

KODE/ RUMPUN ILMU: 421/ ILMU TEKNIK

LAPORAN AKHIR PENELITIAN HIBAH BERSAING



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

Tahun ke-2 dari rencana 2 tahun

Ketua:

DR. Anas Puri, S.T., M.T.

NIDN. 1005057003

Anggota:

Roza Mildawati, S.T., M.T.

NIDN. 1019088201

**LEMBAGA PENELITIAN
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
NOVEMBER 2016**

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 : Roza Mildawati, S.T., M.T.

NIDN. : 1019088201

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-2 dari rencana 2 tahun

Biaya Tahun Berjalan : Rp 50.000.000,-

Biaya Keseluruhan : Rp 101.500.000,-

Pekanbaru, 17 November 2016

Mengetahui:
Dekan Fakultas Teknik UIR.,

Ketua Peneliti,


DR. KURNIA HASTUTI, S.T., M.T.
Kuasa No. 1175/A-UIR/5-T/2016


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

Mengetahui:
Ketua Lembaga Penelitian UIR.,


DR. Evizal Abdul Kadir, S.T., M.Eng.

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 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 (2015a). 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 monotonik dilakukan di tengah dan di ujung pelat.

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 (d_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. Semakin besar diameter dan panjang tiang maka lendutan semakin berkurang. Peningkatan diameter dan panjang tiang meningkatkan kuat dukung sistem dalam memikul beban, sehingga lendutan pelat menjadi berkurang. Nomogram perencanaan telah disusun dan dapat digunakan untuk keperluan praktis perancangan awal.

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 Akhir Pelaksanaan Kegiatan Penelitian Hibah Bersaing ini dapat diselesaikan. 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 dan nomogram untuk perencanaan awal telah pula dihasilkan.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi (RISTEK-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, November 2016.

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	9
BAB 1. PENDAHULUAN	10
1.1 Latar Belakang	10
1.2 Urgensi (Keutamaan) Penelitian	11
1.3 Kontribusi Penelitian Terhadap Pengembangan IPTEK	11
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	12
2.1 <i>State of The Art</i>	12
2.2 Hasil Penelitian Terkait yang Sudah Dicapai	14
2.3 <i>Road Map</i> Riset dan Teknologi	19
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	21
3.1 Tujuan	21
3.2 Manfaat	21
BAB 4. METODE PENELITIAN	22
4.1 Lokasi	22
4.2 Alat-alat	22
4.3 Tahapan Pelaksanaan Penelitian	22
4.4 Sifat-sifat Bahan	25
4.5 Hasil Pengujian Pembebanan	26
4.6 Cara Analisis	27
BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN UNTUK TINJAUAN SATU BARIS	28
TIANG	
5.1 Sifat-sifat Bahan	28
5.1.1 Sifat-sifat lempung	28
5.1.2 Sifat-sifat beton	28

5.2 Hasil Uji Pelat Terpaku Skala Penuh Satu Baris Tiang	29
5.2.1 Beban repetitif di A	29
5.2.2 Beban repetitif di C	31
5.3 Hasil Analisis Menggunakan BoEF	32
5.3.1 Dimensi struktur	32
5.3.2 Sifat-sifat bahan	32
5.3.3 Tahapan perhitungan	32
5.3.4 Perhitungan modulus reaksi tanah dasar ekivalen	33
5.3.5 Perbandingan lendutan hitungan dengan pengamatan	35
5.4 Hasil Analisis Menggunakan MEH	39
5.4.1 Model konstitutif dan sifat-sifat bahan	39
5.4.2 Lendutan pelat	40
BAB 6. HASIL DAN PEMBAHASAN STUDI PARAMETRIK	43
6.1 Sifat-sifat Bahan	43
6.2 Pengaruh Variasi Dimensi Tiang	43
6.3 Pengaruh Variasi Tebal Pelat	44
6.4 Nomogram Perencanaan	44
BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN	48
7.1 Kesimpulan	48
7.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
PERSONALIA TENAGA PENELITIAN	52
LAMPIRAN	60

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
Tabel 2.1	Rangkuman <i>Roadmap</i> Riset Sistem Pelat Terpaku	19
Tabel 4.1	Sifat-sifat Lempung Ngawi-2	25
Tabel 5.1	Sifat-sifat tanah untuk analisis	31
Tabel 5.3	Sifat-sifat beton rencana	31
Tabel 5.4	Modulus reaksi tanah dasar ekivalen	34
Tabel 5.5	Model dan parameter tanah pada analisis 3D	39
Tabel 5.6	Model dan parameter elemen struktur pada MEH 3D solid	39

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 7elati perpindahan ($a = d_0/d_s$) terhadap rasio d_s/D untuk penentuan tambahan modulus reaksi tanah dasar Pelat Terpaku	15
Gambar 2.5	Hasil analisis lendutan rencana vs. lendutan pengamatan beban sentris	17
Gambar 2.6	Hasil analisis lendutan rencana vs. lendutan pengamatan beban di tepi	17
Gambar 2.7	Kerangka konseptual dan rekam jejak penelitian	18
Gambar 4.1	Bagan alir penelitian hibah bersaing tahun kedua	22
Gambar 4.2	Skema uji skala penuh Pelat Terpaku satu baris tiang	23
Gambar 4.3	Foto pelaksanaan uji pembebanan	24
Gambar 4.4	Hubungan P - d akibat beban	27
Gambar 5.1	Denah uji pembebanan untuk satu baris tiang	29
Gambar 5.2	Hasil uji beban di A pada model skala penuh satu baris tiang	29
Gambar 5.3	Retak melintang pada model skala penuh satu baris tiang akibat beban di C sebesar 80 kN	31
Gambar 5.4	Hasil uji beban di C pada model skala penuh satu baris tiang	31
Gambar 5.5	Hasil hitungan berdasarkan Persamaan (3) vs. lendutan pengamatan Pelat Terpaku skala penuh satu baris tiang untuk P sentris	35
Gambar 5.6	Hasil hitungan berdasarkan Persamaan (3) vs. lendutan Pengamatan Pelat Terpaku skala penuh satu baris tiang untuk P di tepi	36
Gambar 5.7	Perbandingan lendutan analisis dan pengamatan untuk Pelat Terpaku satu baris tiang akibat beban sentris	38
Gambar 5.8	Perbandingan lendutan analisis dan pengamatan untuk Pelat Terpaku satu baris tiang akibat beban di tepi	39
Gambar 5.9	Hubungan P - d hasil hitungan terhadap pengamatan Pelat Terpaku 1 baris tiang tanpa lantai kerja	41
Gambar 5.10	Distribusi lendutan di sepanjang pelat akibat beban $P = 80$ kN	41

Gambar 5.11	Pengaruh pelat penutup tepi (koperan)	42
Gambar 6.1	Pengaruh diameter tiang terhadap lendutan	43
Gambar 6.2	Pengaruh panjang tiang terhadap lendutan	44
Gambar 6.3	Pengaruh tebal pelat terhadap lendutan	45
Gambar 6.4	Nomogram untuk hitungan Sistem Pelat Terpaku tanpa pelat penutup tepi pada beban 10 kN di tengah	45
Gambar 6.5	Nomogram untuk hitungan Sistem Pelat Terpaku tanpa pelat penutup tepi pada beban 10 kN di tepi	46

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A : Data Pengujian	60
LAMPIRAN B : Hasil Analisis	
LAMPIRAN C : Luaran Penelitian “Keynote Speaker Seminar Nasional”	
LAMPIRAN D : Luaran Penelitian “Prosiding International Conference on GEOMATE”	
LAMPIRAN E : Luaran Penelitian “International Journal of GEOMATE”	
LAMPIRAN F : Luaran Penelitian “Poster”	
LAMPIRAN G : Luaran Penelitian “Draft Buku Ajar”	

BAB 1 PENDAHULUAN

2.3 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 akurasinya 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

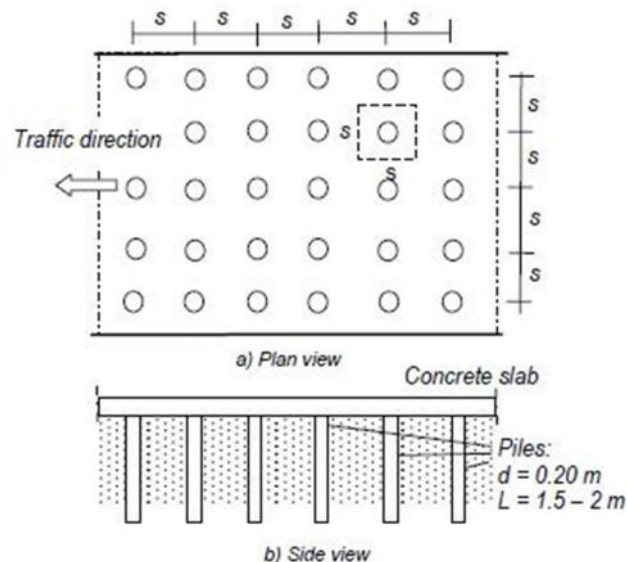
Kontribusi yang diharapkan dari penelitian ini pada bidang ilmu pengetahuan dan teknologi antara lain

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

2.1 State of the Art

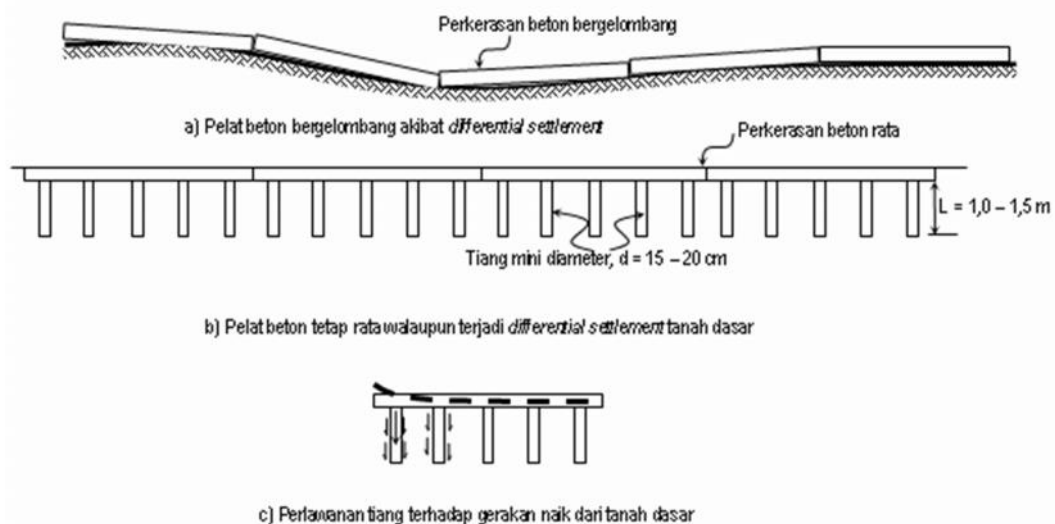
Penempatan perkerasan kaku pada tanah lunak berpotensi mengalami kerusakan akibat perbedaan penurunan. Selain itu, permukaan perkerasan menjadi tidak rata sehingga tidak nyaman untuk dilewati. Untuk mengatasi masalah tersebut, beberapa metode telah dikembangkan dan diaplikasikan, seperti metode perbaikan 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.

2.2 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

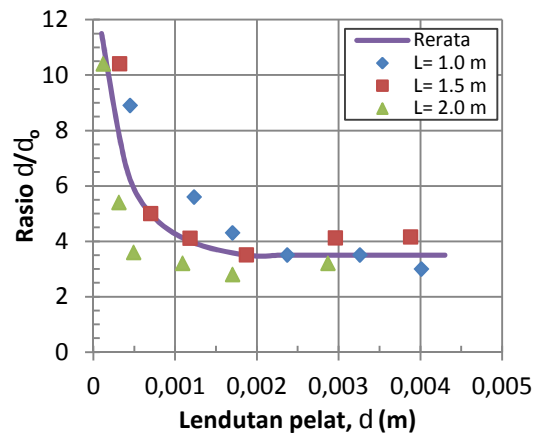
$$k' = k + \Delta k \quad (1)$$

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).

$$\Delta k' = \frac{d_0 A_s}{d^2 s^2} (a_d c_u + p_0 K_d \tan j_d) \quad (2)$$

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 f_d : sudut gesek antara tanah-tiang (derajat).

