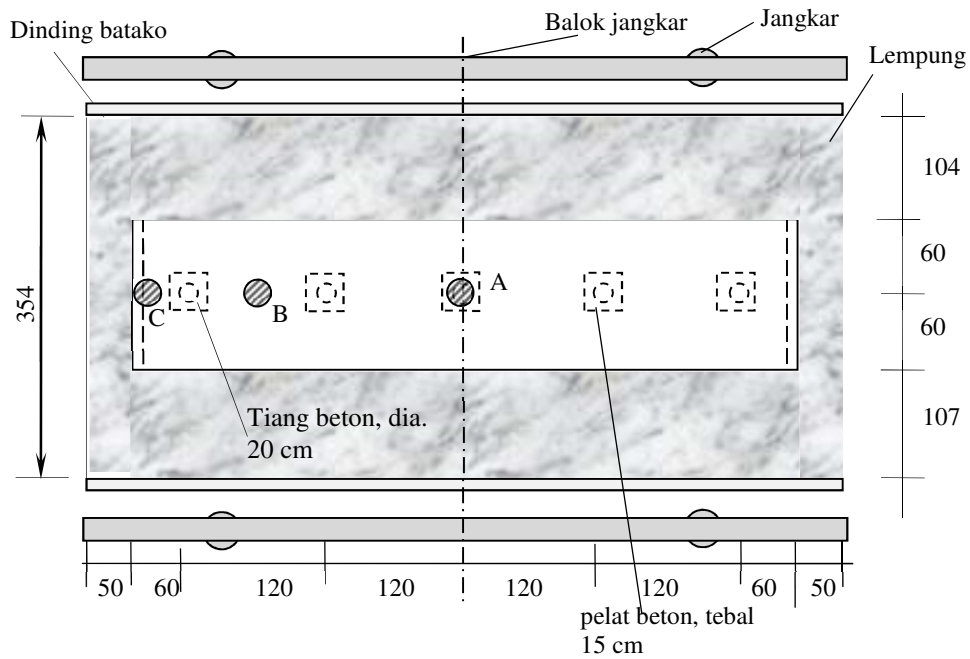
Skema uji diberikan pada Gambar 4.2 untuk Pelat Terpaku satu baris tiang. Skala penuh dipilih agar perilaku yang diperoleh lebih mendekati kondisi sebenarnya dan kemudian dapat dijadikan sebagai validasi perilaku Sistem Pelat Terpaku hasil analisis numerik. Pelat dibebani pada titik yang berbeda, yaitu pada titik A, C, dan D (Gambar 4.2a).

4.5. Uji Bahan

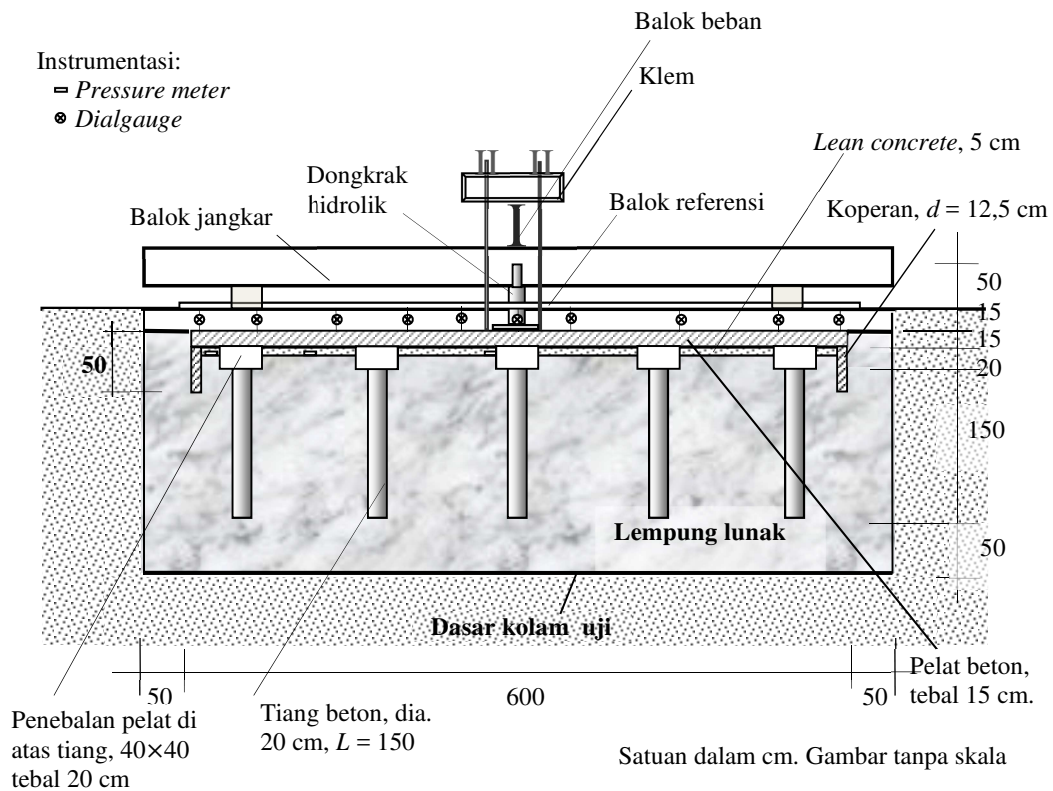
4.5.1. Uji sifat-sifat tanah

Pengujian untuk mengetahui sifat-sifat tanah yang akan dilakukan adalah

1. uji kadar air tanah mengacu pada ASTM D 2216-92,
2. uji gradasi butiran, mengacu pada ASTM D 422-63 (1990),
3. uji berat spesifik tanah mengacu pada ASTM D 854-92,
4. uji batas-batas konsistensi tanah, mengacu pada ASTM D 4318-95a,
5. klasifikasi tanah mengacu pada ASTM D 2487-93 untuk klasifikasi USCS, dan ASTM D 3282-93 untuk jalan raya,



a). Denah tiang



b). Tampang pelat terpaku dan alat uji

Gambar 4.2 Skema uji skala penuh Pelat Terpaku satu baris tiang.

6. uji kuat tekan bebas tanah lempung, mengacu pada ASTM D 2166-91,
7. uji geser langsung, mengacu pada ASTM D 3080-90,
8. uji pelat beban di kolam uji mengacu pada ASTM D,
9. uji geser baling-baling ASTM D 2573-94.

3.5.2 Uji sifat-sifat beton

Pengujian untuk memperoleh sifat-sifat beton meliputi

1. uji material penyusun beton tercakup dalam rencana desain beton (*mix design*) yang mengacu pada ASTM C 33-03;
2. pengambilan beton segar mengacu pada ASTM 172-99;
3. uji kelecakan beton (*slump test*);
4. pembuatan dan uji tekan benda uji silinder mengacu pada ASTM C 39-3a,
5. uji kuat tekan beton, mengacu pada ASTM C 39/C 39M – 03.

4.6 Pengujian Skala Penuh

Adapun untuk uji skala penuh, konstruksinya diupayakan mendekati kondisi pelaksanaan di lapangan (lihat Gambar 4.2), yaitu adanya lantai kerja (*lean concrete*) di bawah pelat di antara tiang. Tebal lantai kerja adalah 5 cm. Pengujian adalah uji pembebanan Sistem Pelat Terpaku dengan satu baris tiang; dimana ukuran pelat 600 cm × 120 cm × 15 cm, panjang tiang $L_p = 150$ cm, jarak tiang $s = 120$ cm, dan hubungan pelat-tiang monolit. Detail variasi pengujian pembebanan diberikan pada Tabel 4.2. Beban diberikan berupa beban terpusat (tunggal) statis monotonik. Titik kerja beban bervariasi yaitu pada titik pusat pelat, di antara 2 tiang (*interior*), dan di tepi pelat. Gambar 4.3 menunjukkan foto pelaksanaan pengujian pembebanan.

Tabel 4.2 Variasi pembebanan uji skala penuh pelat 600 cm × 120 cm × 15 cm diperkuat satu baris tiang dia. 20 cm, $L_p = 150$ cm

No.	Kode Uji	Tiang		Titik Kerja Beban
		Jarak, s (cm)	Jumlah, n	
1	SPPT-1.A	120 ($s/d = 6,0$)	15	Sentris
2	SPPT-1.B	120	15	<i>Interior</i>
3	SPPT-1.C	120	15	Di tepi



a)

b)

Gambar 4.3 Foto pelaksanaan uji pembebanan, a) Beban sentris di titik A, b) Beban di tepi di titik C.

4.7 Cara Analisis

Hasil pengukuran diplotkan dalam bentuk grafik beban vs. *displacement* untuk berbagai variasi beban. Selanjutnya, hasil uji dibandingkan dengan hasil analisis *displacement* dari elemen hingga dan BoEF menggunakan modulus reaksi *subgrade* ekuivalen.

BAB 5 HASIL YANG DICAPAI

5.1 Sifat-sifat Bahan

5.1.1 Sifat-sifat lempung lunak

Bahan penelitian ini menggunakan tanah lempung lunak Ngawi-2 yang berasal dari Ngawi, Jawa Timur dengan sifat-sifat seperti diberikan pada Tabel 5.1. Lempung ini mempunyai kadar air tanah yang cukup tinggi rerata 54,87% dan mendekati kadar air asli 50,49%. Berdasarkan kuat geser *undrained* (S_u) kondisi tidak terganggu rerata sebesar 20,14 kN/m², maka termasuk kategori lunak. Kondisi lunak tersebut juga dibuktikan dengan nilai CBR lapangan rerata 0,83%. Besaran nilai *PI* sebesar 59,98% membuat lempung ini termasuk klasifikasi CH (lempung plastisitas tinggi) berdasarkan klasifikasi USCS, atau setara dengan klasifikasi A-7-6 menurut AASHTO. Distribusi ukuran butiran tanah didominasi oleh gradasi butir halus yang mencapai rerata 92,93% dan sisanya berupa pasir halus. Data uji tanah diberikan pada Lampiran A.1.

5.1.2 Sifat-sifat beton

Berdasarkan uji kelecakan beton pelat diperoleh slump sebesar rerata 12,5 cm dan masih dapat diterima untuk beton K350. Mengacu pada uji kuat tekan beton diperoleh kuat tekan rerata pada umur 28 hari sebesar 29,21 MPa. Jadi target mutu beton K350 yang setara dengan 29 MPa tercapai. Berdasarkan uji kuat tarik belah (*splitting test*) diperoleh kuat tarik belah rerata sebesar 3.128 kPa. Adapun beton tiang diperoleh mutu K210 ($f'_c = 17,4$ MPa). Berdasarkan pengamatan, keruntuhan beton terjadi pada pecahnya agregat kasar. Untuk lantai kerja dengan campuran 1PC : 3PS : 5KR diasumsikan mempunyai mutu K175 ($f'_c = 14,5$ MPa). Selanjutnya modulus elastisitas beton ditentukan dengan pendekatan umum sebesar $4.700\sqrt{f'_c}$. Data uji beton diberikan pada Lampiran A.2.

Tabel 5.1 Sifat-sifat Lempung Ngawi-2

No.	Sifat-sifat	Satuan	Rerata
1	Berat spesifik, G_s	-	2,55
2	Batas-batas konsistensi:		
	- Batas cair, LL	%	88,46
	- Batas plastis, PL	%	28,48
	- Batas susut, SL	%	9,34
	- Indeks plastisitas, PI	%	59,98
3	Kadar air, w	%	54,87
4	Kadar lempung	%	92,93
5	Kandungan pasir	%	6,89
6	Berat volume basah, γ	kN/m ³	16,32
7	Berat volume kering, γ_d	kN/m ³	10,90
8	Kuat geser <i>undrained</i> , S_u		
	- Tak terganggu	kN/m ²	20,14
	- <i>Remolded</i>	kN/m ²	11,74
9	Kuat tekan bebas, q_u	kN/m ²	37,20
10	CBR lapangan	%	0,83
11	Klasifikasi tanah:		
	- AASHTO	-	A-7-6
	- USCS	-	CH

5.2 Hasil Uji Pelat Terpaku Skala Penuh Satu Baris Tiang

Model skala penuh Sistem Pelat Terpaku dengan 3 baris tiang, selanjutnya dipotong menjadi 3 bagian yang masing-masing bagian terdiri atas satu baris tiang. Potongan bagian tengah dengan lebar pelat 1,20 m diuji beban repetitif di A dan di C. Pengaruh proses pemotongan beton terhadap lempung dan konstruksi pelat terpaku diabaikan. Gambar 5.1 memperlihatkan denah uji untuk satu baris tiang. Data uji pembebanan diberikan pada Lampiran A.3.

5.2.1 Beban repetitif di A

Beban kerja pada permukaan pelat berupa beban merata melalui pelat beban yang berdiameter 30 cm, yakni setara dengan luasan bidang kontak roda ganda suatu kendaraan. Beban diberikan bertahap dengan peningkatan beban dua kali beban sebelumnya. Untuk seluruh titik beban, intensitas beban dinaikkan secara bertahap mulai dari $P = 0$, berturut-turut menjadi $P = 5$ kN, 10 kN, 20 kN, 40 kN, 80 kN, dan 160 kN (± 4 x beban roda tunggal rencana untuk jalan raya sebesar 40 kN). Secara umum pembebanan tidak mencapai kondisi runtuh, kecuali hanya sedikit mencapai awal zona plastis. Kemudian semua lendutan di semua titik yang diamati dicatat.

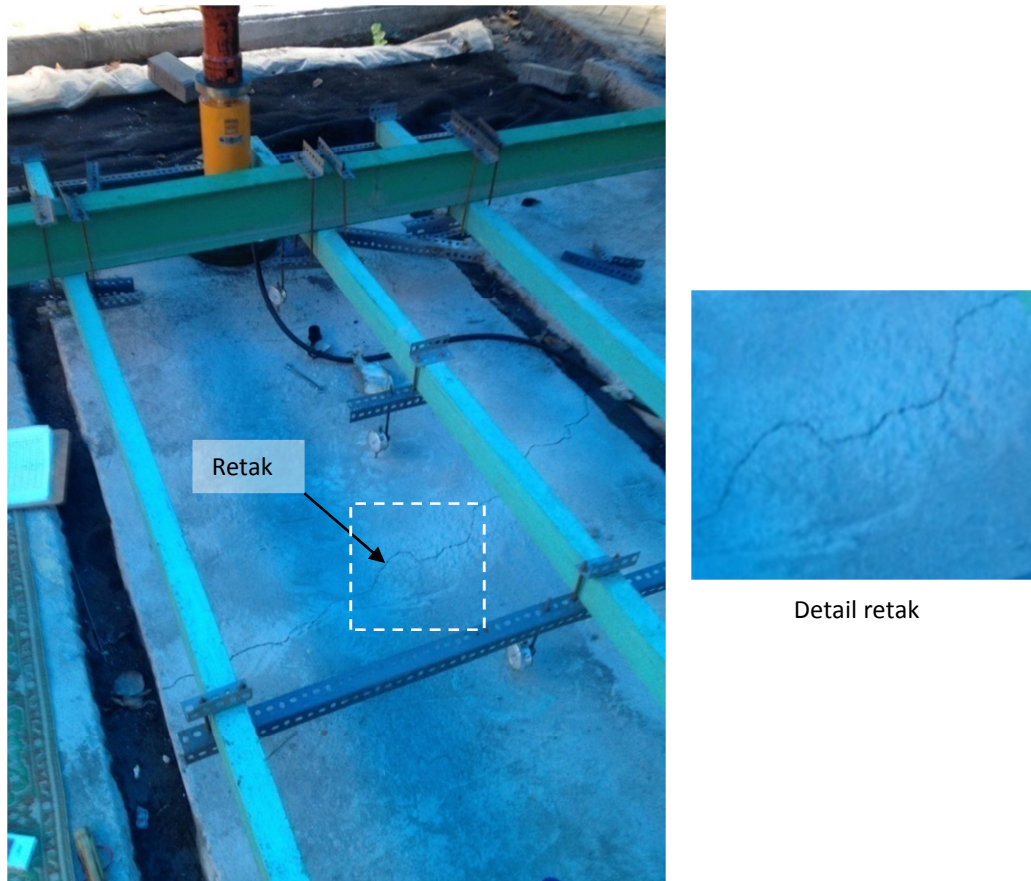
terjadi pada titik beban sebesar 0,93 mm disusul titik 6, 2, B, 1 dan C masing-masing sebesar 0,62 mm, 0,44 mm, 0,28 mm, 0,16 mm dan 0,05 mm (Gambar 5.2a).

Akibat beban terpusat di A ini, respons lendutan pelat sesuai dengan harapan bahwa lendutan maksimum terjadi di bawah beban dan semakin jauh dari beban lendutan akan semakin mengecil (Gambar 5.2b). Hal ini terlihat pada bentuk lendutan pelat mendekati bentuk setengah mangkok. Fenomena ini mengindikasikan bahwa tiang-tiang merespon dengan cukup baik.

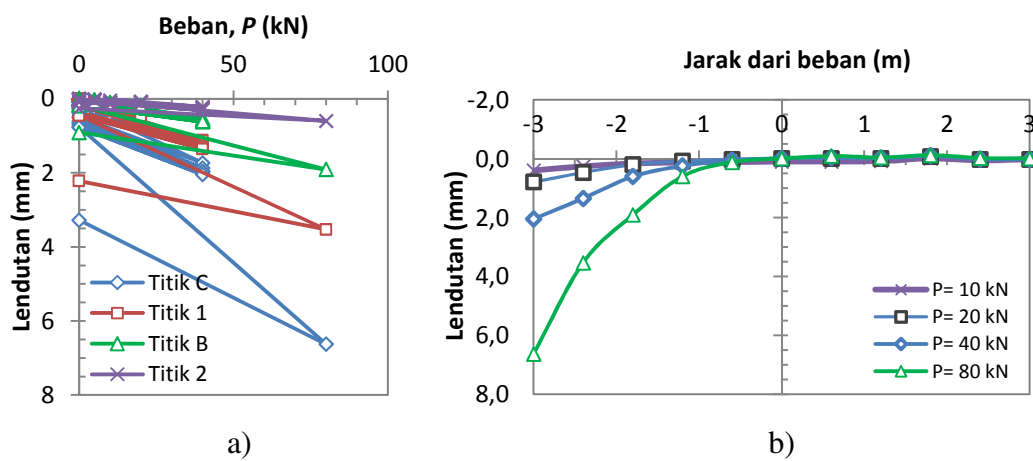
5.2.2 Beban repetitif di C

Pada pengujian ini, beban juga diberikan bertahap dengan peningkatan beban dua kali beban sebelumnya. Untuk seluruh titik beban, intensitas beban dinaikkan secara bertahap mulai dari $P = 0$, berturut-turut menjadi $P = 5$ kN, 10 kN, 20 kN, 40 kN, dan 80 kN ($\pm 2 \times$ beban roda tunggal rencana untuk jalan raya sebesar 40 kN). Kemudian semua lendutan di semua titik yang diamati dicatat. Pengujian dihentikan pada beban 80 kN oleh karena pelat retak melintang di antara titik B dan tiang nomor 2 (Gambar 5.3). Gambar 5.4 menunjukkan hasil uji beban di C pada model skala penuh satu baris tiang.

Pada intensitas beban mencapai 80 kN ($\pm 2 \times$ beban roda tunggal rencana untuk jalan raya), lendutan maksimum yang terjadi di bawah beban sudah cukup besar, mencapai 6,63 mm. Adapun untuk intensitas beban 40 kN, lendutan yang terjadi pada titik beban (titik C) sebesar 2,04 mm disusul titik 1, B, dan 2 masing-masing sebesar 1,35 mm, 0,61 mm, dan 0,25 mm (Gambar 5.4a). Akibat beban di C ini, respon lendutan pelat sesuai dengan harapan bahwa lendutan maksimum terjadi di bawah beban dan semakin jauh dari beban lendutan akan semakin mengecil. Hal ini terlihat pada bentuk lendutan pelat (*deflected-bowl*) mendekati bentuk setengah mangkok. Gambar 5.4b memperlihatkan bentuk *deflected-bowl* tersebut. Fenomena ini mengindikasikan bahwa tiang-tiang merespon dengan cukup baik.



Gambar 5.3 Retak melintang pada model skala penuh satu baris tiang akibat beban di C sebesar 80 kN. Retak di sebelah kiri dekat tiang nomor 2.



Gambar 5.4 Hasil uji beban di C pada model skala penuh satu baris tiang; a) Hubungan $P-\delta$, b) Lendutan sepanjang pelat.

5.3 Hasil Analisis Menggunakan BoEF

5.3.1 Dimensi struktur

Dimensi struktur Pelat Terpaku skala penuh 1 baris tiang sebagaimana telah diuraikan pada Bab IV. Ukuran pelat adalah 6,00 m x 1,20 m yang di bawahnya diperkuat oleh 5 buah tiang berdiameter 0,20 m dan panjang 1,50 m. Jarak antar tiang adalah 1,20 m. Hubungan tiang dan pelat adalah monolit yang secara konstruksi dijamin dengan membuat pelat penghubung atau pelat penebalan berukuran 0,40 m x 0,40 m dan tebal 0,20 m. Stek tulangan tiang dan tulangan pelat penebalan dikaitkan pada tulangan pelat. Namun pada analisis BoEF, pelat penebalan ini diabaikan. Di kedua ujung pelat diperkuat dengan pelat penutup tepi berukuran tinggi 0,50 m dan tebal 0,125 m. Di bawah pelat terdapat lantai kerja dengan tebal 0,05 m. Pelat penutup tepi dan lantai kerja diabaikan dalam analisis.

5.3.2 Sifat-sifat bahan

Sifat-sifat lempung lunak dan beton yang akan digunakan disajikan pada Tabel 5.2 dan 5.3. Koefisien reaksi tanah dasar untuk tanah diperoleh sebesar 15,000 kN/m³, didasarkan pada uji beban pelat standar dengan ukuran pelat berdiameter 76,2 cm.