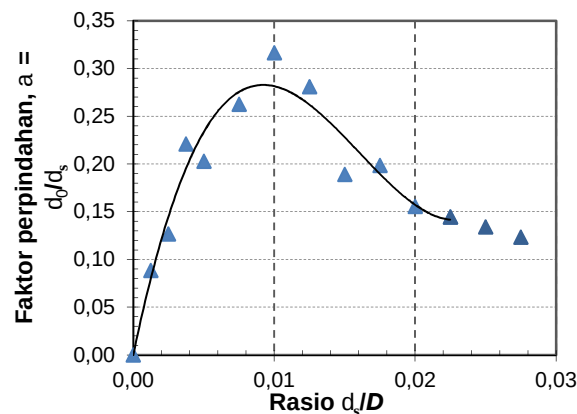
Merujuk pada Hardiyatmo (2011a), Persamaan (2) memberikan hasil analisis lendutan yang cenderung *over estimate* mencapai 35% pada beban sentris dan *under estimate* mencapai 14% pada beban pinggir. Namun, mengacu pada hasil analisis yang dilakukan oleh Puri, dkk. (2011b), secara umum sistem *under estimate* 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 d_s/d_0 terhadap rasio d_s/D sebagaimana Gambar 2.4, dimana D adalah diameter tiang. Rasio d_s/d_0 mempunyai nilai maksimum pada lendutan 2 mm (rasio $d_s/D = 0,10$). Rasio d_s/d_0 adalah faktor perpindahan (*displacement factor*, a) 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 ($a = d_0/d_s$) terhadap rasio d_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

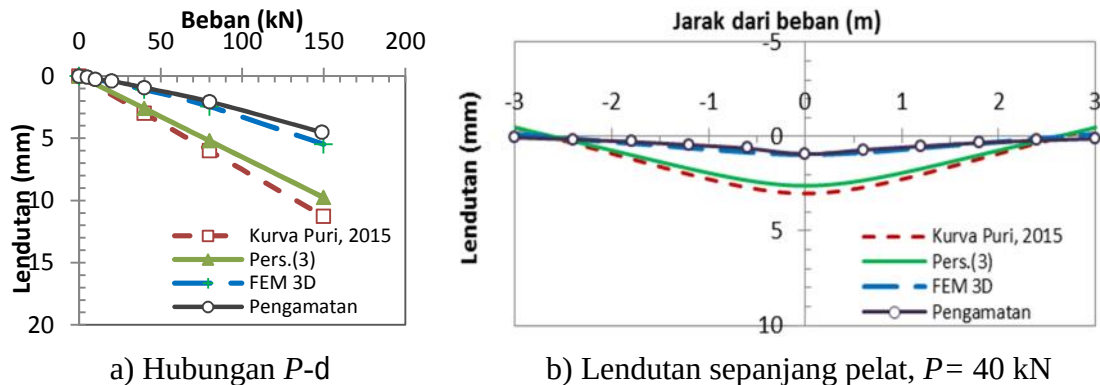
$$\Delta k = \frac{0,4a_d c_u A_s}{d_a A_{ps}} \quad (3)$$

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

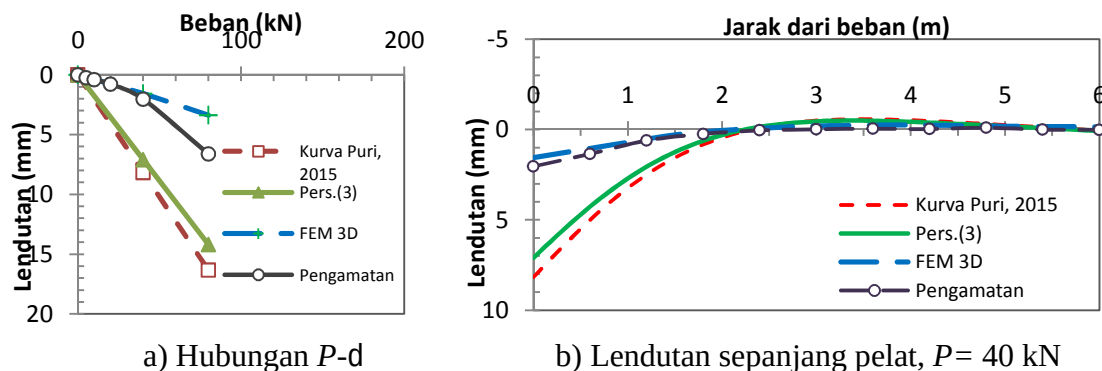
Puri, dkk. (2013d) menyimpulkan bahwa Pelat Terpaku skala penuh menunjukkan kuat dukung maksimum yang besar terhadap beban, diperkirakan mencapai 427 kN pada beban sentris, dan hingga beban 160 kN memberikan respon lendutan yang masih elastik-linier. Kekakuan sistem ini juga besar sebagaimana terlihat 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.

Hasil hitungan dan pengamatan lendutan model skala penuh Pelat Terpaku dengan satu baris tiang menggunakan Persamaan-persamaan di atas, diberikan pada Gambar 2.5 dan 2.6. Untuk beban rencana roda tunggal 40 kN bahwa hasil hitungan lendutan maksimum 3,06 mm tidak melampaui lendutan toleransi (d_a) = 5 mm untuk beban sentris (Gambar 2.5a) dan untuk beban di tepi (Gambar 2.6a) lendutan maksimum 2,71 mm. Akan tetapi lendutan pengamatan jauh lebih kecil dibandingkan lendutan-lendutan tersebut, yaitu 1,21 mm pada beban sentris dan 2,04 mm pada beban di tepi. Berdasarkan hasil tersebut 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 (a) tahanan kelompok tiang dan kekakuan sistem meningkat oleh karena banyaknya baris tiang, (b) adanya tambahan kekakuan sistem dengan adanya penebalan pelat, dan (c) adanya koperan di ujung pelat juga meningkatkan kekakuan sistem. Untuk beban sentris $P = 40$ kN teramati lendutan sebesar 0,87 mm (28% lendutan

hitungan menggunakan Kurva Puri (Puri, 2015a) dan 33,41% lendutan Pers.(3)) dan teramati 2,04 mm akibat beban di tepi (25% lendutan hitungan, dan 28,74% lendutan Pers.(3)). Jadi perencanaan Pelat Terpaku berdasarkan tinjauan satu baris tiang menggunakan modulus reaksi *subgrade* ekuivalen sangat memadai dan hasil desain lebih aman, mudah dalam aplikasinya, serta proses desain tidak memakan banyak waktu.



Gambar 2.5 Hasil analisis lendutan rencana vs. lendutan pengamatan beban sentris.

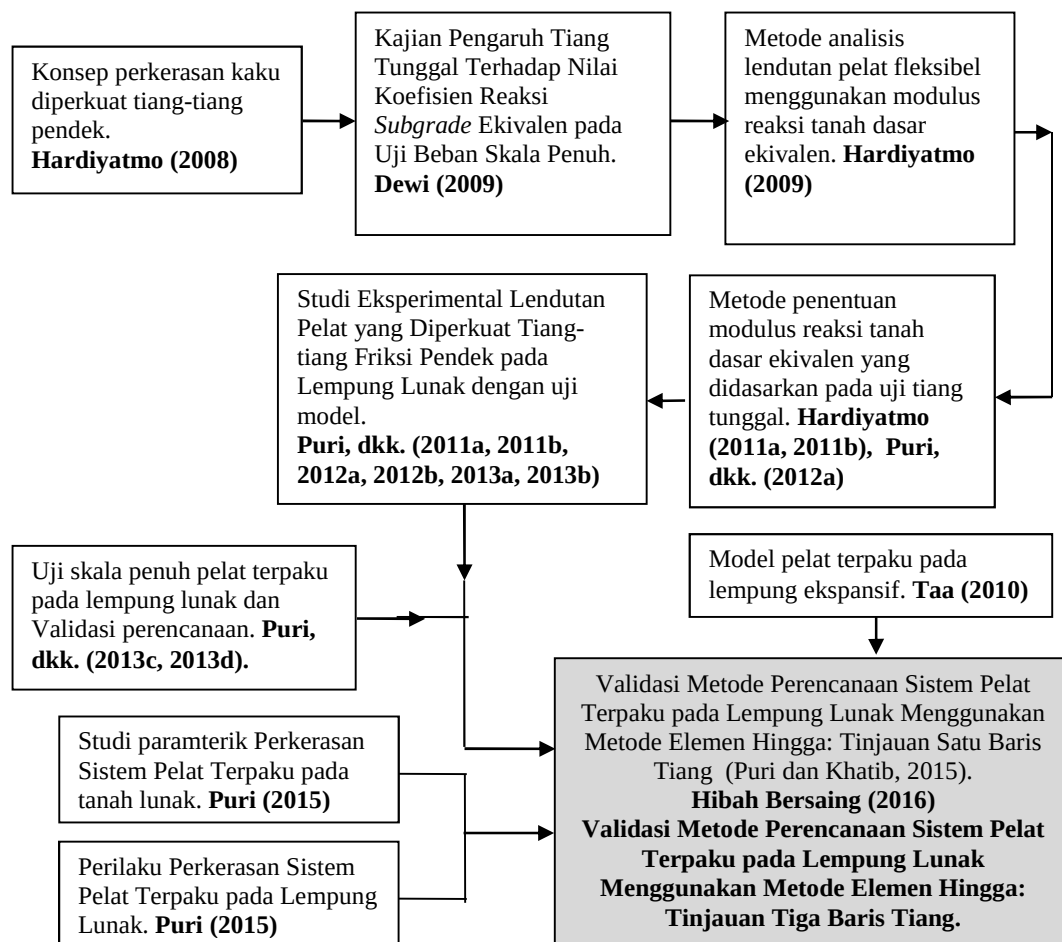


Gambar 2.6 Hasil analisis lendutan rencana vs. lendutan pengamatan beban di tepi.

Distribusi lendutan sepanjang pelat diberikan pada Gambar 2.5b dan 2.6b untuk beban sentris dan beban di tepi. Pola lendutan mendekati pengamatan, walaupun cenderung *over-estimated* untuk hitungan menggunakan kurva Puri (Puri, 2015a) dan Pers.(3), serta untuk beban di tepi. Hitungan menggunakan kurva Puri (Puri, 2015a) dan Pers.(3) cenderung menghasilkan jungkitan di kedua ujung pelat untuk beban sentris (karena keberadaan pelat penutup tepi tidak terakomodir pada BoEF).

Puri (2015a) telah melakukan pengujian Perkerasan Sistem Pelat Terpaku skala penuh dengan satu dan tiga baris tiang. Semakin banyak jumlah baris tiang maka semakin tinggi kuat dukung dan reduksi lendutan juga semakin besar. Puri (2015b)

melakukan studi parametrik Perkerasan Pelat Terpaku pada tanah lunak berdasarkan uji Perkerasan Sistem Cakar Ayam. Kinerja Perkerasan Pelat Terpaku lebih baik dibanding Perkerasan Sistem Cakar Ayam oleh karena kekakuan struktur Perkerasan Pelat Terpaku lebih tinggi. Selajutnya kerangka konseptual dan rekam jejak penelitian pelat terpaku diberikan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kerangka konseptual dan rekam jejak penelitian.

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. (1)	Topik (2)	Sub Topik (3)	Referensi (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 5 <i>d</i> dan 6 <i>d</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 d_0/d_s Validasi metode perencanaan untuk Pelat Terpaku satu baris tiang Studi parametrik Perkerasan Sistem Pelat Terpaku menggunakan hasil uji skala penuh Sistem Cakar Ayam Modifikasi.	Puri, dkk., 2013c Puri, dkk., 2013d Puri, dkk., 2014a Puri, dkk., 2014b Puri, 2015a Puri, 2015b Puri, 2015c

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 struktur dan parameter kuat geser 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 Lokasi

Penelitian ini dilakukan di Universitas Islam Riau, Pekanbaru dan di Laboratorium Mekanika Tanah Institut Teknologi Bandung untuk analisa elemen hingga menggunakan perangkat lunak Plaxis 3D.