Tabel 5.2 Sifat-sifat tanah

No.	Sifat-sifat tanah	Simbol	Lempung Ngawi	Satuan
1	Kohesi <i>undrained</i>	c_u	20,0	kPa
2	Berat volume kering	γ_d	10,9	kN/m ³
3	Berat volume jenuh	γ_{sat}	16,3	kN/m ³
4	Modulus Young	E	1.790	kN/m ²
5	Rasio Poisson	ν'	0,50	-

Tabel 5.3 Sifat-sifat beton rencana

No.	Sifat-sifat beton	Simbol	Lantai kerja	Tiang	Pelat dan Pelat penutup tepi	Satuan
1	Berat volume <i>bulk</i>	γ	22	24	24	kN/m ³
2	Kuat tekan karakteristik	f'_c	14,5	17,4	29	MN/m ²
3	Modulus Young	E	$1,79 \times 10^7$	$1,96 \times 10^7$	$2,53 \times 10^7$	kN/m ²
4	Rasio Poisson	ν	0,20	0,15	0,15	-

5.3.3 Tahapan perhitungan

Tahapan perhitungan menggunakan BoEF dilakukan sebagai berikut:

- a) estimasi nilai modulus reaksi tanah dasar tanah. Desain akan berada pada zona lebih aman dimana lantai kerja diabaikan sekalipun pada pelaksanaan digunakan lantai kerja,
- b) koreksi nilai modulus tanah dasar terhadap bentuk dan dimensi pelat pada pelat terpaku,
- c) tentukan lendutan toleransi perkerasan beton, maksimum 5 mm,
- d) hitung tambahan modulus reaksi tanah dasar,
- e) selanjutnya hitung modulus reaksi tanah dasar ekuivalen,
- f) hitung defleksi pelat dan gaya dalam dengan menggunakan modulus reaksi tanah dasar ekuivalen,
- g) bandingkan defleksi maksimum pada titik beban dengan lendutan toleransi,
- h) desain yang baik bilamana defleksi hitungan tidak melebihi lendutan toleransi yang telah ditentukan,
- i) rencanakan penulangan pelat.

5.3.4 Perhitungan modulus reaksi tanah dasar ekuivalen

Penyederhanaan hitungan untuk BoEF dilakukan sebagai berikut (Gambar 9.2b):

- a) lantai kerja diabaikan pada perhitungan, sehingga perhitungan lebih aman,
- b) hal yang sama pada pelat penebalan/ pelat konektor juga diabaikan. Oleh karena pelat penebalan diabaikan, maka panjang tiang disesuaikan menjadi 1,70 m (panjang tiang rencana 1,50 m ditambah tebal pelat penebalan 0,20 m), dan
- c) pelat penutup tepi diabaikan.

Modulus reaksi tanah dasar tanah sudah diperoleh sebesar $15,000 \text{ kN/m}^3$. Setelah dilakukan koreksi terhadap ukuran dan bentuk pelat rencana (mengacu pada Das, 1995), maka diperoleh modulus reaksi tanah dasar rencana sebesar $k = 3.300 \text{ kN/m}^3$. Untuk kohesi *undrained* (c_u) sebesar 20 kPa, dan dari uji cabut tiang diperoleh friksi satuan ultimit (f_{su}) = $19,82 \text{ kN/m}^2$, maka didapat faktor adhesi (a_d) sebesar 0,99. Berdasarkan dimensi tiang dan pelat maka didapat luas selimut tiang (A_s) = $1,07 \text{ m}^2$, dan luas pelat yang didukung tiang (A_{ps}) = $1,44 \text{ m}^2$.

5.3.4.1 Modulus reaksi tanah dasar ekivalen menurut Persamaan (3)

Diambil lendutan toleransi (δ_a) = 0,005 m (5 mm), maka diperoleh tambahan modulus reaksi tanah dasar (Δk) = 1.175 kN/m³. Dengan menjumlah k dan Δk , didapat modulus reaksi tanah dasar ekivalen untuk beban sentris sebesar $k' = 4.475$ kN/m³. Untuk beban di tepi, mengingat lendutan di tepi pelat dapat tereduksi mencapai 50% bila menggunakan pelat penutup tepi, sedangkan nilai k' meningkat antara 1,25-1,85 kali nilai k' Pelat Terpaku tanpa pelat penutup tepi (Puri, 2015), maka selanjutnya diambil faktor penyesuaian sebesar 1,5 karena adanya pelat penutup tepi tersebut. Dengan demikian diperoleh untuk beban di tepi $k' = 1,5 \times 4.475 = 6.710$ kN/m³. Kedua nilai k' tersebut (beban sentris dan di tepi) digunakan untuk analisis menggunakan BoEF.

5.3.4.2 Modulus reaksi tanah dasar ekivalen menurut rumus Metode Hardiyatmo dan kurva δ_0/δ_s (Gambar 2.4)

Tambahan modulus reaksi tanah dasar (Δk) dihitung menggunakan rumus Hardiyatmo (2011a), sedangkan rasio δ_s/δ_0 pada rumus tersebut ditentukan menggunakan Gambar 2.4 penelitian ini.

Telah disampaikan pada sub bab 5.3.4 bahwa modulus reaksi tanah dasar rencana sebesar $k = 3.300$ kN/m³, $c_u = 20$ kPa, dan dari uji cabut tiang diperoleh friksi satuan ultimit (f_{su}) = 19,82 kN/m², sehingga didapat faktor adhesi (a_d) sebesar = 0,99. Berdasarkan dimensi tiang dan pelat diperoleh luas selimut tiang (A_s)= 1,07 m², dan luas pelat yang didukung tiang (A) = 1,44 m². Rasio δ_0/δ_s pada rumus Hardiyatmo (Persamaan (3.17)) ditentukan menggunakan Gambar 2.4. Kemudian lendutan izin pelat diambil sebesar $\delta_a = 0,005$ m (5 mm). Untuk diameter tiang $D = 0,20$ m maka diperoleh rasio δ_s/D sebesar $0,005/0,20 = 0,025$.

Tambahan modulus reaksi tanah dasar (Δk) untuk beban sentris ditentukan dengan cara menentukan rasio δ_0/δ_s menggunakan Gambar 2.4. Mengacu pada gambar tersebut, untuk rasio $\delta_s/D = 0,025$ diperoleh rasio $\delta_0/\delta_s = 0,12$. Selanjutnya dihitung tambahan modulus reaksi tanah dasar dan diperoleh sebesar $\Delta k = 313$ kPa/m. Kemudian dihitung pula modulus reaksi tanah dasar ekivalen (k') dan besarannya dirangkum pada Tabel 5.4. Nilai k' dari Persamaan (3) lebih besar 26,15 % dibanding kombinasi rumus Hardiyatmo dan kurva α penelitian ini.

Tabel 5.4 Modulus reaksi tanah dasar ekivalen

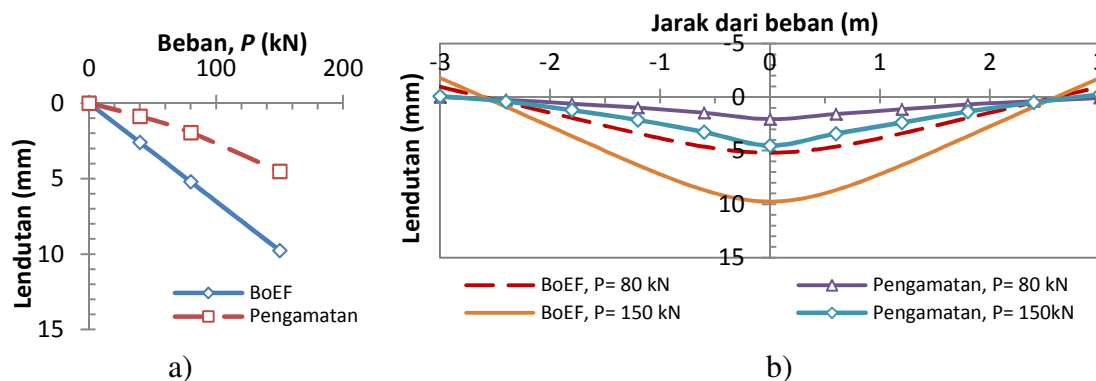
Lokasi beban	Persamaan (3)			Rumus Hardiyatmo dan kurva α Gambar 2.4		
	k (kN/m ³)	Δk (kN/m ³)	k' (kN/m ³)	k (kN/m ³)	Δk (kN/m ³)	k' (kN/m ³)
Sentris	3.300	1.175	4.755	3.300	380	3.680
Di tepi	3.300	1.175	6.710*	3.300	380	5.520*

Catatan: * k' di tepi telah dikali dengan faktor pengali 1,5.

5.3.5 Perbandingan lendutan hitungan dengan pengamatan

5.3.5.1 Lendutan berdasarkan Persamaan (3)

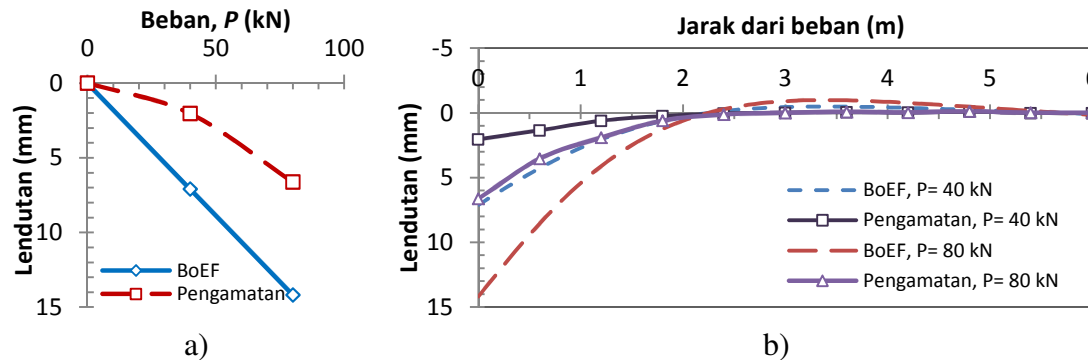
Hasil hitungan BoEF menggunakan k' diberikan pada Lampiran B. Beban yang dikerjakan berupa beban terpusat. Hasil hitungan BoEF yang disandingkan dengan hasil pengamatan lendutan model skala penuh Pelat Terpaku dengan satu baris tiang disajikan pada Gambar 5.5 dan 5.6. Secara umum hasil analisis sudah bersesuaian dengan pengamatan walaupun cenderung *over-estimated*. Hubungan $P-\delta$ hasil hitungan BoEF sudah memenuhi asumsi dasarnya yaitu kondisi linier-elsatik (Gambar 5.5a dan 5.6a). Hasil hitungan melampaui hasil pengamatan masing-masing rerata 60,95% dan 62,27% untuk beban sentris dan di tepi akibat beban maksimum.



Gambar 5.5 Hasil hitungan berdasarkan Persamaan (3) vs. lendutan pengamatan Pelat Terpaku skala penuh satu baris tiang untuk P sentris; a) Hubungan $P-\delta$, b) Distribusi lendutan.

Distribusi lendutan sepanjang pelat untuk beban sentris (Gambar 5.5b) dan beban di tepi (Gambar 5.6b) memperlihatkan pola distribusi lendutan hasil analisis sudah bersesuaian dengan baik terhadap lendutan pengamatan, namun cenderung *over-estimated*. Akibat beban sentris, kedua ujung pelat mengalami jungkitan yang tidak

signifikan (Gambar 5.5b). Hal ini wajar, mengingat pada BoEF tidak dapat mengakomodir keberadaan pelat penutup tepi. Akibat beban di tepi (Gambar 5.6b), ujung pelat terjauh dari beban tidak mengalami jungkitan. Hal ini sesuai dengan pengamatan, walaupun lendutan maksimum pada titik beban *over-estimated*.



Gambar 5.6 Hasil hitungan berdasarkan Persamaan (3) vs. lendutan Pengamatan Pelat Terpaku skala penuh satu baris tiang untuk P di tepi;
a) Hubungan P - δ , b) Distribusi lendutan.

Untuk tinjauan desain pada beban rencana roda tunggal 40 kN bahwa hasil hitungan lendutan maksimum 2,60 mm tidak melampaui lendutan toleransi (δ_a) = 5 mm untuk beban sentris (Gambar 5.5a). Namun untuk beban di tepi diperoleh lendutan maksimum 7,10 mm, melampaui lendutan toleransi. Akan tetapi lendutan pengamatan jauh lebih kecil dibanding lendutan analisis yaitu hanya 0,87 mm untuk beban sentris, dan 2,04 mm untuk beban di tepi. Dengan demikian, hasil hitungan rencana tersebut jauh lebih aman.

Berdasarkan hasil tersebut di atas, tampak bahwa desain Pelat Terpaku sudah memadai, dan mengingat di lapangan Pelat Terpaku akan dibangun dengan banyak baris tiang, maka desain yang didasarkan atas satu baris tiang akan menghasilkan desain yang aman. Hal ini disebabkan

- tahanan kelompok tiang dan kekakuan sistem meningkat oleh karena banyaknya baris tiang,
- terdapat tambahan kekakuan sistem dengan adanya penebalan pelat (penghubung pelat dan tiang), dimana pada contoh perencanaan ini keberadaan penebalan pelat diabaikan, sehingga lendutan pelat cenderung *over-estimated*,
- terdapat tambahan dukungan oleh lantai kerja, yang dalam hitungan diabaikan,
- adanya pelat penutup tepi di bagian tepi pelat juga meningkatkan kekakuan sistem.

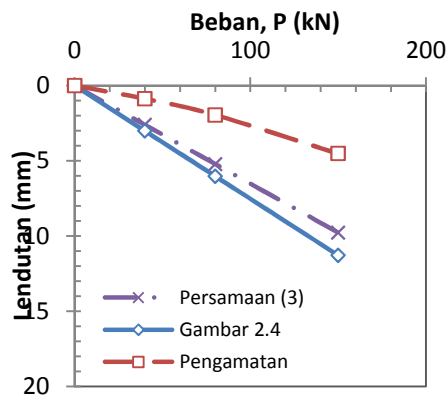
Jadi perencanaan Pelat Terpaku berdasarkan tinjauan satu baris tiang dengan menggunakan modulus reaksi tanah dasar ekivalen sangat memadai dan hasil desain lebih aman dan mudah dalam aplikasinya. Kelebihan lain yang didapatkan adalah proses desain tidak memakan banyak waktu.

5.3.5.2 Perbandingan lendutan berdasarkan

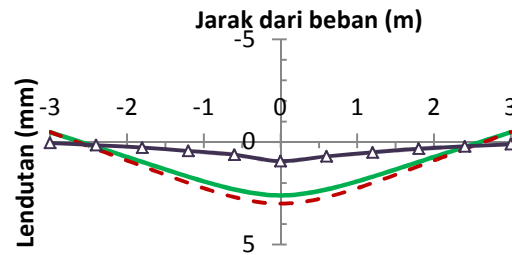
Pada bagian ini disajikan perbandingan antara hasil analisis lendutan menggunakan Persamaan (3) dan Gambar 2.4 (kombinasi rumus Hardiyatmo (2011a) dan Gambar 2.4) terhadap lendutan pengamatan. Sebagaimana telah diberikan pada Tabel 5.4 bahwa besaran modulus reaksi tanah dasar ekivalen berdasarkan Gambar 2.4 lebih rendah dibanding Persamaan (3). Dengan demikian hasil analisis lendutan menggunakan Beam on Elastic Foundation berdasarkan modulus reaksi tanah dasar ekivalen Gambar 2.4 akan cenderung lebih besar dibanding Persamaan (3). Ini terbukti sebagaimana ditunjukkan pada bagian-bagian berikut.

Gambar 5.7 memberikan perbandingan lendutan Pelat Terpaku satu baris tiang akibat beban sentris. Sebagaimana halnya hasil analisis berdasarkan Persamaan (3), hasil analisis berdasarkan Gambar 2.4 sudah bersesuaian dengan baik terhadap pengamatan. Hasil analisis lendutan berdasarkan Gambar 2.4 cenderung lebih besar dibanding Persamaan (3), oleh karena modulus reaksi tanah dasar ekivalen berdasarkan Gambar 2.4 lebih rendah dibanding Persamaan (3). Perbedaan lendutan berdasarkan Gambar 2.4 terhadap pengamatan cenderung berkurang dengan peningkatan beban, sebagai contoh, terdapat perbedaan sebesar 71,08% pada beban 40 kN, dan 59,93% pada beban 150 kN (rerata 66,20%). Mengacu pada hubungan $P-\delta$ untuk beban sentris (Gambar 5.7a), tampak bahwa hasil analisis lendutan masih berada pada zona elastik-linier, dan ini sesuai dengan asumsi pada kedua metode yang digunakan.

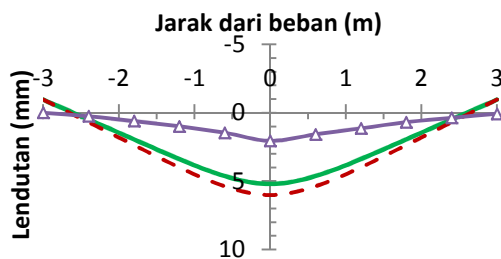
Pada analisis BoEF terjadi jungkitan yang tidak signifikan pada ujung-ujung pelat. Akan tetapi distribusi lendutan sepanjang pelat menunjukkan terjadi jungkitan yang signifikan pada kedua ujung pelat (Gambar 5.7c dan Gambar 5.7d). BoEF tidak dapat memodelkan pelat penutup tepi. Hasil analisis lendutan menggunakan BoEF sudah bersesuaian dengan hasil pengamatan, ini membuktikan bahwa parameter k' yang digunakan pada BoEF sudah dapat mewakili parameter komposit sistem tiang-tanah.



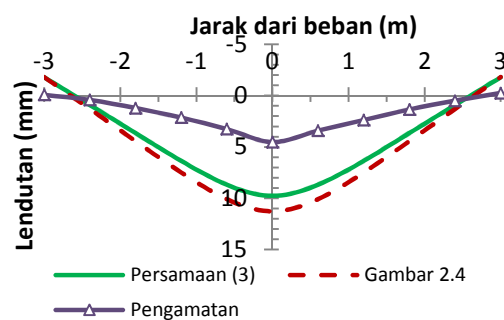
a) P - δ beban sentris



b) Distribusi lendutan ($P=40$ kN)



c) Distribusi lendutan ($P=80$ kN)

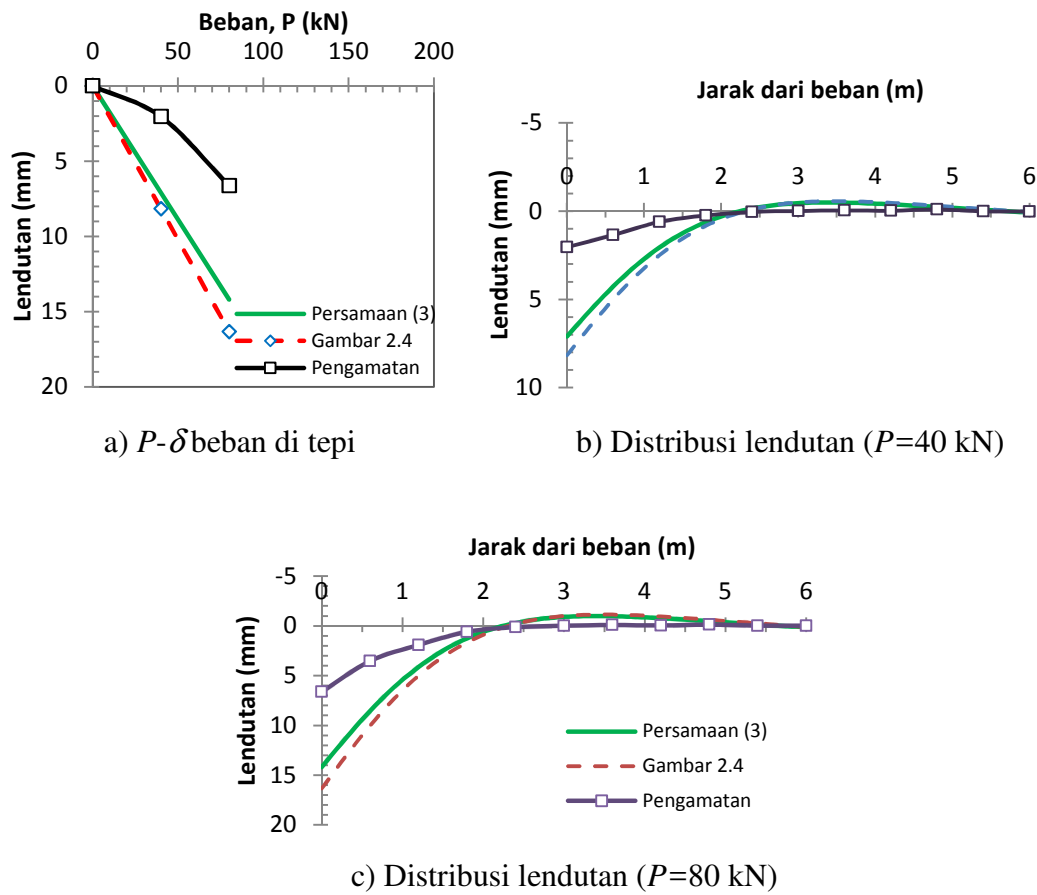


d) Distribusi lendutan ($P=150$ kN)

Gambar 5.7 Perbandingan lendutan analisis dan pengamatan untuk Pelat Terpaku satu baris tiang akibat beban sentris.

Adapun untuk beban di tepi, perbandingan lendutan akibat beban ini diberikan pada Gambar 5.8. Hasil analisis berdasarkan Persamaan (3) dan Gambar 2.4 sudah bersesuaian dengan baik terhadap pengamatan. Perbedaan lendutan berdasarkan Gambar 2.4 terhadap pengamatan cenderung berkurang dengan peningkatan beban, sebagai contoh, terdapat perbedaan sebesar 75,03% pada beban 40 kN, dan 59,42% pada beban 80 kN.

Hubungan P - δ untuk beban di tepi (Gambar 5.8a), tampak bahwa hasil analisis lendutan berada pada zona elastik-linier. Penggunaan Gambar 2.4 cenderung menghasilkan perencanaan pada zona aman sebagaimana halnya pada Persamaan (3). Pola distribusi lendutan sepanjang pelat sudah bersesuaian dengan pengamatan untuk kedua metode tersebut di atas. Hasil hitungan lendutan berdasarkan Persamaan (3) lebih rendah 13,13% pada setiap beban, baik pada beban sentris maupun beban di tepi, bila dibandingkan dengan penggunaan Gambar 2.4.



Gambar 5.8 Perbandingan lendutan analisis dan pengamatan untuk Pelat Terpaku satu baris tiang akibat beban di tepi.