4.2 Alat-alat

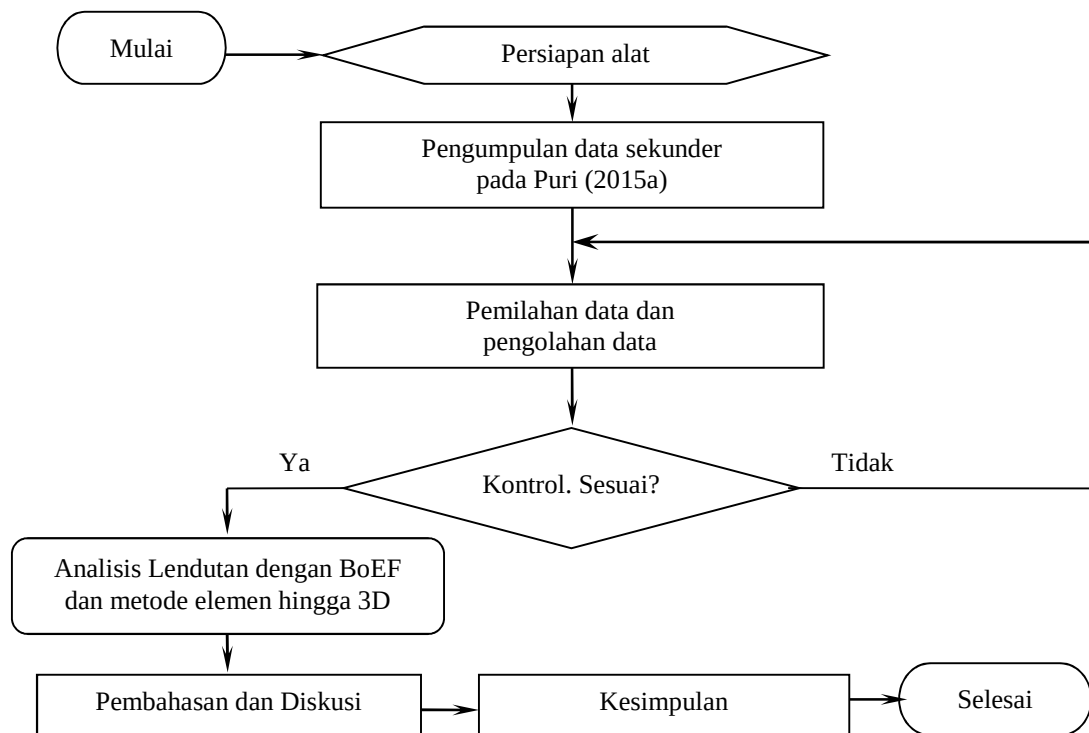
Peralatan-peralatan yang digunakan adalah perangkat untuk analisis, yaitu

1. seperangkat komputer pribadi.
2. seperangkat printer.
3. perangkat lunak Plaxis 3D.
4. flush disk dan CD data.

4.3 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Adapun tahapan pelaksanaan penelitian ini untuk tahun kedua dirunut sebagaimana uraian berikut dan secara ringkas dapat dilihat pada Gambar 4.1.

1. Persiapan alat. Indikator capaiannya adalah terpenuhi alat yang memadai untuk keperluan analisis data.
2. Pengumpulan data sekunder yang bersumber pada Puri (2015a).
3. Pemilahan dan pengolahan data.
4. Simulasi analisis lendutan pelat terpaku menggunakan *software* BoEF berdasarkan nilai koefisien reaksi tanah dasar ekivalen dan metode elemen hingga 3D. Indikator berupa hasil analisis secara numerik atas perilaku Sistem Pelat Terpaku.
5. Pembahasan dan kesimpulan. Indikator: teori tentang perilaku Sistem Pelat Terpaku beserta prosedur analisis perencanaan.
6. Laporan hasil dan publikasi ilmiah. Indikator: dokumentasi *hardcopy* dan *softcopy* sebagai sarana distribusi ilmu pengetahuan untuk kemaslahatan manusia.



Gambar 4.1 Bagan alir penelitian hibah bersaing tahun kedua.

Adapun skema pengujian pembebanan yang dilakukan Puri (2015a) diberikan pada Gambar 4.2. Perkerasan Sistem Pelat Terpau tersebut terdiri atas tiga baris tiang yang masing-masing baris terdiri atas 5 buah tiang. Dimensi tiang adalah berdiamater 0,20 m dan panjang 1,50 m. Di antara pelat dan tiang diberikan pelat penebalan setebal 0,20 m. Adapun pelat perkerasan adalah tebal 0,15 m dengan ukuran panjang dan lebar yaitu 6,00 m dan 3,54 m. Di kedua bagian ujung pelat dipasang pelat penutup tepi/ koperan dengan tinggi 0,50 m dan tebal 0,125 m. Pelat tersebut dibebani pada beberapa titik, dimana pada penelitian ini hanya ditinjau untuk titik beban di A (tengah pelat) dan C (di tepi pelat-segaris dengan baris tiang tengah). Gambar 4.3 menunjukkan foto pelaksanaan pengujian pembebanan.



a)

b)

Gambar 4.3 Foto pelaksanaan uji pembebanan, a) Beban sentris di titik A, b) Beban di tepi di titik C (Puri, 2015a).

4.4 Sifat-sifat Bahan

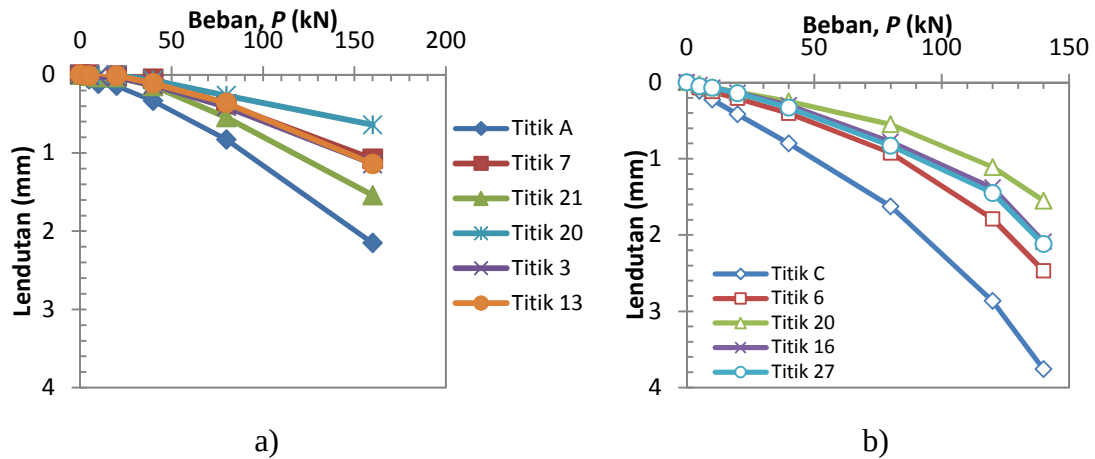
Sifat-sifat tanah diperoleh sebagaimana Tabel 4.1. Terlihat bahwa lempung termasuk ke dalam lempung lunak dengan kohesi *undrained*, c_u 20,14 kPa. CBR sebesar 0,83% juga membuktikan bahwa kuat dukung tanah sangat rendah. Adapun sifat-sifat beton diperoleh hasil seperti berikut (Puri, 2015a): berdasarkan 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 $4.700\sqrt{f'_c}$.

Tabel 4.1 Sifat-sifat Lempung Ngawi (Puri, 2015a)

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

4.5 Hasil Pengujian Pembebanan

Beban berupa beban statis monotonik. Beban kerja pada permukaan pelat berupa beban merata melalui pelat beban yang berdiameter 30 cm, yakni setara dengan luasan bidang kontak roda ganda 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 $P = 5 \text{ kN}$, 10 kN , 20 kN , 40 kN , 80 kN , dan 160 kN ($\pm 4 \times$ 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 beban diturunkan secara bertahap mulai dari $P = 160 \text{ kN}$ menjadi $P = 80 \text{ kN}$, 40 kN dan 0 kN , serta semua lendutan di semua titik yang diamati dicatat (Puri, 2015a). Hubungan P - d untuk beban di A dan C diberikan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Hubungan P -d akibat beban; a) di A, b) di C (Puri, 2015a).

4.6 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 3D dan BoEF menggunakan modulus reaksi *subgrade* ekuivalen. Analisis lebih lanjut yaitu dilakukan variasi pada

1. Variasi dimensi tiang, meliputi variasi diameter dan panjang tiang.
2. Variasi pada dimensi tebal pelat.

BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN UNTUK TINJAUAN SATU BARIS TIANG

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 4.1. 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

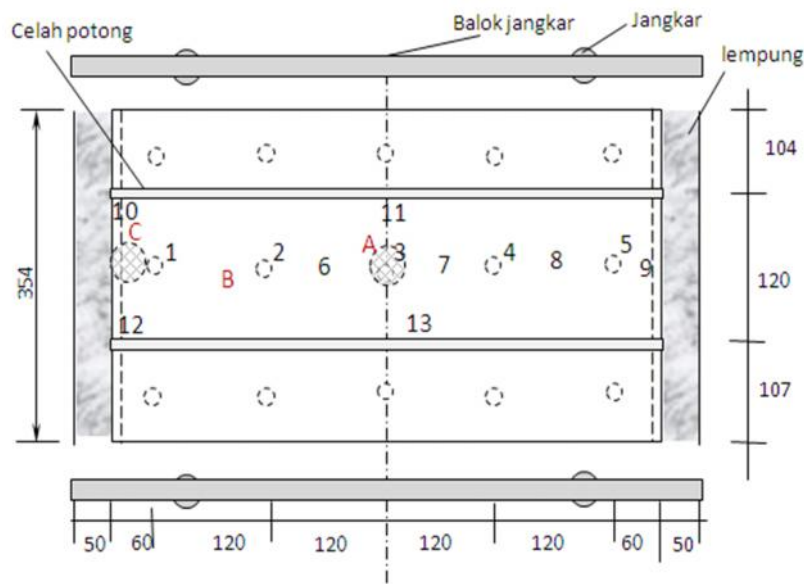
Berdasarkan uji kelecakan beton pelat diperoleh slump sebesar rerata 12,5 cm dan masih dapat diterima untuk beton K350. Mengacu pada uji kuat tekan beton diperoleh kuat tekan rerata pada umur 28 hari sebesar 29,21 MPa. Jadi target mutu beton K350 yang setara dengan 29 MPa tercapai. Berdasarkan uji kuat 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.

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.

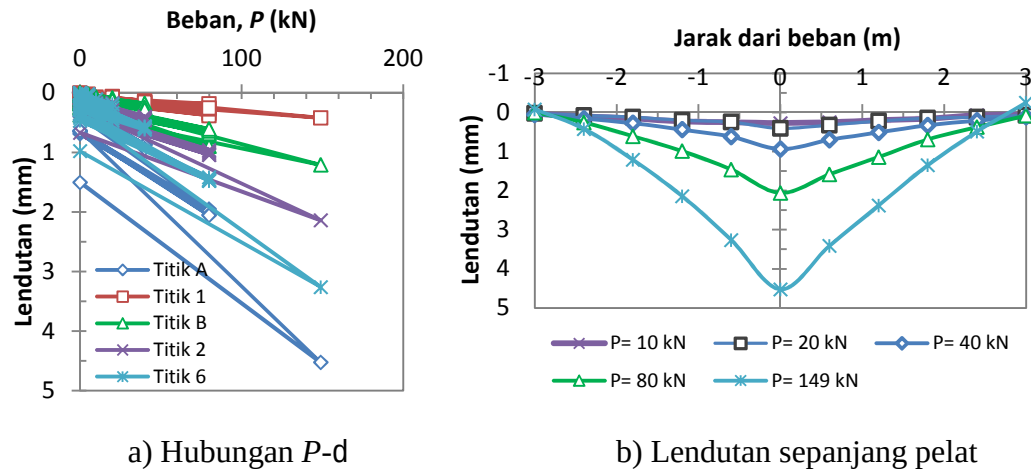
5.2.1 Beban repetitif di A

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 ($\pm 4 \times$ 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.



Gambar 5.1 Denah uji pembebanan untuk satu baris tiang.