5.4 Hasil Analisis Menggunakan Metode Elemen Hingga (MEH)

5.4.1 Model konstitutif dan sifat-sifat bahan

Model dan parameter tanah yang digunakan pada MEH mengacu pada Tabel 5.5 untuk lempung lunak dan pasir, sedangkan model dan parameter material struktur disajikan pada Tabel 5.6. Pengamatan lendutan Pelat Terpaku skala penuh yang telah dibahas adalah akibat beban luar. Adapun lendutan akibat berat sendiri struktur tidak diamati. Oleh karena itu, *initial stress* akibat berat sendiri tanah diabaikan ($\Sigma M_{stage} = 0$). Pemilihan model *soft soil* untuk tanah dianggap sudah memadai, serta tidak dilakukannya analisis konsolidasi. Elemen-elemen struktur yang terdiri atas pelat dan pelat penutup tepi dimodelkan dengan model *plate* yang berperilaku elastik. Tiang dimodelkan dengan *embedded pile* berperilaku elastik. Lantai kerja dimodelkan sebagai elemen volume berperilaku elastik dan non *porous*. Adapun pelat penebalan berukuran 0,40 m x 0,40 m dan tebal 0,20 m diabaikan.

Tabel 5.5 Model dan parameter tanah pada analisis 3D

Parameter	Nama/ Notasi	Lempung Lunak	Pasir	Satuan
Model material	Model	Softsoil2	Mohr-Coulomb	-
Perilaku material	Tipe	<i>Undrained</i>	<i>Drained</i>	-
Berat volume terendam	γ_{sat}	16,30	20,00	kN/m ³
Berat volume kering	γ_d	10,90	18,00	kN/m ³
Modulus Young's	E	1.790,00	42.750,00	kPa
	$E_{\text{oed}}^{\text{ref}}$	833,68	-	-
Rasio Poisson's	ν	0,45	0,35	-
Kohesi <i>undrained</i>	c_u	20,00	1,00	kPa
Sudut gesek internal	ϕ	1,00	47,80	°
Sudut dilatansi	ψ	0,00	2,00	°
Indeks kompresi modifikasi	λ^*	0,12	-	-
<i>Swelling</i> indeks modifikasi	κ^*	0,024	-	-
Kadar pori awal	e_0	1,20	0,50	-
<i>Interface strength ratio</i>	R	0,80	0,70	-

Tabel 5.6 Model dan parameter elemen struktur pada MEH 3D solid

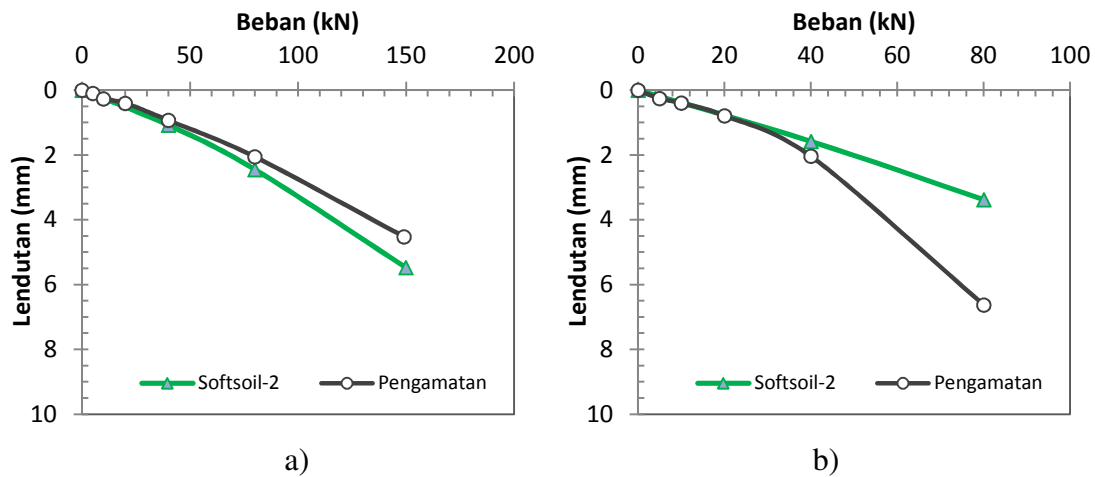
Parameter	Nama/ simbol	Tiang	Pelat	Pelat Penutup Tepi	Lantai Kerja	Satuan
Model material	Model	<i>Solid</i>	<i>Floor</i>	<i>Walls</i>	<i>Solid</i>	-
Tipe perilaku material	Tipe	Linier elastik	Linier elastik	Linier elastik	Linier elastik	-
Tebal (diameter)	d	0,20	0,15	0,15	0,05	m
Berat volume	γ	24	24	24	22	kN/m ³
Modulus Young	E	$1,96 \times 10^7$	$2,53 \times 10^7$	$2,53 \times 10^7$	$1,79 \times 10^7$	kN/m ²
Modulus geser	G	$8,8 \times 10^6$	$1,1 \times 10^7$	$1,1 \times 10^7$	$5,42 \times 10^6$	kN/m ²
Rasio Poisson	ν	0,15	0,15	0,15	0,20	-

5.4.2 Lendutan pelat

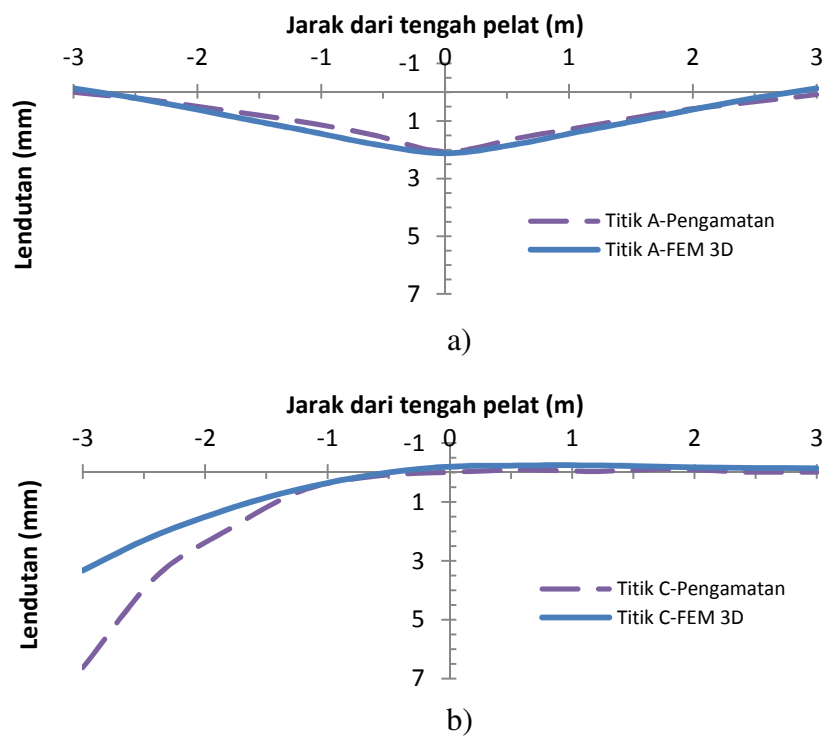
Gambar 5.9 memperlihatkan hubungan $P-\delta$ pada titik beban hasil hitungan terhadap pengamatan. Hasil analisis untuk beban sentris sudah mendekati pengamatan walaupun cenderung *over-estimated*, sedangkan untuk beban di tepi sangat *under-estimated*.

Distribusi lendutan sepanjang pelat akibat beban $P = 80$ kN diberikan pada Gambar 5.10. Lendutan hasil analisis mendekati pengamatan untuk beban sentris, walaupun di ujung-ujung pelat cenderung terjungkit. Untuk beban di tepi, hasil analisis

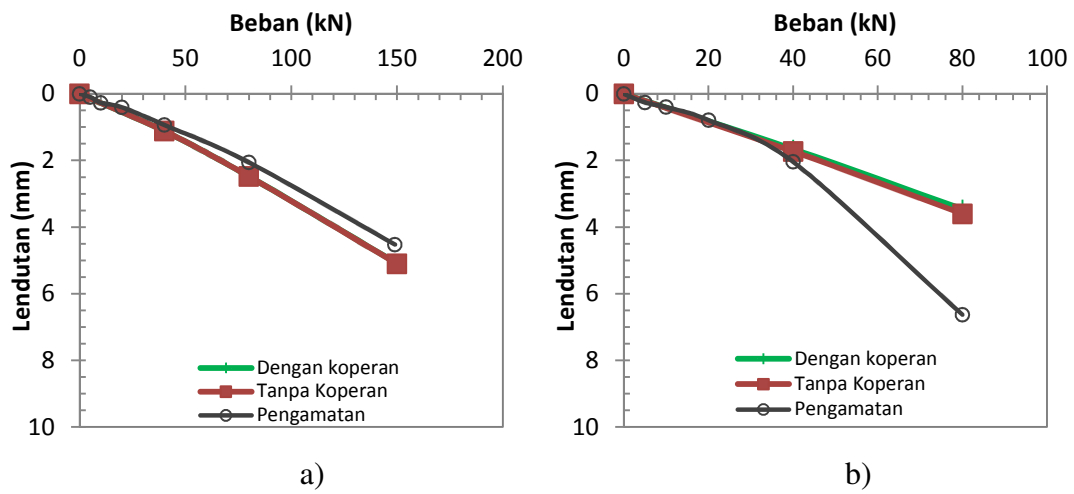
cenderung *under-estimated*. Berdasarkan kedua hasil analisis tersebut, bahwa program Plaxis 3D tidak dapat memodelkan pelat penutup tepi (koperan), sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.11. Hasil analisis lendutan Pelat Terpaku menggunakan pelat penutup tepi dan tanpa pelat penutup tepi adalah sama. Dengan demikian, program tidak dapat memodelkan adanya pelat penutup tepi.



Gambar 5.9 Hubungan $P-\delta$ hasil hitungan terhadap pengamatan Pelat Terpaku 1 baris tiang tanpa rantai kerja; a) Beban sentris, b) Beban di tepi.



Gambar 5.10 Distribusi lendutan di sepanjang pelat akibat beban $P = 80$ kN; a) Beban sentris, b) Beban di tepi.



Gambar 5.11 Pengaruh pelat penutup tepi (koperan); a) Akibat beban sentris, b) Akibat beban di tepi.

BAB 6 RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA

6.1 Lanjutan Pembahasan Hasil Analisis BoEF dan Metode Elemen Hingga

Hasil analisis pada Sub Bab 5.3 dilanjutkan dengan eksplorasi hasil dan pembahasan lendutan di sepanjang pelat, serta tegangan-regangan pada elemen tanah dan struktur.

6.2 Studi Parametrik Menggunakan Elemen Hingga

Penelitian dilanjutkan dengan studi parametrik dimana dibuat variasi dimensi dan geometri perkerasan Pelat Terpaku serta mutu beton rencana. Diharapkan pada tahap ini diperoleh nomogram perencanaan praktis.

BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Uji beban pada perkerasan Sistem Pelat Terpaku dengan satu baris tiang telah dilaksanakan dan analisis MEH telah pula dilakukan. Kesimpulan sementara adalah sebagai berikut

1. Tanah lempung lunak Ngawi-2 yang berasal dari Ngawi, Jawa Timur dengan sifat-sifat mempunyai kadar air tanah yang cukup tinggi rerata 54,87% dan mendekati kadar air asli 50,49%. Berdasarkan kuat geser *undrained* (S_u) kondisi tidak terganggu rerata sebesar 20,14 kN/m², maka termasuk kategori lunak. Kondisi lunak tersebut juga dibuktikan dengan nilai CBR lapangan rerata 0,83%. Besaran nilai PI sebesar 59,98% membuat lempung ini termasuk klasifikasi CH (lempung plastisitas tinggi) berdasarkan klasifikasi USCS, atau setara dengan klasifikasi A-7-6 menurut AASHTO.
2. Mutu beton pelat adalah K350 yang setara dengan 29 MPa. Berdasarkan uji kuat tarik belah (*splitting test*) diperoleh kuat tarik belah rerata sebesar 3.128 kPa. Adapun beton tiang diperoleh mutu K210 ($f'_c = 17,4$ MPa). Berdasarkan pengamatan, keruntuhan beton terjadi pada pecahnya agregat kasar. Untuk lantai kerja dengan campuran 1PC : 3PS : 5KR diasumsikan mempunyai mutu K175 ($f'_c = 14,5$ MPa).
3. Secara umum pembebanan tidak mencapai kondisi runtuh, kecuali hanya sedikit mencapai awal zona plastis. Namun pada beban di C (tepi ujung pelat), di atas beban 80 kN mengakibatkan pelat retak di antara dua tiang terluar.
4. Akibat beban terpusat di A maupun di C, respons lendutan pelat sesuai dengan harapan bahwa lendutan maksimum terjadi di bawah beban dan semakin jauh dari beban lendutan akan semakin mengecil. Hal ini terlihat pada bentuk lendutan pelat (*deflected-bowl*) mendekati bentuk setengah mangkok. Fenomena ini mengindikasikan bahwa tiang-tiang merespon dengan cukup baik.
5. Untuk tinjauan desain pada beban rencana roda tunggal 40 kN bahwa hasil hitungan menggunakan BoEF diperoleh lendutan maksimum 2,60 mm tidak melampaui lendutan toleransi (δ_a) = 5 mm untuk beban sentris. Namun untuk beban di tepi diperoleh lendutan maksimum 7,10 mm, melampaui lendutan toleransi. Akan tetapi

lendutan pengamatan jauh lebih kecil dibanding lendutan analisis yaitu hanya 0,87 mm untuk beban sentris, dan 2,04 mm untuk beban di tepi. Dengan demikian, hasil hitungan rencana tersebut jauh lebih aman.

6. Hasil analisis MEH untuk beban sentris sudah mendekati pengamatan, sedangkan untuk beban di tepi sangat *under-estimated*. Parameter tanah dengan soft soil sudah memadai walaupun hasil analisis untuk beban di C cenderung belum memuaskan. Diduga bahwa piranti Plaxis 3D tidak dapat memodelkan pelat koperan yang posisinya lebih rendah daripada pelat perkerasan.

7.2 Saran

Berkaitan dengan kesimpulan di atas, maka dapat disaran seperti berikut

1. Melanjutkan eksplorasi hasil analisis MEH untuk perilaku lendutan di sepanjang pelat dan tegangan-regangan pada tanah dan gaya dalam elemen struktur. Untuk gaya dalam, dibandingkan dengan kuat nominal struktur beton.
2. Melakukan analisis BoEF dan membandingkan dengan hasil MEH sehingga dapat diketahui kevalidan dari rumusan perancangan yang telah diusulkan Puri, dkk (2012) serta Hardiyatmo (2011).

DAFTAR PUSTAKA

- Das, B.M., 1995, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid 1, Endah, N dan Mochtar, I.B. (penerjemah), Penerbit Erlangga, Jakarta, Indonesia.
- Dewi, D.A., 2009. Kajian Pengaruh Tiang Terhadap Nilai Koefisien Reaksi Subgrade Ekvivalen pada Uji Beban Skala Penuh, *Tesis*, Program Studi Teknik Sipil, Program Pascasarjana UGM, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. dan Suhendro, B., 2003. Fondasi Tiang dengan *Pile Cap* Tipis sebagai Alternatif untuk Mengatasi Problem Penurunan Bangunan di Atas Tanah Lunak, *Laporan Komprehensif Penelitian Hibah Bersaing IX Perguruan Tinggi*, Lembaga Penelitian Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2008. Sistem "Pelat Terpaku" (*Nailed Slab*) Untuk Perkuatan Pelat Beton Pada Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*), Prosiding Seminar Nasional Teknologi Tepat Guna dalam Penanganan Sarana-prasarana, MPSP JTSL FT UGM., pp. M-1—M-7.
- Hardiyatmo, H.C., 2009, Metode Hitungan Lendutan Pelat dengan Menggunakan Modulus Reaksi Tanah Dasar Ekvivalen untuk Struktur Pelat Fleksibel, *Dinamika Teknik Sipil*, Vol.9 No.2, pp. 149-154.
- Hardiyatmo, H.C., 2011. Method to Analyze the Deflection of the Nailed Slab System, *IJCEE-IJENS*, Vol 11. No. 4, pp. 22-28.
- Pichumani, R., Crawford, J.E., dan Triandafilidas, G.E., 1974, Finite Element Analysis of Pile-Supported Pavement System, (abstract) *Journal of Transportation Engineering Division*, Vol. 100. No. 2, ASCE, <http://cedb.asce.org/cgi/WWWdisplay.cgi?7400508>, tanggal akses: 13 November 2009.
- Puri, A., Perilaku Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Lempung Lunak, *Disertasi*, Program Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Puri, A., Hardiyatmo, C. H., Suhendro, B., dan Rifa'i, A., 2011a. Studi Eksperimental Lendutan Pelat yang Diperkuat Tiang-tiang Friksi Pendek pada Lempung Lunak, Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan XIV HATTI, HATTI, Yogyakarta, 10-11 Februari, pp. 317-321.
- Puri, A., Hardiyatmo, H.C., Suhendro, B., dan Rifa'i, A., 2011b, Kontribusi Koperan dalam Mereduksi Lendutan Sistem Pelat Terpaku pada Lempung Lunak, *Prosiding Konferensi Geoteknik Indonesia (KOGEI) IX dan Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) XV*, HATTI, Jakarta, 7-8 Desember 2011, pp. 299-306.
- Puri, A., Hardiyatmo, H.C., Suhendro, B., dan Rifa'i, A., 2012a, Determining Additional Modulus of Subgrade Reaction Based on Tolerable Settlement for the Nailed-slab System Resting on Soft Clay, *IJCEE-IJENS*, Vol. 12 No. 3, pp. 32-40.
- Puri, A., Hardiyatmo, H.C., Suhendro, B., dan Rifa'i, A., 2012b, Application of The Additional Modulus of Subgrade Reaction to Predict The Deflection of Nailed-slab System Resting on Soft Clay Due to Repetitive Loadings, *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan ke-16 (PIT) HATTI*, Jakarta, 4 December, pp. 217-222.
- Puri, A., Hardiyatmo, H.C., Suhendro, B., dan Rifa'i, A., 2013a, Pile Spacing and Length Effects Due To the Additional Modulus of Subgrade Reaction of the Nailed-Slab System on the Soft Clay, *Proc. of 13th International Symposium on Quality in Research (QiR)*, Yogyakarta, 25-28 June 2013, pp. 1032-1310.
- Puri, A., Hardiyatmo, H.C., Suhendro, B., dan Rifa'i, A., 2013b, Deflection Analysis of Nailed-slab System which Reinforced by Vertical Wall Barrier under Repetitive

- Loadings, *Proc. the 6th Civil Engineering Conference in Asian Region (CECAR6)*, Jakarta, 20-22 August 2013, pp. TS6-10—TS6-11.
- Puri, A., Hardiyatmo, H.C., Suhendro, B., dan Rifa'i, A., 2013c, Penerapan Metode Analisis Lendutan Pelat Terpaku pada Model Skala Penuh dan Komparasi dengan Uji Pembebanan, *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-7 (KoNTekS7)*, Universitas Negeri Sebelas Maret, Surakarta, 24-26 Oktober 2013, pp. G201-G211,
- Puri, A., Hardiyatmo, H.C., Suhendro, B., dan Rifa'i, A., 2013d, Behavior of Fullscale nailed-slab System with Variation on Load Positions, *1st International Conference on Development Infrastructure (ICID)*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Solo, 1-3 November 2013, pp. 26-36.
- Simanjuntak, J.S., Wicaksono, S., Nurjaman, H.N., Karminto, Jayaputra, A.A., Rahadian, E., dan Shouman, M., 2003. Konsep “Closed to End Bearing” pada Perencanaan Sistem Cerucuk Matras beton untuk Proyek Peningkatan Jalan Tol Prof. Sedyatmo, Prosiding KOGEI VI & PIT VII HATTI, Jakarta, pp. 187-193.
- Taa, P.D.S., 2010, Pengaruh Pemasangan Kelompok Tiang Terhadap Kenaikan Pelat dalam Sistem *Nailed-Slab* yang Terletak di Atas Tanah Dasar Ekspansif, *Tesis*, Program Studi Teknik Sipil, Program Pascasarjana UGM, Yogyakarta, Indonesia.

PERSONALIA TENAGA PENELITI

Biodata ketua peneliti

A. Identitas Diri

1.	Nama Lengkap (dengan gelar)	Dr. Anas Puri, S.T., M.T.	Laki-laki
2.	Jabatan Fungsional	Lektor Kepala	
3.	Jabatan Struktural	-	
4.	NIK	090602239	
5.	NIDN	1005057003	
6.	Tempat dan Tanggal Lahir	Pekanbaru, 5 Mei 1970	
7.	Alamat Rumah	Perum Yepupa Utama Permai Blok A7, Jl. As-Salam Utama, Kel. Simpang Tiga, Pekanbaru	
8.	Nomor Telepon/Fax	+6281365675895	
9.	Nomor HP	+6281365675895	
10.	Alamat Kantor	Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Jl. Kaharuddin Nasution 113 Pekanbaru	
11.	Nomor Telepon/Fax	+6276164717	
12.	Alamat e-mail	anaspuri@yahoo.com; anaspuri@eng.uir.ac.id	
13.	Lulusan yang Telah Dihasilkan	S1 > 65 orang; S2 = 4 orang; S3= 0 orang	
14.	Mata Kuliah yang Diampu	Mekanika Tanah	
		Rekayasa Pondasi	
		Perbaikan Tanah	
		Konstruksi di Atas Tanah Lunak	
		Perancangan Jalan pada Tanah Lunak	
		Metode Penelitian Teknik	

B. Riwayat Pendidikan

Program:	S1	S2	S3
Nama PT	Universitas Islam Riau	Universitas Gadjah Mada	Universitas Gadjah Mada
Bidang Ilmu	Teknik Sipil	Teknik Sipil	Teknik Sipil
Tahun Masuk-Lulus	1990-1996	2000-2003	2009-2015
Judul Skripsi/Tesis	Evaluasi Perencanaan Fondasi Bored-pile Konstruksi Pylon Jembatan Cabled-stayed Batam-Tonton	Interaksi Antara Pasir dan Geotekstil Menggunakan Uji Tekan Triaksial Konvensional	Perilaku Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Lempung Lunak
Nama Pembimbing/ Promotor	Ir. Halimah Sitompul, M.Sc., dan Ir. Sugeng Wiyono	Dr. Ir. Hary Christady Hardiyatmo, M.Eng., DEA. dan Prof. Ir. Bambang Suhendro, M.Sc., Ph.D.	Prof. Dr. Ir. Hary Christady Hardiyatmo, M.Eng., DEA., Prof. Ir. Bambang Suhendro, M.Sc., Ph.D., dan Dr.es.sc.tech. Ir. Ahmad Rifa'i, M.T.