Gambar 5.2 menunjukkan hasil uji beban di A pada model skala penuh satu baris tiang. Pengujian dihentikan pada beban 149 kN oleh karena dongkrak mengalami kerusakan. Selanjutnya pengujian tidak diulang karena sudah dianggap cukup, dimana sistem sudah berada pada zona plastis.



Gambar 5.2 Hasil uji beban di A pada model skala penuh satu baris tiang.

Meskipun intensitas beban sudah mencapai 149 kN ($\pm 3,725 \times$ beban roda tunggal rencana untuk jalan raya), lendutan maksimum yang terjadi di bawah beban masih relatif kecil, hanya sebesar 4,52 mm. Pada intensitas beban 40 kN, lendutan yang 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).

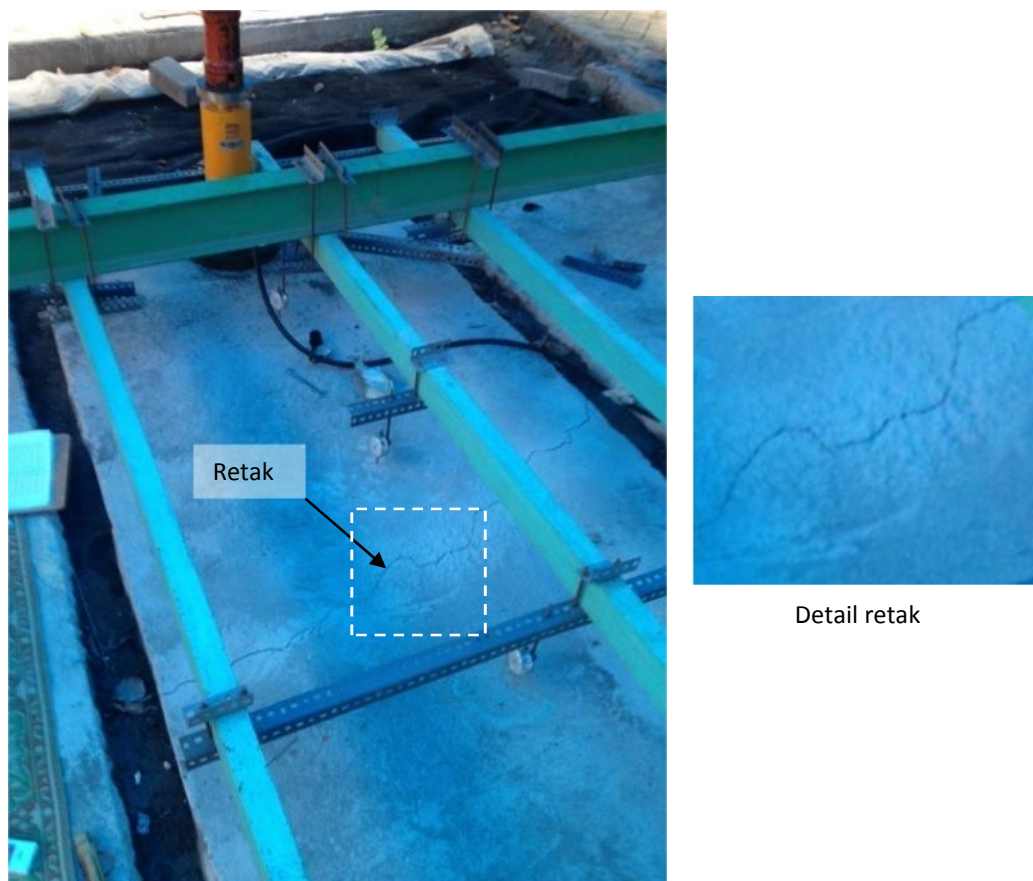
Akibat beban terpusat di A ini, respons lendutan pelat sesuai dengan harapan bahwa lendutan maksimum terjadi di bawah beban dan semakin jauh dari beban lendutan akan semakin mengecil (Gambar 5.2b). Hal ini terlihat pada bentuk lendutan pelat mendekati bentuk setengah mangkok. Fenomena ini mengindikasikan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

5.2.2 Beban repetitif di C

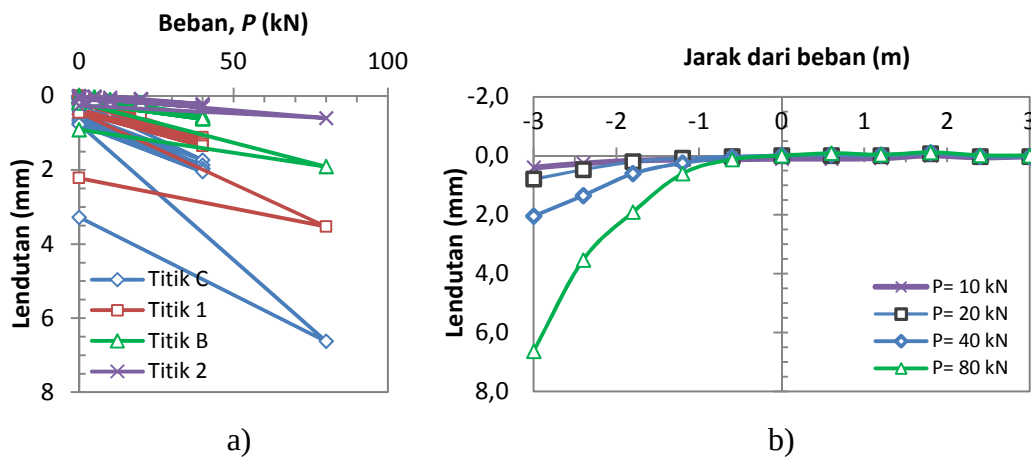
Pada pengujian ini, beban juga diberikan bertahap dengan peningkatan beban dua kali beban sebelumnya. Untuk seluruh titik beban, intensitas beban dinaikkan secara bertahap mulai dari $P = 0$, berturut-turut menjadi $P = 5$ kN, 10 kN, 20 kN, 40 kN, dan 80 kN ($\pm 2 \times$ beban roda tunggal rencana 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 -d, b) Lendutan sepanjang pelat.

5.3 Hasil Analisis Menggunakan BoEF

5.3.1 Dimensi struktur

Dimensi struktur Pelat Terpakai 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 $15,000 \text{ kN/m}^3$, didasarkan pada uji beban pelat standar dengan ukuran pelat berdiameter 76,2 cm.

Tabel 5.2 Sifat-sifat tanah untuk analisis

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:

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

5.3.4 Perhitungan modulus reaksi tanah dasar ekivalen

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

- lantai kerja diabaikan pada perhitungan, sehingga perhitungan lebih aman,
- 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
- 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 kN/m², maka didapat faktor adhesi (a_d) sebesar 0,99. Berdasarkan dimensi tiang dan pelat maka didapat luas selimut tiang (A_s) = 1,07 m², dan luas pelat yang didukung tiang (A_{ps}) = 1,44 m².

5.3.4.1 Modulus reaksi tanah dasar ekivalen menurut Persamaan (3)

Diambil lendutan toleransi (d_a) = 0,005 m (5 mm), maka diperoleh tambahan modulus reaksi tanah dasar (Dk) = 1.175 kN/m³. Dengan menjumlah k dan Dk , didapat modulus reaksi tanah dasar ekivalen untuk beban sentris sebesar $k' = 4.475 \text{ kN/m}^3$. 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 $k' = 1,5 \times 4.475 = 6.710 \text{ kN/m}^3$. 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 d_0/d_s (Gambar 2.4)

Tambahan modulus reaksi tanah dasar (Dk) dihitung menggunakan rumus Hardiyatmo (2011a), sedangkan rasio d_s/d_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 $k = 3.300 \text{ kN/m}^3$, $c_u = 20 \text{ kPa}$, dan dari uji cabut tiang diperoleh friksi satuan ultimit (f_{su}) = $19,82 \text{ kN/m}^2$, sehingga didapat faktor adhesi (a_d) sebesar = 0,99. Berdasarkan dimensi tiang dan pelat diperoleh luas selimut tiang (A_s)= $1,07 \text{ m}^2$, dan luas pelat yang didukung tiang (A) = $1,44 \text{ m}^2$. Rasio d_0/d_s pada rumus Hardiyatmo (Persamaan (3.17)) ditentukan menggunakan Gambar 2.4. Kemudian lendutan izin pelat diambil sebesar $d_a = 0,005 \text{ m}$ (5 mm). Untuk diameter tiang $D = 0,20 \text{ m}$ maka diperoleh rasio d_s/D sebesar $0,005/0,20 = 0,025$.

Tambahan modulus reaksi tanah dasar (Dk) untuk beban sentris ditentukan dengan cara menentukan rasio d_0/d_s menggunakan Gambar 2.4. Mengacu pada gambar tersebut, untuk rasio $d_s/D = 0,025$ diperoleh rasio $d_0/d_s = 0,12$. Selanjutnya dihitung tambahan modulus reaksi tanah dasar dan diperoleh sebesar $Dk = 313 \text{ kPa/m}$. Kemudian dihitung pula modulus reaksi tanah dasar ekivalen (k') dan besarnya dirangkum pada Tabel 5.4. Nilai k' dari Persamaan (3) lebih besar 26,15% dibanding kombinasi rumus Hardiyatmo dan kurva Puri (2015).

Tabel 5.4 Modulus reaksi tanah dasar ekivalen

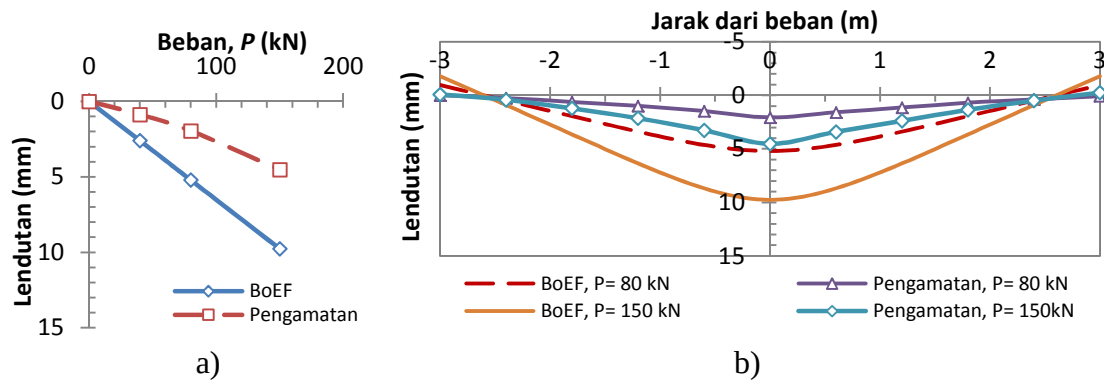
Lokasi beban	Persamaan (3)			Rumus Hardiyatmo dan kurva a Gambar 2.4		
	k (kN/m^3)	Δk (kN/m^3)	k' (kN/m^3)	k (kN/m^3)	Δk (kN/m^3)	k' (kN/m^3)
Sentris	3.300	1.175	4.755	3.300	380	3.680
Di tepi	3.300	1.175	6.710*	3.300	380	5.520*

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

5.3.5 Perbandingan lendutan hitungan dengan pengamatan

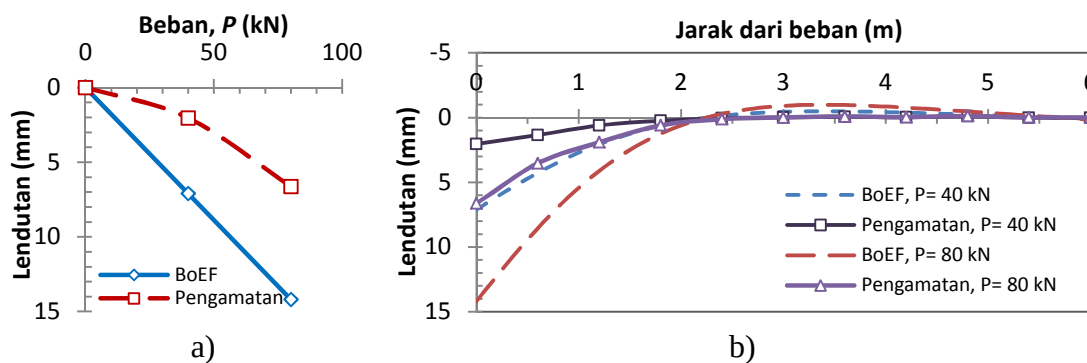
5.3.5.1 Lendutan berdasarkan Persamaan (3)

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 $P-d$ 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 - d , 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 - d , 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 (d_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

- a). tahanan kelompok tiang dan kekakuan sistem meningkat oleh karena banyaknya baris tiang,
- b). 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*,
- c). terdapat tambahan dukungan oleh lantai kerja, yang dalam hitungan diabaikan,
- d). 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 ekuivalen sangat memadai dan hasil desain lebih aman dan mudah dalam aplikasinya. Kelebihan lain yang didapatkan adalah proses desain tidak memakan banyak waktu.

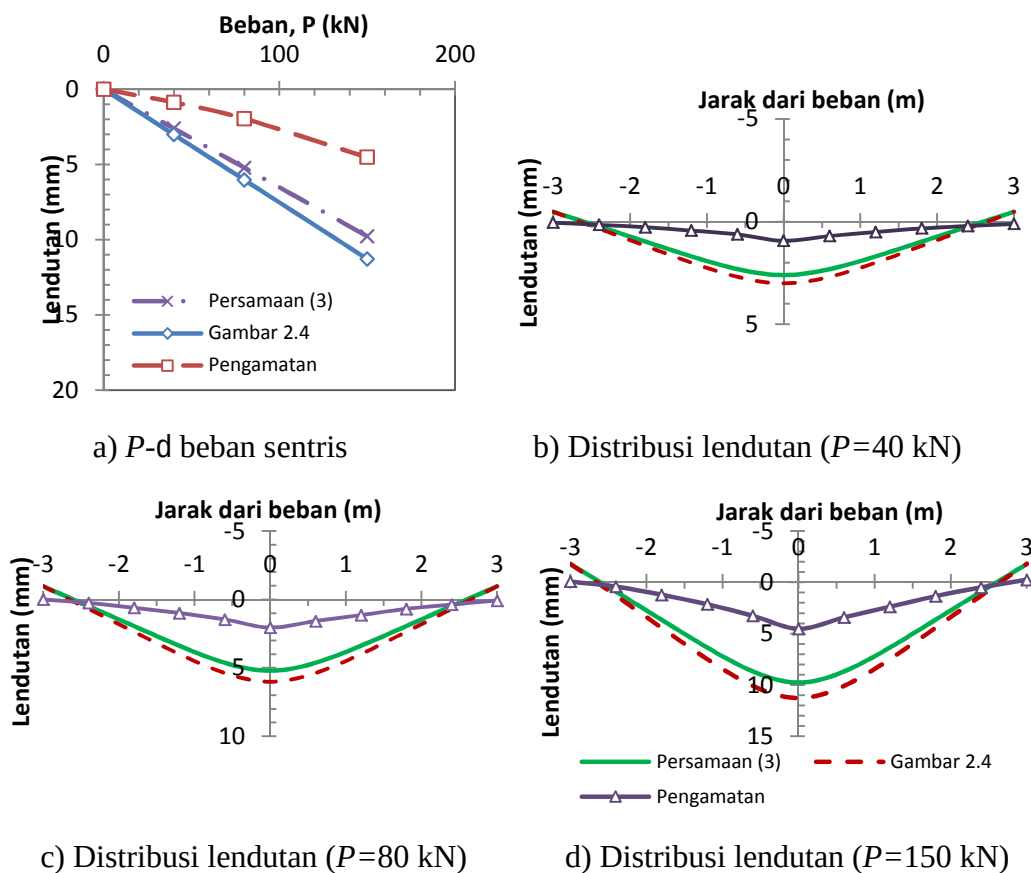
5.3.5.2 Perbandingan lendutan berdasarkan Persamaan (3) dan Gambar 2.4

Pada bagian ini disajikan perbandingan antara hasil analisis lendutan menggunakan Persamaan (3) dan Gambar 2.4 (kombinasi rumus Hardiyatmo (2011a) dan Gambar 2.4 (Kurva Puri, 2015a)) terhadap lendutan pengamatan. Sebagaimana telah diberikan pada Tabel 5.4 bahwa besaran modulus reaksi tanah dasar ekuivalen berdasarkan Gambar 2.4 lebih rendah dibanding Persamaan (3). Dengan demikian hasil analisis lendutan menggunakan Beam on Elastic Foundation berdasarkan modulus reaksi tanah dasar ekuivalen 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 ekivelan 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 $P-d$ 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.

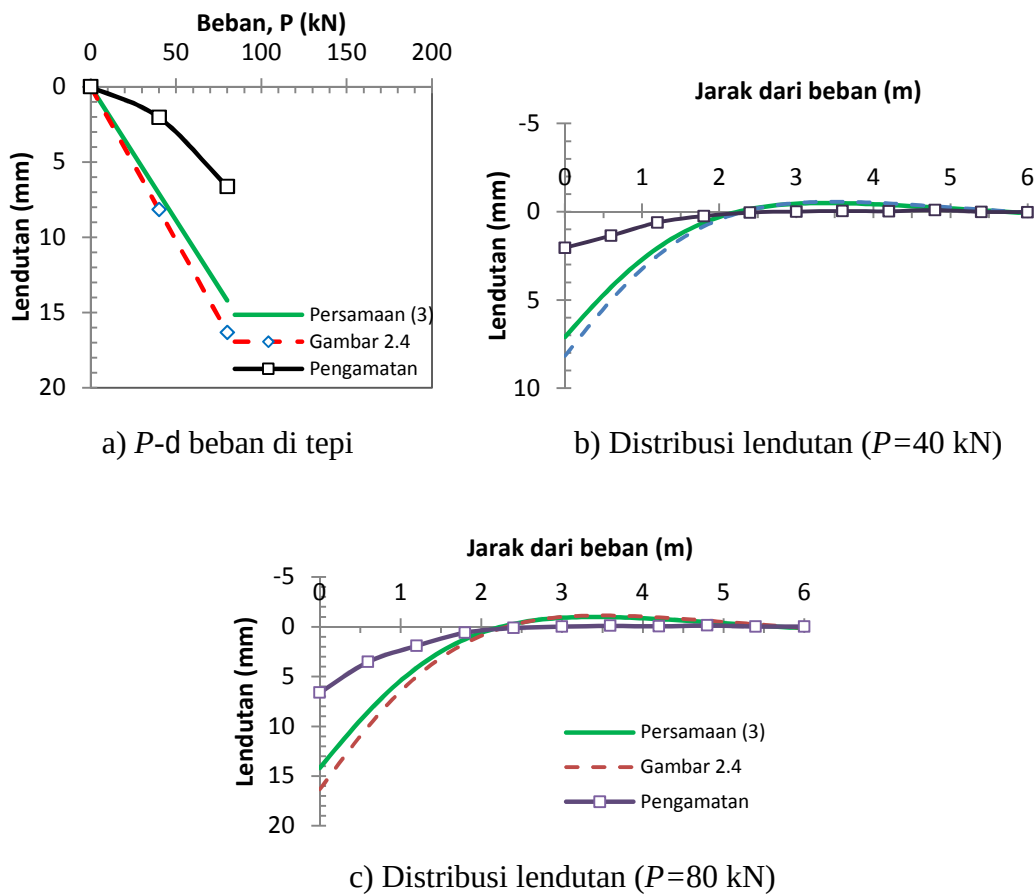
Pada analisis BoEF terjadi jungkitan yang tidak signifikan pada ujung-ujung pelat. Akan tetapi distribusi lendutan sepanjang pelat menunjukkan terjadi jungkitan yang signifikan pada kedua ujung pelat (Gambar 5.7c dan Gambar 5.7d). BoEF tidak dapat memodelkan pelat penutup tepi. Hasil analisis lendutan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



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 - d 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	g_{sat}	16,30	20,00	kN/m ³
Berat volume kering	g_d	10,90	18,00	kN/m ³
Modulus Young's	E	1.790,00	42.750,00	kPa
	E_{oed}^{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	f	1,00	47,80	°
Sudut dilatansi	y	0,00	2,00	°
Indeks kompresi modifikasi	I^*	0,12	-	-
<i>Swelling</i> indeks modifikasi	k^*	0,024	-	-
Kadar pori awal	e_0	1,20	0,50	-
<i>Interface strength ratio</i>	R	0,80	0,70	-

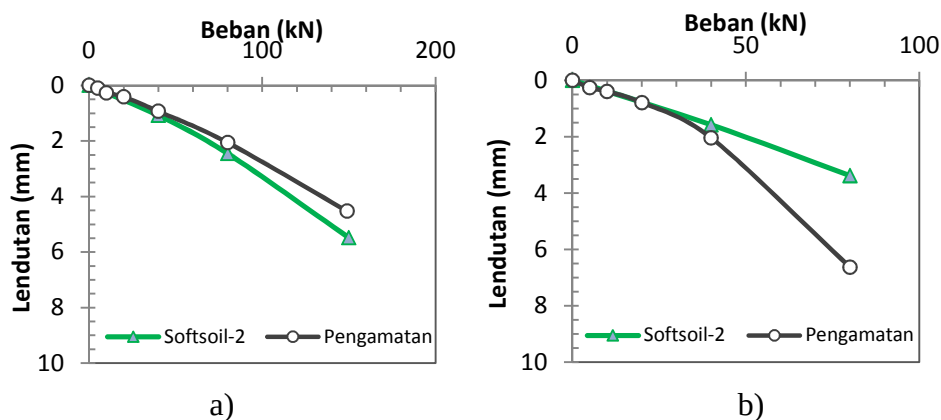
Tabel 5.6 Model dan parameter elemen struktur pada MEH 3D solid

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	

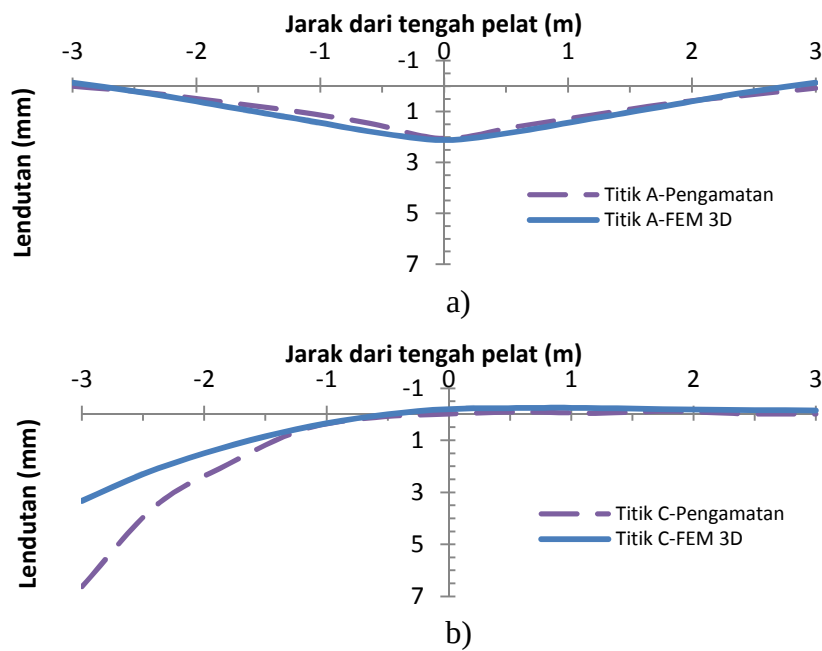
5.4.2 Lendutan pelat

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

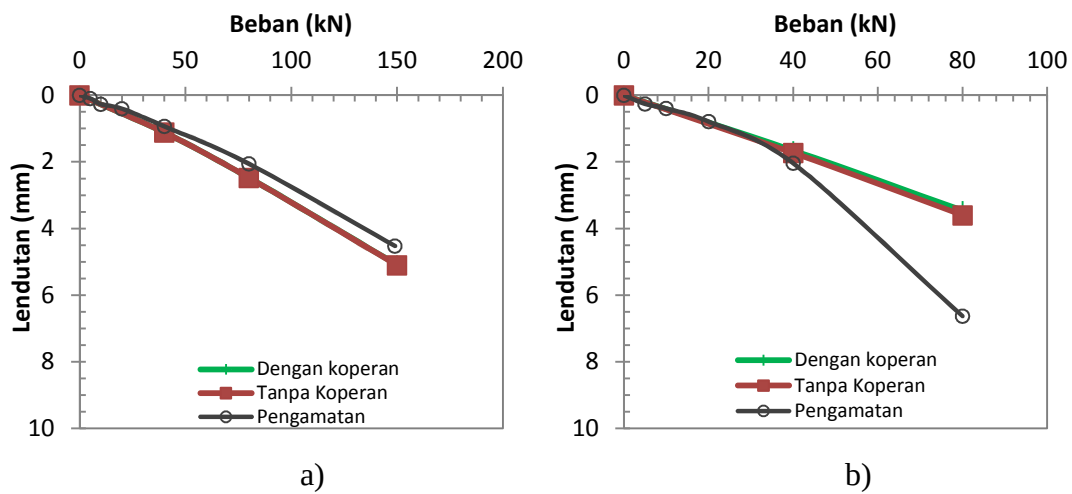
Distribusi lendutan sepanjang pelat akibat beban $P = 80$ kN diberikan pada Gambar 5.10. Lendutan hasil analisis mendekati pengamatan untuk beban sentris, walaupun di ujung-ujung pelat cenderung terjungkit. Untuk beban di tepi, hasil analisis cenderung *under-estimated*. Berdasarkan kedua hasil analisis 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 - d hasil hitungan terhadap pengamatan Pelat Terpaku 1 baris tiang tanpa lantai 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 HASIL DAN PEMBAHASAN STUDI PARAMETRIK