C. Pengalaman Penelitian dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2012	Studi Parametrik Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Lunak	LP-UIR	4,0
2	2013	Uji Skala Penuh Pelat Terpaku pada Lempung Lunak	Hibah Doktor Dikti	44,5

D. Pengalaman Pengabdian pada Masyarakat

No	Tahun	Judul Pengabdian pada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2007	Pelatihan Motivasi Belajar dan Berpretasi	LPM UIR	1,5
2	2012	Pelatihan Plaxis 3D	Lab. Komputasi UGM	
3	2015	Pelatihan Plaxis 2D	Lab. Komputasi UIR	12

E. Pengalaman Penulisan Artikel Ilmiah Dalam Jurnal

No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Vol./ Nomor	Nama Jurnal
1	2015	Validation the Theory of Additional Modulus of Sub Grade Reaction for Pavement of Nailed-slab System Based on Full Scale Test: Applied to the Full Scale Nailed-slab with 1 Pile Row	Submitted	IJTech
2	2015	Validasi Metode Analisis Lendutan Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Model Skala Penuh Dengan Satu Baris Tiang	Accepted	Pertemuan Ilmiah Tahunan XIX dan Konferensi Geoteknik Indonesia X
3	2015	Studi Parametrik Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Dasar Lunak	Accepted	1st Annual Civil Engineering Seminar
4	2015	Perilaku Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Dasar Lempung Lunak	Accepted	Konferensi Nasional Pascasarjana Teknik Sipil (KN PTS) 2015

5	2015	Pull out Test of Single Pile Row Nailed-slab System on Soft Clay		Proc. of 14 th Internasional Symposium on Quality in Research (QiR) 2015
6	2014	Behavior of Nailed-slab System on Soft Clay Due to Repetitive Loadings by Conducting Full Scale Test, <i>IJCEE-IJENS</i> , Vol. 14 No. 06, pp. 24-30. (terpilih untuk publikasi internasional dari Proc. 17 th FSTPT Intrntl. Symp. pp. 739-750).	Vol. 14 No. 06, 24-30	International Journal of Civil and Environmental Engineering (IJCEE)-IJENS
7	2014	Prospek Aplikasi Perkerasan Sistem Pelat Terpaku untuk Jalan pada Tanah Lunak	Edisi #1, pp. 1-15	Seminar Triwulan Teknik Sipil, PPs. Univ. Islam Riau
8	2013	Behavior of Fullscale nailed-slab System with Variation on Load Positions	pp. 26-36.	Proc. 1 st Intl. Conf. on Infrstructure Developmnt (ICID)
9	2013	Penerapan Metode Analisis Lendutan Pelat Terpaku pada Model Skala Penuh dan Komparasi dengan Uji Pembebanan	pp. G201-G211	Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-7 (KoNTekS7)
10	2013	Deflection Analysis of Nailed-Slab System which Reinforced by Vertical Wall Barrier Under Repetitive Loadings	pp. TS6-9 – TS6-16 (ISBN 978-602-8605-08-3)	Proc. CECAR6 2013
11	2013	Pile Spacing and Length Effects Due to the Additional Modulus of Subgrade Reaction for the Nailed-slab System Resting on Soft Clay	pp. 1302-1310 (ISSN 1411-1284)	Proc. of the 13 th Intl. Conf. on QiR (Quality in Reseach)
12	2012	Application of the Additional Modulus of Subgrade Reaction to Predict the Deflection of Nailed-slab System Resting on Soft Clay Due to Repetitive Loadings	pp. 217-222	Proc. of 16 th Annual Scientific Meeting, HATTI
13	2012	Determining Additional Modulus of Subgrade Reaction Based on Tolerable Settlement for the Nailed-slab System Resting on Soft Clay	Vol. 12 No. 03, 32-40	IJCEE-IJENS

14	2011	Kontribusi Koperan dalam Mereduksi Lendutan Sistem Pelat Terpaku pada Lempung Lunak	7-8 Desember, pp. 299-306.	Prodising KOGEI IX dan PIT XV HATTI
15	2011	Studi Eksperimental Lendutan Pelat yang Diperkuat Tiang-tiang Friksi Pendek pada Lempung Lunak	10-11 Februari, pp. 317-321.	Prosiding XIV HATTI
16	2008	Prediction of the Apparent Friction Coefficient on the Soil-Geotextile Interface Based on Empirical Data	Vol. 10 No.1, pp.46-51	j. Saintis
17	2008	Pemetaan Konsistensi Tanah dan Perkiraan Jenis Pondasi di Kota Pekanbaru	Vol. 10 No.1, pp. 11-20	j. Saintis
18	2008	Pengaruh Penggunaan Bahan Tambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan dan Workabilitas Beton	Vol. 10 No.1, pp. 1-10	j. Saintis

F. Pengalaman Penyampaian Makalah Secara Oral pada Pertemuan/ Seminar

No	Nama Pertemuan Ilmiah/ Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1	14 th Internasional Symp. on Quality in Research (QiR) 2015	Pull out Test of Single Pile Row Nailed-slab System on Soft Clay	Lombok, 11-13 Agustus 2015
2	17 th FSTPT Intrntl. Symp	Behavior of Nailed-slab System on Soft Clay Due to Repetitive Loadings by Conducting Full Scale Test	Jember, Agustus 2014
3	Seminar Triwulan Teknik Sipil, PPs. Univ. Islam Riau	Prospek Aplikasi Perkerasan Sistem Pelat Terpaku untuk Jalan pada Tanah Lunak	Pekanbaru, Oktober 2014
4	1 st Intl. Conf. on Developmnt Infrsruclure (ICID)	Behavior of Fullscale nailed-slab System with Variation on Load Positions	1-3 November 2013, Surakarta
5	Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-7 (KoNTekS7)	Penerapan Metode Analisis Lendutan Pelat Terpaku pada Model Skala Penuh dan Komparasi dengan Uji Pembebanan	24-26 Oktober 2013, Surakarta
6	The 6 th Civil Engineering Conference on Asia Region (CECAR6)	Deflection Analysis of Nailed-Slab System which Reinforced by Vertical Wall Barrier Under Repetitive Loadings	20-22 Agustus 2013, Jakarta
	The 13 th Intl. Conf. on QiR (Quality in Reseach)	Pile Spacing and Length Effects Due to the Additional Modulus of Subgrade Reaction for the Nailed-slab System Resting on Soft Clay	25-28 Juni 2013, Yogyakarta

	Konferensi Geoteknik Indonesia (KOGEI) IX dan Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) XV HATTI	Kontribusi Koperan dalam Mereduksi Lendutan Sistem Pelat Terpaku pada Lempung Lunak	7-8 Desember 2011, Jakarta
	Pertemuan Ilmiah Tahunan XIV HATTI	Studi Eksperimental Lendutan Pelat yang Diperkuat Tiang-tiang Friksi Pendek pada Lempung Lunak	10-11 Februari 2011, Yogyakarta

G. Pengalaman Penulisan Buku

No	Tahun	Judul Buku	Jumlah Halaman	Penerbit
1	2003	Panduan Menyusun Usulan Penelitian dan Tugas Akhir	62	UIR Press

H. Pengalaman Perolehan HAKI

No	Judul/ Tema HAKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ ID

I. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik/ Rekayasa Sosial Lainnya

No	Judul/ Tema/ Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat

J. Penghargaan yang Pernah Diraih

No	Judul Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
1	<u>Terbaik II Anugerah Karya Ilmiah</u> Dosen Universitas Islam Riau	Universitas Islam Riau	September 2005
2	<u>Dosen Berprestasi</u> KOPERTIS Seluruh Indonesia	DIKTI DEPDIKNAS	2004
3	Lulusan Predikat <i>Cum Laude</i>	Universitas Gadjah Mada	April 2003
4	Terbaik II Anugerah Karya Ilmiah UIR	Universitas Islam Riau	Sept. 2015

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya.

Yogyakarta, 7 November 2015
Pengusul,

Dr. Anas Puri, S.T., M.T.
NIK. 960902239

Biodata Anggota Peneliti I

A. Identitas Diri

1.	Nama Lengkap (dengan gelar)	Dr. Ir. Anwar Khatib, M. Eng (almarhum)	Laki-laki
2.	Jabatan Fungsional	Asisten Ahli	
3.	Jabatan Struktural	Ka. Prodi Teknik Sipil (Pascasarjana UIR)	
4.	NIK	87 03 02075	
5.	NIDN	1012125203	
6.	Tempat dan Tanggal Lahir	Batipuh Atas/12 Desember 1952	
7.	Alamat Rumah	Jl. Sidodadi No. 35. Tangkerang Utara Pekanbaru	
8.	Nomor Telepon/Fax	0761-37813	
9.	Nomor HP	085278392778	
10.	Alamat Kantor	Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Jl. Kaharuddin Nasution 113 Pekanbaru	
11.	Nomor Telepon/Fax	+6276164717	
12.	Alamat e-mail	Chatib2002@yahoo.com	
13.	Lulusan yang Telah Dihasilkan	S1 = > 100 orang; S2 = 14 orang; S3 = orang	
14.	Mata Kuliah yang Diampu	Mekanika Tanah	
		Teknik Pondasi	
		Perkuatan Tanah	

B. Riwayat Pendidikan

Program:	S1	S2	S3
Nama PT	Universitas Islam Riau	Universiti Teknologi Malaysia	Universiti Teknologi Malaysia
Bidang Ilmu	Teknik Sipil	Teknik Sipil	Teknik Sipil
Tahun Masuk-Lulus	1977 – 1980 (sarjana muda) 1983 – 1986 (sarjana)	1997 2000	2002 2009
Judul Skripsi/Tesis	Studi Pengendalian Banjir Sungai Dumai	Bearing Capacity of Ribbed Foundatin	Beearing Capacity of Granular Soil Overlying Soft Clay Reinforced with Bamboo-Geotextile Composite at the Interface
Nama Pembimbing/ Promotor	Ir. Jabonar Sitangang	Prof. Dr. Aminaton Marto	Prof. Dr. Aminaton Marto

C. Pengalaman Penelitian dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2011	Pengaruh Campuran Garam dan Semen Terhadap Daya Dukung Tanah Lunak	UIR	6,25
2				

D. Pengalaman Pengabdian pada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Pengabdian pada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2010	Pembuatan Sumur Resapan Desa Tanah Merah	LPM UIR	6,0

E. Pengalaman Penulisan Artikel Ilmiah Dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Vol./ Nomor	Nama Jurnal
1	2013			Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-7 (KoNTekS7)
2	2011	Bearing Capacity of Granular Soil Overlying Soft Clay Reinforced with Bamboo-Geotextile Composite.		Pertemuan Ilmiah Tahunan XIV Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (PIT XIV HATTI) Development of Geotechnical Eng. in Civil Works and Geo-Environment
3	2010	Bearing Capacity of Granular Soil Overlying Soft Clay Reinforced with Bamboo-Geotextile at the Interface		Prosiding: Innovation in Architecture, Engineering and Construction
4	2008	Bearing Capacity of Footing on Bamboo-Geotextile Composite Reinforced Soft Clay.		International Conference on Geotechnical & Highway Engineering Goetropika

F. Pengalaman Penyampaian Makalah Secara Oral pada Pertemuan/ Seminar

No	Nama Pertemuan Ilmiah/ Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1	Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-7 (KoNTekS7)		24-26 Oktober 2013, Surakarta
2	3 rd International Conference on Geotechnical Engineering Combined with 9 th Yearly Meeting of the Indonesian Society for Geotechnical Engineering (ISGE) Member of the International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE) Geotechnical Engineering for Disaster Prevention and	The Grid Method to Increase Bearing Capacity of Sub-Grade Soil	2002/ Semarang

	Rahabilitation		
3	Pertemuan Ilmiah Tahunan XIV Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (PIT XIV HATTI) Development of Geotechnical Engineering in Civil Works and Geo-Environment	Bearing Capacity of Granular Soil Overlying Soft Clay Reinforced with Bamboo-Geotextile Composite	2011/Jogyakarta
4	Intenational Conference on Geotechnical & Highway Engineering Geotropika	Bearing Capacity of Footing on Bamboo-Geotextile Composite Reinforced Soft Clay.	2008/ Kuala Lumpur Malaysia

G. Pengalaman Penulisan Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Buku	Jumlah Halaman	Penerbit

H. Pengalaman Perolehan HAKI

No	Judul/ Tema HAKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ ID

I. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik/ Rekayasa Sosial Lainnya

No	Judul/ Tema/ Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat

J. Penghargaan yang Pernah Diraih dalam 10 Tahun Terakhir

No	Judul Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
1	Piagam Penghargaan Pengabdian	Universitas Islam Riau	2010
2			

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya.