6.1 Sifat-sifat Bahan

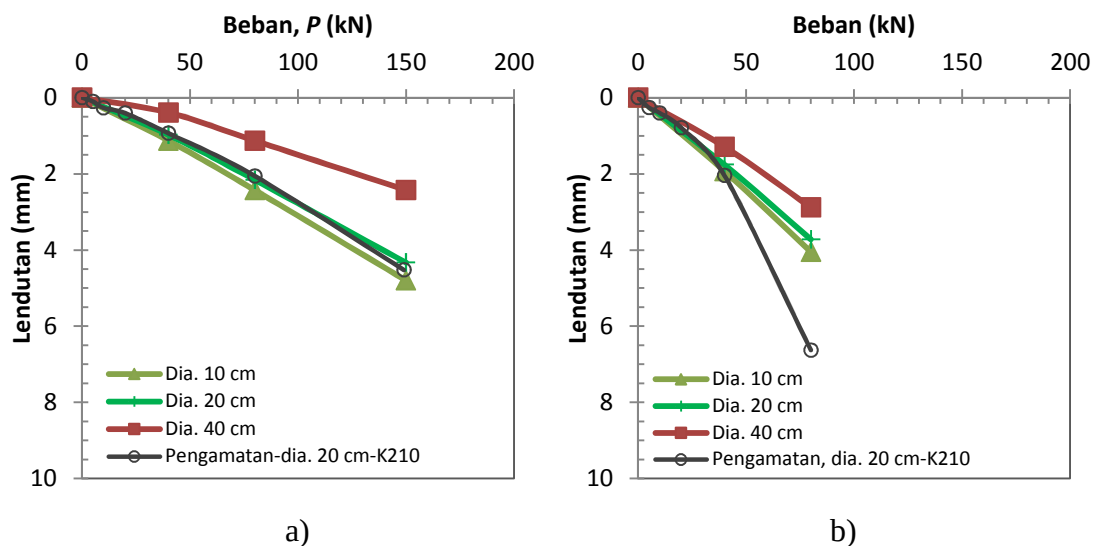
Sifat-sifat tanah mengacu pada Tabel 5.2. Sifat-sifat beton pelat mengacu pada Tabel 5.3, sedangkan sifat-sifat bahan tiang diambil sama dengan pelat.

6.2 Pengaruh Variasi Dimensi Tiang

Tinjauan terhadap variasi dimensi tiang dilakukan dengan memvariasikan diameter dan panjang tiang secara terpisah. Hasil-hasil analisis variasi dimensi tiang terhadap perilaku lendutan diberikan pada anak sub bab berikut.

6.2.1 Pengaruh variasi diameter tiang

Gambar 6.1 memperlihatkan pengaruh diameter tiang terhadap lendutan. Terlihat bahwa semakin besar diameter tiang maka lendutan semakin berkurang, baik untuk beban sentris maupun beban di tepi. Peningkatan diameter tiang meningkatkan kuat dukung sistem dalam memikul beban, sehingga lendutan pelat menjadi berkurang.

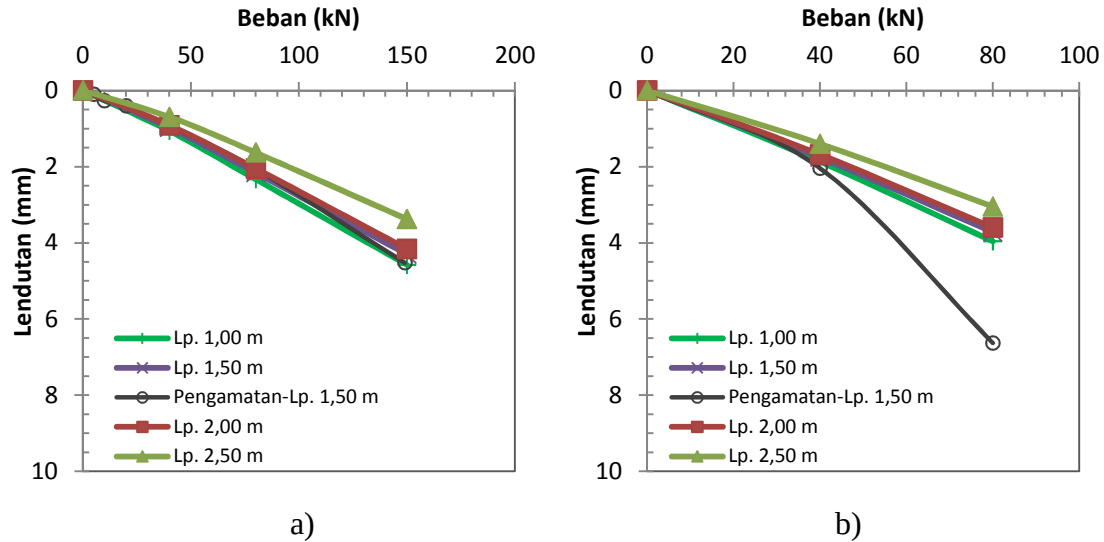


Gambar 6.1 Pengaruh diameter tiang terhadap lendutan; a) Akibat beban sentris, b) Akibat beban di tepi.

6.2.2 Pengaruh variasi panjang tiang

Gambar 6.2 memperlihatkan pengaruh panjang tiang terhadap lendutan. Terlihat bahwa semakin besar panjang tiang maka lendutan semakin berkurang, baik untuk

beban sentris maupun beban di tepi. Peningkatan panjang tiang meningkatkan kuat dukung sistem dalam memikul beban, sehingga lendutan pelat menjadi berkurang.



Gambar 6.2 Pengaruh panjang tiang terhadap lendutan; a) Akibat beban sentris, b) Akibat beban di tepi.

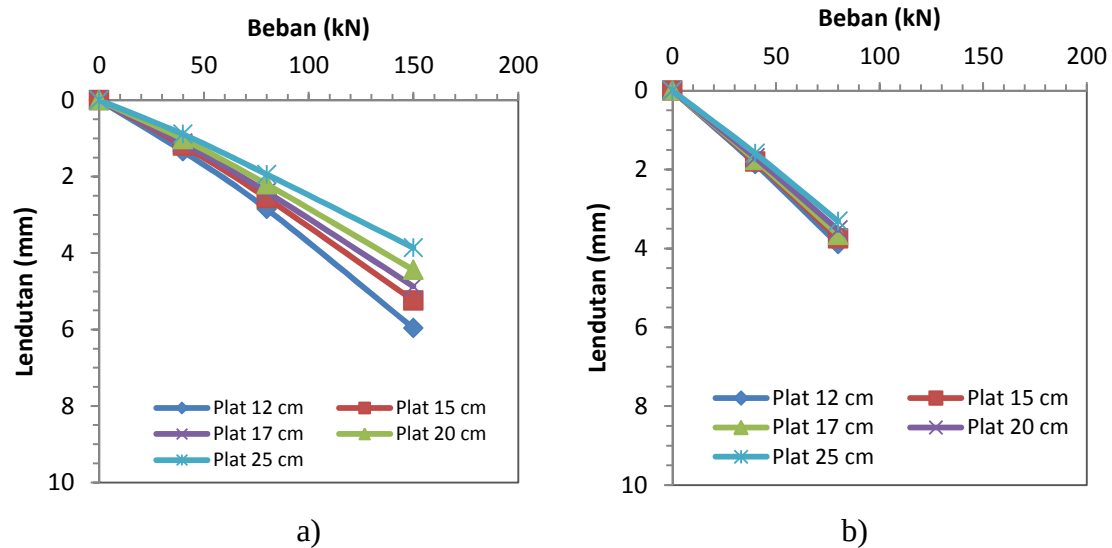
6.3 Pengaruh Variasi Tebal Pelat

Gambar 6.3 memperlihatkan pengaruh tebal pelat terhadap lendutan. Terlihat bahwa semakin tebal pelat maka lendutan semakin berkurang, baik untuk beban sentris maupun beban di tepi. Namun untuk beban di tepi, pengaruh tebal pelat terhadap reduksi lendutan adalah kurang signifikan. Peningkatan tebal pelat meningkatkan kuat dukung sistem dalam memikul beban oleh karena bertambahnya kekakuan pelat, sehingga lendutan pelat menjadi berkurang, walaupun di sisi lain juga terjadi sedikit peningkatan berat sendiri pelat.

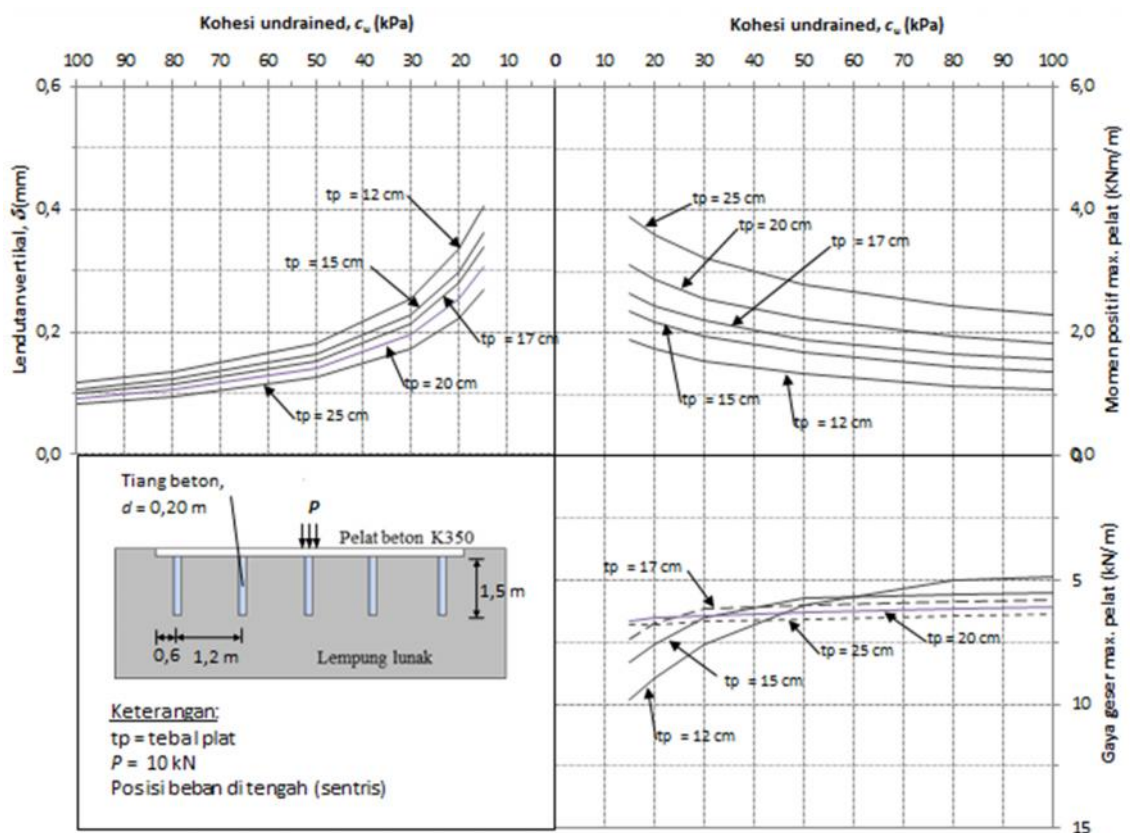
6.4 Nomogram Perencanaan

Untuk perancangan awal yang memerlukan waktu tidak terlalu lama, maka perlu disusun suatu metode perencanaan praktis. Penggunaan nomogram akan sangat membantu. Gambar 6.4 dan 6.5 dapat digunakan untuk menentukan lendutan maksimum, momen lentur dan gaya lintang pada pelat. Gambar 6.4 untuk beban di tengah dan Gambar 6.5 untuk beban di tepi pelat. Kedua nomogram tersebut untuk beban 10 kN. Oleh karena perilaku sistem dalam zona elastis sampai dengan beban 80

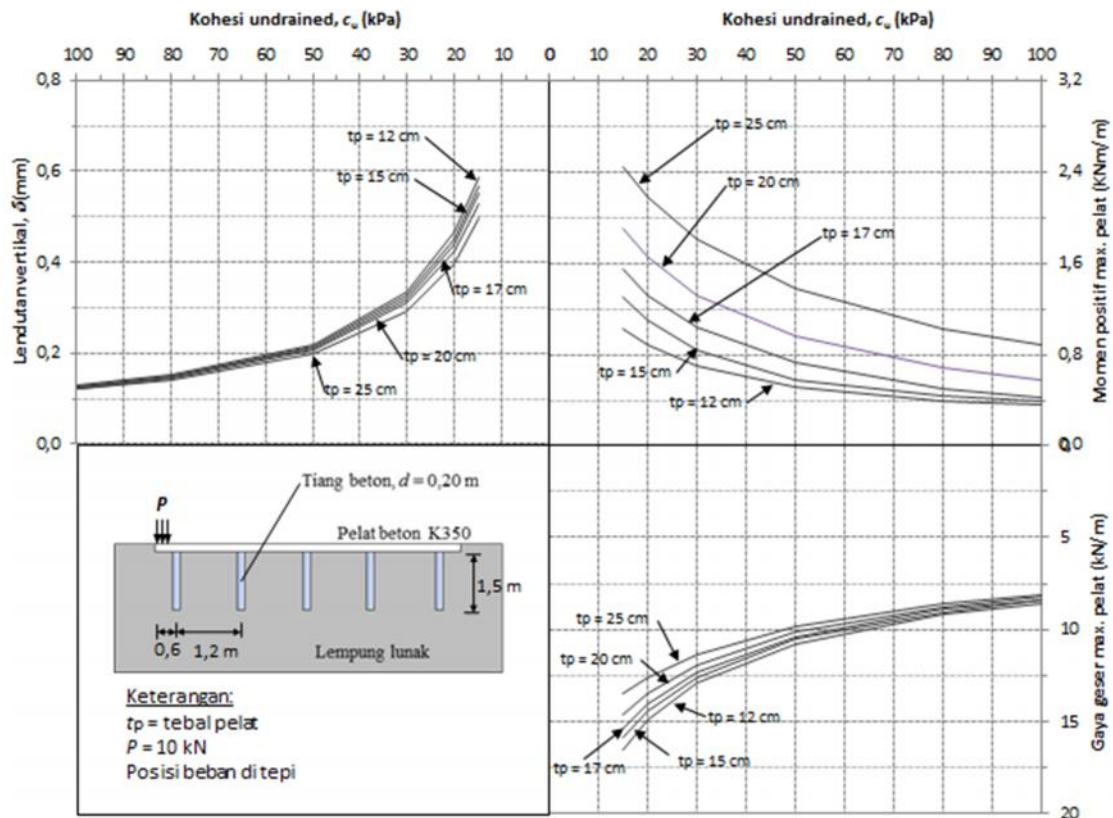
kN, maka untuk beban selain 10 kN (hingga maksimum 100 kN), maka hasil bacaan dari nomogram tersebut dikalikan dengan rasio beban rencana terhadap beban 10 kN.



Gambar 6.3 Pengaruh tebal pelat terhadap lendutan; a) Akibat beban sentris, b) Akibat beban di tepi.



Gambar 6.4 Nomogram untuk hitungan Sistem Pelat Terpaku tanpa pelat penutup tepi pada beban 10 kN di tengah.



Gambar 6.5 Nomogram untuk hitungan Sistem Pelat Terpaku tanpa pelat penutup tepi pada beban 10 kN di tepi.

6.4.1 Limitasi penggunaan nomogram

Nomogram perencanaan sebagaimana Gambar 6.4 dan 6.5 berlaku untuk kondisi berikut

1. Tanah dasar berupa lempung.
2. Dimensi konstruksi Pelat Terpaku adalah:
 - a. lebar pelat $B = 6,00$ m (terdapat 5 buah tiang dalam satu baris).
 - b. panjang tiang, $L_p = 1,50$ m.
 - c. diameter tiang, $D = 0,20$ m.
 - d. jarak tiang, $s = 1,20$ m.
3. Nomogram berlaku untuk zona linier-elastis hingga beban 100 kN.

6.4.2 Contoh penggunaan

Berikut diberikan contoh penggunaan nomogram tersebut di atas.

Contoh: Diketahui beban $P = 40$ kN di tengah dan kohesi *undrained* lempung lunak sebesar $c_u = 30$ kPa. Tebal pelat 15 cm. Berapa lendutan maksimum, momen lentur, dan gaya geser maksimum pelat? Apakah lendutan maksimum dalam zona aman?

Penyelesaian: Gunakan Gambar 6.4, dan dengan $c_u = 30$ kPa dan tebal pelat 15 cm, untuk beban di tengah sebesar 10 kN diperoleh:

Lendutan maksimum, $d = 0,23$ mm.

Momen lentur, $M = 1,95$ kNm/m.

Gaya geser maks., $D = 6,35$ kN/m.

Maka untuk beban $P = 40$ kN di tengah, nilai-nilai yang diperoleh dari Gambar 6.4 dikalikan dengan rasio beban, yaitu:

Lendutan maksimum, $d = (40/10) \times 0,23 \text{ mm} = 0,92 \text{ mm} < 5 \text{ mm} \dots \text{OK}$.

Momen lentur, $M = (40/10) \times 1,95 = 7,8$ kNm/m.

Gaya geser maks., $D = (40/10) \times 6,35 = 25,4$ kN/m.

Oleh karena lendutan masih dalam zona aman, maka selanjutnya dihitung kebutuhan tulangan lentur dan tulangan geser pelat. Untuk tulangan lentur dan geser dipasang dua lapis. Selanjutnya, penulangan juga dikontrol terhadap kebutuhan tulangan susut pelat sesuai dengan standar yang berlaku.

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 dan dapat disimpulkan 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 (d_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. Semakin besar diameter dan panjang tiang maka lendutan semakin berkurang. Peningkatan diameter dan panjang tiang meningkatkan kuat dukung sistem dalam memikul beban, sehingga lendutan pelat menjadi berkurang.
8. Nomogram perencanaan telah disusun dan dapat digunakan untuk keperluan praktis perancangan awal.

7.2 Saran

Berkaitan dengan kesimpulan di atas, maka dapat disarankan melanjutkan pengembangan nomogram perencanaan untuk berbagai ukuran konstruksi Pelat Terpaku lainnya, serta pelaksanaan *field trial road* untuk mempelajari kinerjanya lebih lanjut.

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 Ekuivalen 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 Ekuivalen 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., 2015a, Perilaku Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Lempung Lunak, *Disertasi*, Program Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Puri, A., 2015b, Validasi Metode Analisis Lendutan Perkerasan Sistem Pelat Terpaku Pada Model Skala Penuh Dengan Satu Baris Tiang, *Prosiding PIT XIX dan KOGEI X*, HATTI, pp. 453-464, (ISBN 978-602-17221-3-8).
- Puri, A., 2015c, Studi Parametrik Perkerasan Sistem Pelat Terpaku Pada Tanah Dasar Lunak, *Proc. 1st Annual Civil Engineering Seminar (ACES)*, pp. 305-313, (ISBN 978-979-792-636-6).
- 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 Infrastucture (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 PENELITIAN

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	Kaprodi S2 Teknik Sipil	
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
3	2015	Validasi Metode Perencanaan Perkerasan Sistem Pelat Terpaku Pada Lempung Lunak Menggunakan Metode Elemen Hingga: Tinjauan Satu Baris Tiang	Hibah Bersaing	51,5
4	2016	Studi Parametrik Perkerasan Sistem Pelat Terpaku Menggunakan Tiang Pipa (LP UIR-on going)	LP-UIR	12,0
5	2016	Kajian Pengembangan Infrastruktur Penunjang Pariwisata Riau dalam Rangka Peningkatan Daya Saing Bangsa (BALITBANG Riau-on going)	BALIT-BANG Riau	20,0

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 Pengenalan Plaxis 2D untuk Analisis Geoteknik (Angkatan 1)	Umum	5,0
4	2016	Pelatihan Pengenalan Plaxis 2D untuk Analisis Geoteknik (Angkatan 2)	LPM UIR dan Umum	8,475
5	2016	Kursus Singkat Aplikasi Plaxis 2D untuk Insinyur Geoteknik (Angkatan 3)	PMTS UIR	

E. Pengalaman Penulisan Artikel Ilmiah Dalam Jurnal

No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Vol./ Nomor	Nama Jurnal
1	2016	Effects of Vertical Wall Barrier on the Rigid Pavement Deflection of Full Scale 1-Pile Row Nailed-Slab System on Soft Sub Grade by Compression Loadings	<i>Submitted</i>	Interntl Journal of GEOMATE
2	2015	Validation the Theory of Additional Modulus of Sub Grade Reaction for Pavement of Nailed-slab System Based on Full Scale Test: Applied to	<i>Submitted</i>	IJTech

		the Full Scale Nailed-slab with 1 Pile Row		
3	2015	Validation the Theory of Additional Modulus of Sub Grade Reaction for Pavement of Nailed-slab System Based on Full Scale Test: Developing the Curve of Displacement Factor Based on Single Pile Nailed-slab	<i>submitted</i>	International Journal of Technology (IJTech)
3	2015	Validasi Metode Analisis Lendutan Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Model Skala Penuh Dengan Satu Baris Tiang	pp. 453-464, (ISBN 978-602-17221-3-8)	Prosiding PIT XIX dan KOGEI X, HATTI
4	2015	Studi Paramterik Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Dasar Lunak	pp. 305-313, (ISBN 978-979-792-636-6)	1st Annual Civil Engineering Seminar (ACES)
5	2015	Perilaku Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Dasar Lempung Lunak	pp. 7-17, (ISSN 2477-0086)	Konferensi Nasional Pascasarjana Teknik Sipil (KN PTS)
6	2015	Pull out Test of Single Pile Row Nailed-slab System on Soft Clay	pp. 62-67, (ISSN 1411-1284)	Proc. of 14 th Intl. Symp. on Quality in Research (QiR)
7	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
8	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
9	2013	Behavior of Fullscale nailed-slab System with Variation on Load Positions	pp. 26-36.	Proc. 1 st Intl. Conf. on Infrsrustructure Developtmnt (ICID)
10	2013	Penerapan Metode Analisis Lendutan Pelat Terpaku pada Model Skala Penuh dan Komparasi dengan Uji	pp. G201-G211	Prosiding Konferensi Nasional

		Pembebanan		Teknik Sipil ke-7 (KoNTekS7)
11	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
12	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 Research)
13	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
14	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
15	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
16	2011	Studi Eksperimental Lendutan Pelat yang Diperkuat Tiang-tiang Friksi Pendek pada Lempung Lunak	10-11 Februari, pp. 317-321.	Prosiding XIV HATTI