Pekanbaru, 28 April 2014

Dr. Ir. Anwar Khatib, M. Eng.
NIK. 87 03 02075

**SURAT PERJANJIAN PENUGASAN
DALAM RANGKA PELAKSANAAN PROGRAM PENELITIAN
TAHUN ANGGARAN 2014**

Nomor : /KONTRAL/LP-UJR/12-2015

Pada hari ini Senin tanggal Dua bulan Maret tahun Dua Ribu Lima Belas, kami yang bertandatangan dibawah ini :

- | | |
|------------------------------------|--|
| 1. H.M. HASBI ZAIDI, SE, MP | : Ketua Lembaga Penelitian Universitas Islam Riau, bertindak atas nama Rektor Universitas Islam Riau yang selanjutnya dalam Surat Perjanjian ini disebut sebagai PIHAK PERTAMA; |
| 2. ANAS PURI, ST, MT | : Dosen Universitas Islam Riau, dalam hal ini bertindak sebagai pengusul dan Ketua Pelaksana Penelitian Tahun Anggaran 2015 untuk selanjutnya disebut PIHAK KEDUA.. |

Perjanjian penugasan ini berdasarkan pada Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Penelitian bagi dosen perguruan tinggi Swasta Kopertis Wilayah X Tahun Anggaran 2015, Nomor : 19/KONTRAK/010/KM2015, tanggal 16 Februari 2015

PIHAK PERTAMA dan **PIHAK KEDUA**, secara bersama-sama bersepakat mengikatkan diri dalam suatu Perjanjian Pelaksanaan Penugasan Penelitian Hibah Bersaing Tahun 2015 dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagaimana diatur dalam pasal-pasal sebagai berikut:

Pasal 1

1. **PIHAK PERTAMA** memberi tugas kepada **PIHAK KEDUA**, dan **PIHAK KEDUA** menerima tugas tersebut untuk melaksanakan Penugasan Penelitian Hibah Bersaingl baru tahun 2015 dengan "Validasi Metode Perencanaan Sistem Pelat Terpaku pada Lempung Lunak Menggunakan Metode Elemen Hingga"
2. **PIHAK KEDUA** bertanggung jawab penuh atas pelaksanaan Administrasi dan keuangan atas pekerjaan sebagai mana dimaksud pada ayat 1 dan berkewajiban menyerahkan semua bukti-bukti pengeluaran serta dokumen pelaksanaan lainnya dalam bendel laporan yang tersusun secara sistematis kepada **PIHAK PERTAMA**.

Pelaksanaan Penugasan Penelitian Hibah Bersaing Baru tahun 2015 sebagaimana dimaksud judul penelitian di atas didanai dari DIPA Kopertis Wilayah X Sumbang Riau Jambi dan Kepri Nomor SP DIPA -023.04.1.673453/2015, tanggal 14 November 2014.

Pasal 2

(1) **PIHAK PERTAMA** menyerahkan dana penelitian sebagaimana dimaksud dalam pasal 1 sebesar **Rp. 51.500.000,- (lima puluh satu juta lima ratus ribu rupiah)** yang berasal dari DIPA X Sumbar Riau Jambi dan Kepri Nomor SP DIPA - 023.04.1.673453/2015, tanggal 14 November 2015

(2) Dana Penugasan Pelaksanaan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Pembayaran Tahap Pertama sebesar 70% dari total bantuan dana kegiatan yaitu **70% X Rp 51.500.000,- = Rp. 36.050.000 - (tiga puluh enam juta lima puluh ribu rupiah)**.
- b. Pembayaran Tahap Kedua sebesar 30% dari total dana yaitu **30% X Rp. 52.500.000,- = Rp. 15.450.000,- (lima belas juta empat ratus lima puluh ribu rupiah)**, dibayarkan setelah **PIHAK KEDUA** menyerahkan *hardcopy* Laporan Kemajuan Pelaksanaan Penugasan Penelitian Hibang Bersaing Tahun Anggaran 2015 dan Laporan Penggunaan Anggaran 70% yang telah dilaksanakan kepada **PIHAK PERTAMA** dan mengunggah *soft copy*nya ke **SIMLITABMAS** paling lambat tanggal 30 Juni 2015.
- c. **PIHAK KEDUA** bertanggungjawab mutlak dalam pembelanjaan dana tersebut pada ayat (1) sesuai dengan proposal kegiatan yang telah disetujui dan berkewajiban untuk menyerahkan kepada **PIHAK PERTAMA** semua bukti-bukti pengeluaran sesuai dengan jumlah dana yang diberikan oleh **PIHAK PERTAMA**.
- d. **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengembalikan sisa dana yang tidak dibelanjakan ke kepada **PIHAK PERTAMA** untuk disetor ke Kas Negara.

Pasal 3

Dana Penugasan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat 1 dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** melalui rekening yang diajukan dan atas nama **PIHAK KEDUA**.

Pasal 4

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menindaklanjuti dan mengupayakan hasil Program Hibah Penelitian berupa hak kekayaan intelektual dan atau publikasi ilmiah sesuai dengan luaran yang dijanjikan pada Proposal.
- (2) Perolehan hasil sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dimanfaatkan sebesar-besarnya untuk pelaksanaan Tri Dharma Perguruan Tinggi.
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk melaporkan perkembangan perolehan hasil sebagaimana dimaksud pada ayat (1) kepada **PIHAK PERTAMA** selambat-lambatnya pada tanggal 10 Oktober 2015.

Pasal 5

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah laporan kemajuan pelaksanaan kegiatan ke SIM-LITABMAS paling lambat tanggal 30 Juni 2015 sesuai ketentuan pada Buku Panduan Program Hibah Penelitian Tahun 2013.
- (2) **PIHAK PERTAMA** melakukan Monitoring dan Evaluasi internal terhadap kemajuan pelaksanaan Program Hibah Penelitian tahun 2015 sebelum pelaksanaan monitoring dan evaluasi eksternal oleh Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi.

Pasal 6

Perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi pelaksanaan Program Hibah Penelitian dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan tertulis dari Direktur Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi

Pasal 7

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Laporan Akhir pelaksanaan Penugasan Program Hibah Penelitian Tahun 2015 sesuai ketentuan pada Buku Panduan Program Hibah Penelitian Tahun 2013 dan mengisi Rekapitulasi Laporan Penggunaan Anggaran 100% pada SIM-LITABMAS paling lambat tanggal 10 Nopember 2015.
- (2) Hard copy Laporan Akhir dan Rekapitulasi Laporan Penggunaan Anggaran sebagaimana dimaksud ayat (1) diserahkan kepada **PIHAK PERTAMA** paling lambat tanggal 10 Nopember 2015.

Pasal 8

- (1) Apabila **PIHAK KEDUA** selaku ketua pelaksana sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 tidak dapat melaksanakan Program Hibah Penelitian Tahun 2015, maka **PIHAK KEDUA** wajib mengusulkan pengganti ketua pelaksana yang merupakan salah satu anggota tim kepada **PIHAK PERTAMA**.
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat melaksanakan tugas dan tidak ada pengganti ketua sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 maka **PIHAK KEDUA** harus mengembalikan dana kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya disetor ke Kas Negara.
- (3) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (2) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 9

- (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Hibah Penelitian telah berakhir, **PIHAK KEDUA** belum menyelesaikan tugasnya dan atau terlambat mengirim laporan Kemajuan dan atau terlambat mengirim laporan akhir, maka **PIHAK KEDUA** dikenakan sanksi denda sebesar 1 ‰ (satu permil) setiap hari keterlambatan sampai dengan setinggi-tingginya 5% (lima

persen), terhitung dari tanggal jatuh tempo sebagaimana tersebut pada pasal 1 ayat (1), 2 dan ayat (3), yang terdapat dalam Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Program Hibah Penelitian Universitas Islam Riau Tahun Anggaran 2015 ;

(2) Denda sebagaimana dimaksud pada ayat (3) disetorkan ke Kas Negara dan foto copy bukti setor denda yang telah divalidasi oleh KPPN setempat diserahkan kepada **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 10

(1) Apabila dikemudian hari judul Penelitian Hibah Bersaing sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dengan Hibah Penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidak jujuran/fitkad kurang baik yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah, maka kegiatan Program Hibah Penelitian tersebut dinyatakan batal dan **PIHAK KEDUA** wajib mengembalikan dana Penelitian Hibah Bersaing Tahun 2015 yang telah diterima kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya disetor ke Kas Negara.

(2) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disimpan oleh kepada **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 11

Hal-hal dan atau segala sesuatu yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa PPN dan/atau PPh menjadi tanggungjawab **PIHAK KEDUA** dan harus dibayarkan ke kantor pelayanan pajak setempat sebagai berikut:

1. Pembelian barang dan jasa dikenai PPN sebesar 10% dan PPh 22 sebesar 1,5%;
2. Belanja honorarium dikenai PPh Pasal 21 dengan ketentuan:
 - a. 5% bagi yang memiliki NPWP untuk golongan III, serta 6% bagi yang tidak memiliki NPWP.
 - b. Untuk golongan IV sebesar 15%; dan
3. Pajak-pajak lain sesuai ketentuan yang berlaku.

Pasal 12

(1) Hak atas kekayaan intelektual yang dihasilkan dari pelaksanaan Program Hibah Penelitian diatur dan dikelola sesuai dengan peraturan dan perundang-undangan yang berlaku.

(2) Hasil Program Hibah Penelitian berupa peralatan dan/atau alat yang dibeli dari kegiatan ini adalah milik Negara yang dapat dihibahkan kepada institusi/lembaga/masyarakat melalui Surat Keterangan Hibah.

Pasal 13

(1) Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum.

(2) Hal-hal yang belum diatur dalam perjanjian ini diatur kemudian oleh kedua belah pihak.

Pasal 14

Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Program Hibah Penelitian ini dibuat rangkap 2 (dua) dan bermaterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku.



H.M. HASBI ZAIDI, SE, MP
NPK. 900402162

PIHAK KEDUA



ANAS PURI, ST, MT
NPK. 960902239