F. Pengalaman Penyampaian Makalah Secara Oral pada Pertemuan/ Seminar

No	Nama Pertemuan Ilmiah/ Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1	The 3rd Asia Future Conference (AFC)	Behavior of Uplift Resistance of Single Pile Row Nailed-slab Pavement System on Soft Clay Sub Grade	29 September-3 October 2016, Kitakyushu
2	The 1st International Conference on Technology, Innovation, and Society (ICTIS)	Differential Deflection Of Rigid Pavement Of 1-Pile Row Nailed-Slab System On Soft Clay Sub Grade Due To Repetitive Loadings	Padang, 20th -21st July 2016
3	Seminar “Dari Bengkulu untuk Indonesia: Mendorong Kemandirian Ekonomi,	Infrastruktur Jalan Beton Sistem Pelat Terpaku, Alternatif Solusi Permasalahan Jalan pada Tanah Dasar Lunak	25 April 2016, Bengkulu

	Membangun Daya Saing Bangsa”		
4	Konferensi Nasional Pascasarjana Teknik Sipil (KN PTS) ke-6	Perilaku Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Dasar Lempung Lunak	12 November 2015 Bandung
5	1st Annual Civil Engineering Seminar (ACES)	Studi Paramterik Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Lunak	20 November 2015 Pekanbaru
6	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
7	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
8	Seminar Triwulan Teknik Sipil, PPs. Univ. Islam Riau	Prospek Aplikasi Perkerasan Sistem Pelat Terpaku untuk Jalan pada Tanah Lunak	Pekanbaru, Oktober 2014
9	1 st Intl. Conf. on Developtmnt Infrsruclture (ICID)	Behavior of Fullscale nailed-slab System with Variation on Load Positions	1-3 November 2013, Surakarta
10	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
11	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
12	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
13	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
14	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	Sedyatmo Award	Program Pascasarjana Teknik Sipil ITB pada Konferensi Nasional Pascasarjana Teknik Sipil ke-6 (KNPTS)	2015
2	The Best Paper	Program Pascasarjana Teknik Sipil ITB pada Konferensi Nasional Pascasarjana Teknik Sipil ke-6 (KNPTS)	2015
3	The Best Presenter	Program Pascasarjana Teknik Sipil ITB pada Konferensi Nasional Pascasarjana Teknik Sipil ke-6 (KNPTS)	2015
4	<u>Terbaik I Anugerah Karya Ilmiah Dosen</u>	Universitas Islam Riau	2015
5	<u>Terbaik II Anugerah Karya Ilmiah Dosen</u>	Universitas Islam Riau	2005

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya.

Yogyakarta, November 2016
Ketua Peneliti,

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

Biodata Anggota Peneliti I

A. Identitas Diri

1.	Nama Lengkap (dengan gelar)	Roza Mildawati, S.T., M.T.	Perempuan
2.	Jabatan Fungsional	Asisten Ahli	
3.	Jabatan Struktural	-	
4.	NIK	13DK1102539	
5.	NIDN	1019088201	
6.	Tempat dan Tanggal Lahir	Koto Lawas, 19 agustus 1982	
7.	Alamat Rumah	Komplek Beringin Indah Jl.Selumar no 217	
8.	Nomor Telepon/Fax		
9.	Nomor HP	081290851785	
10.	Alamat Kantor	Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Jl. Kaharuddin Nasution 113 Pekanbaru	
11.	Nomor Telepon/Fax	+6276164717	
12.	Alamat e-mail	rozamildawati@gmail.com	
13.	Lulusan yang Telah Dihasilkan		
14.	Mata Kuliah yang Diampu	- Mekanika tanah II - Stab.Bangunan Penahan Tanah - Perkerasan Jalan lanjut	

B. Riwayat Pendidikan

Program:	S1	S2
Nama PT	Universitas Islam Riau	
Bidang Ilmu	Teknik Sipil	Teknik Sipil
Tahun Masuk-Lulus	Th. 2001 s/d 2006	Th. 2008 s/d 2011
Judul Skripsi/Tesis	Tinjauan Kebutuhan Air Bersih dan Pendistribusian pada Kelurahan Kampung Baru Kecamatan Senapelan Kota Pekanbaru	Pengaruh Temperatur Pada Campuran AC-WC (<i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i>) Terhadap Karakteristik Marshall
Nama Pembimbing/ Promotor	- Ir.H. Abdul Kudus Zaini, M.T. - Deddy Purnomo Retno, S.T., M.T.	- Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono, MMT. - Dr. Ir. Anwar Khatib, M.Eng.

C. Pengalaman Penelitian dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2011	Pengaruh Temperatur Pada Campuran AC-WC (<i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i>) Terhadap Karakteristik Marshall	Lembaga Penelitian Universitas Islam Riau	3,5

D. Pengalaman Pengabdian pada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Pengabdian pada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2012	Survey Road Safety Partnership Action (RSPA)	Chevron	
2	2014	Penanaman Palawija Bersama PKK Dasa Wisma Di Kelurahan Rejosari Kecamatanantenayan Raya Kota Pekanbaru	UIR	3,5
3	2014	Penyuluhan tentang Cara Pemanfaatan Sampah Menjadi Produk Yang Bernilai Guna Di Desa Buluh Cina	UIR	4
4	2015	Kosep Pariwisata berbasis Masyarakat di Desa Okura Tebing Tinggi Kecamatan Rumbai Pesisir Kota Pekanbaru	UIR	3,5

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

No	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Vol./ Nomor	Nama Jurnal
1				
2				

F. Pengalaman Penyampaian Makalah Secara Oral pada Pertemuan/ Seminar

No	Nama Pertemuan Ilmiah/ Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1	Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi (FSTPT)	Pengaruh Temperatur Pada Campuran AC-WC (<i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i>) Terhadap Karakteristik Marshall	11-13 November 2011, Pekanbaru

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya.

Pekanbaru, November 2016

Roza Mildawati, S.T., M.T.
NIK. 13DK1102539



SURAT PERJANJIAN PELAKSANAAN PENELITIAN HIBAH DIKTI
NOMOR: 304/KONTRAK/PENELITIANAN/UIR/10-2016

Pada Hari ini *Rabu* Tanggal *Dua Belas* Bulan *Oktober* Tahun *Dua Ribu Enam Belas*, Kami yang bertanda tangan di bawah ini:

1. **Dr. Evizal Abdul Kadir, ST.M.,Eng** Ketua Lembaga Penelitian Universitas Islam Riau, alamat. Jl. Kaharuddin Nasution Perhentian Marpoyan Pekanbaru, Selanjutnya disebut Pihak Pertama (Ke-I).
2. **Dr. Anas Puri, MT** Dosen Fakultas Teknik Universitas Islam Riau selanjutnya disebut pihak Kedua (Ke- II)

Kedua belah pihak secara bersama telah bersepakat membuat perjanjian pelaksanaan kegiatan penelitian dengan ketentuan sebagai berikut:

Pasal 1

Pihak Pertama dalam jabatan seperti diatas telah memberi tugas kepada pihak Kedua dan Pihak Kedua telah menerima tugas dari Pihak Pertama untuk melaksanakan kegiatan penelitian dengan judul: ***"Validasi Metode Perencanaan Sistem Pelat Terpaku Pada Lempung Lunak Menggunakan Metode Elemen Hingga."*** yang personalia penelitian diketuai oleh. **Dr. Anas Puri, MT** dengan anggota ditentukan kemudian dan kegiatan penelitian tersebut dilakukan atas usulan yang disusun Pihak Kedua.

Pasal 2

Waktu pelaksanaan penelitian tersebut dalam Pasal1 adalah 6 (enam) bulan sejak tanggal ditanda tangannya surat perjanjian ini. Apabila ada perpanjangan waktu pelaksanaan penelitian ini, maka Pihak Kedua mengajukan permintaan dan atau permohonan tertulis dengan alasan-alasan yang objektif untuk selanjutnya dipertimbangkan dan diberitahukan melalui Surat Perpanjangan waktu penelitian. Satu bulan sebelum perjanjian berakhir Pihak Kedua diharuskan menyampaikan laporan kemajuan kerja secara tertulis kepada Pihak Pertama tentang kegiatan yang dilaksanakan yang berisi persiapan pelaksanaan, pengumpulan data dan analisa data.

Pasal 3

Biaya Kegiatan penelitian seperti tersebut Pasal 1 adalah sebesar **Rp. 50.000.000,- (Lima puluh juta rupiah).**

Pasal 4

Pembayaran biaya penelitian tersebut Pasal 3 dilakukan sebagai berikut:

- a. Tahap (termin) pertama adalah 70% dari seluruh biaya dibayarkan setelah surat perjanjian ini ditanda tangani oleh kedua belah Pihak.
- b. Tahap Kedua (termin) kedua dibayar setelah Pihak Kedua menyerahkan hasil penelitiannya dan diseminarkan dalam kegiatan Seminar Hasil Penelitian yang dilaksanakan Pihak Kedua dan selanjutnya dinyatakan dengan suatu berita acara.
- c. Penggunaan biaya penelitian tersebut sepenuhnya dilaksanakn atas kebijakan Pihak Kedua dengan berpedoman kepada usulan Penelitian.

Pasal 5

Apabila Pihak Kedua tidak dapat menyelesaikan pekerjaan dalam waktu seperti tersebut dalam Pasal 2 maka Pihak Kedua dikenakan denda sebesar 1 persmil setiap hari keterlambatan dan maksimum 5% (lima persen) dari jumlah biaya penelitian.

Pasal 6

Pihak Pertama tidak bertanggung jawab terhadap segala kerugian dan atau kecelakaan yang terjadi akibat pelaksanaan penelitian ini.

Pasal 7

Apabila Pihak Pertama membatalkan perjanjian ini secara sepihak, maka Pihak Kedua berhak menuntut ganti rugi atas biaya yang telah dikeluarkannya dengan menunjukkan bukti syah.

Pasal 8

Apabila Pihak Kedua tidak dapat melaksanakan kewajibannya setelah menerima biaya penelitian, Pihak Pertama berhak menuntut ganti rugi atas biaya yang telah diberikannya dengan menunjukkan bukti syah.

Pasal 9

Pihak Kedua harus menyerahkan hasil penelitian seperti tersebut dalam Pasal 1 kepada Pihak Pertama dalam bentuk:

- h. Laporan Lengkap sebanyak 3 (tiga.) eksemplar.
- i. Sebelum Laporan Hasil Penelitian dibuat, terlebih dahulu diseminarkan di LP-UIR
- j. Draft Laporan harus disetujui/ditandatangani oleh Pihak Pertama.
- k. Laporan di jilid dengan ukuran kwarto, warna kulit hijau.
- l. Laporan ringkas (7-10) halaman kwarto 1,5 spasi untuk bahan seminar publikasi 3 eksemplar dan wajib diseminarkan dalam hasil Laporan ringkas (7-10) halaman kwarto tik 1,5 spasi untuk bahan seminar publikasi 3 eksemplar dan wajib diseminarkan dalam hasil penelitian UIR.
- m. Menyerahkan Disket/floasdisk yang berisi file lengkap hasil kegiatan.
- n. Proposal perlu mempublikasikan hasil penelitian dalam bentuk jurnal (Nasional/Internasional)

Pasal 10

Hak cipta dari hasil penelitian dipegang bersama oleh Pihak Pertama dan Pihak Kedua, sehingga pengandaan, pengedaran dan komersialisasi hasil penelitian, hanya diperkenankan atas sepengetahuan bersama.

Pasal 11

Perselisihan yang mungkin timbul dalam pelaksanaan perjanjian ini akan diselesaikan dengan cara musyawarah dan/atau dengan melalui badan arbitrase yang dibentuk bersama.

Pasal 12

Demikianlah surat perjanjian ini dibuat pada hari ini, tanggal, bulan dan tahun seperti tersebut diatas dan dibuat dalam rangkap 5 (lima), yang ditembuskan kepada Rektor Universitas Islam Riau, Dekan Fakultas dari Pihak Kedua, Kepala Biro Keuangan UIR yang sama bunyi dan kekuatannya untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.



Dr. Evizal Abdul Kadir, ST.M., Eng

PIHAK KEDUA,

Dr. Anas Puri, MT