

PROSIDING

Volume I : Geoteknik, Material, Struktur

PERAN TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN DALAM PEMBANGUNAN YANG BERKELANJUTAN

24 -26 Oktober 2013
Kampus Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36 A, Surakarta



Editor:
Yoyong Arfiadi
Sholihin As'ad

Diselenggarakan atas kerjasama:



UNS



UAJY



UPH



Unud



Trisakti



UNSOED



ITENAS

KoNTekS 7

Konferensi Nasional Teknik Sipil

PROSIDING

Volume I : Geoteknik, Material, Struktur

PERAN TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN DALAM PEMBANGUNAN YANG BERKELANJUTAN

24 -26 Oktober 2013
Kampus Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36 A, Surakarta

Editor:
Yoyong Arfiadi
Sholihin As`ad

KELOMPOK PEMINATAN GEOTEKNIK

011G	PREDIKSI PENCAIRAN TANAH AKIBAT GEMPA DI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA.....	G-1
	John T. Hatmoko ¹ dan Hendra Suryadharma ²	
012G	STUDI PARAMETER UJI KONSOLIDASI MENGGUNAKAN SEL ROWE DAN UJI KONSOLIDASI KONVENSIIONAL TANAH DAERAH BANDUNG.....	G-9
	Anastasia Sri Lestari ¹ , Florentina M. Sugianto ²	
015G	OPTIMASI PERKUATAN LERENG DENGAN MENGGUNAKAN SOIL NAIL BERDASARKAN INSTRUMENTASI GEOTEKNIK.....	G-17
	Rivai Sargawi ¹ , Endra Susila ² , Aditya Hadyan Putra ³	
016G	TINDAKAN PENCEGAHAN KEGAGALAN AKIBAT “PIPING” PADA TANGGUL PENGARAH ALIRAN SUNGAI	G-25
	Rivai Sargawi ¹ , Anton Junaidi ²	
029G	INDIKATOR BATAS CAIR TERHADAP BAHAYA LONGSORAN TANAH.....	G-33
	Budijanto Widjaja ¹ dan Shannon Hsien-Heng Lee ²	
048G	REPRESENTASI PARAMETER STATISTIK NILAI C_c MENGGUNAKAN RUMUS KORELASI EMPIRIS	G-39
	Niken Silmi Surjandari ¹	
059G	PEMANFAATAN LIMBAH PABRIK GULA (ABU AMPAS TEBU) UNTUK MEMPERBAIKI KARAKTERISTIK TANAH LEMPUNG SEBAGAI SUBGRADE JALAN.....	G-43
	Agus Susanto ¹ , Dhamis Tri Ratna Puri ² dan Jalu Choirudin ³	
068G	EVALUASI DAN KONTROL PENGARUH REMBESAN PADA DAM TAILLING WAY LINGGO, KABUPATEN TANGGAMUS.....	G-51
	Andius D. Putra ¹	
074G	STABILITAS ABUTMENT DI ATAS PONDASI SUMURAN DAN TIANG PANCANG PADA LAPISAN TANAH LEMPUNG LUNAK (STUDI KASUS JEMBATAN TODDOPPULI X MAKASSAR)	G-59
	Sitti Hijraini Nur ¹ , Abd. Rahman Djamaluddin ² dan Muhammad Zeid ³	
084G	KUAT GESER DAN KUAT TARIK BELAH TANAH LEMPUNG YANG DISTABILISASI DENGAN LIMBAH KARBIT DAN ABU SEKAM PADI.....	G-69
	Willis Diana	
109G	KAJIAN KESTABILAN TUBUH WADUK RUKOH KECAMATAN TITIEU KEUMALA KABUPATEN PIDIE	G-77
	Devi Sundary ¹ dan Azmeri ¹	
116G	ATTENUATION ANALYSIS ON SOIL STRUCTURE BASED ON WAVELET SPECTROGRAM	G-83
	Sri Atmaja P. Rosyidi	
126G	STUDI KAPASITAS DUKUNG PONDASI LANGSUNG DENGAN ALAS PASIR PADA TANAH KELEMPUNGAN YANG DIPERKUAT LAPISAN GEOTEKSTIL.....	G-91
	M. Iskandar Maricar ¹	
133G	KORELASI NILAI N-SPT DENGAN PARAMETER KUAT GESER TANAH UNTUK WILAYAH JAKARTA DAN SEKITARNYA.....	G-99
	Desiana Vidayanti ¹ , Pintor T Simatupang ² , Sido Silalahi ³	

147G	PREDIKSI KEDALAMAN DAN BENTUK BIDANG LONGSORAN PADA LERENG JALAN RAYA SEKARAN GUNUNGPATI SEMARANG BERDASARKAN PENGUJIAN SONDIR.....	G-109
	Hanggoro Tri Cahyo A. ¹ , Untoro Nugroho ¹ , dan Mego Purnomo ¹	
148G	PENGARUH METODE KONSTRUKSI PONDASI SUMURAN TERHADAP KAPASITAS DUKUNG VERTIKAL.....	G-117
	Marti Istiyaningsih ¹ , Endah Kanti Pangestuti ² dan Hanggoro Tri Cahyo A. ²	
150G	POLA PENURUNAN STRUKTUR PELAT LANTAI GUDANG RETAIL PADA TANAH LUNAK DI KAWASAN INDUSTRI WIJAYAKUSUMA SEMARANG	G-125
	Himawan Indarto ¹ dan Hanggoro Tri Cahyo A. ²	
157G	PEMANFAATAN RERUNTUHAN BANGUNAN PASCA GEMPA UNTUK MEMPERBAIKI TANAH LEMPUNG SEBAGAI SUBGRADE JALAN	G-133
	Andriani ¹ , Rina Yuliet ² dan Tri Desrimaya ³	
158G	PERILAKU FONDASI TIANG BOR KELOMPOK DENGAN MODEL ELEMEN HINGGA 2D DAN 3D	G-141
	Agus Setyo Muntohar ¹ , Fadly Fauzi ²	
172G	PEMANFAATAN LIMBAH KARBIT UNTUK MENINGKATKAN NILAI CBR TANAH LEMPUNG DESA COT SEUNONG.....	G-151
	Nafisah Al-Huda ¹ , dan Hendra Gunawan ²	
178G	ANALISIS NUMERIK STABILITAS LERENG DENGAN DRAINASE HORIZONTAL KARENA RAPID DRAWDOWN UNTUK BERBAGAI KEMIRINGAN	G-157
	M. Farid Ma'ruf ¹	
209G	RETAK HIDROLIS PADA BENDUNGAN URUGAN BATU; FAKTOR PENYEBAB DAN CARA UNTUK MENGHINDARINYA.....	G-165
	D. Djarwadi ¹ , K.B. Suryolelono ² , B. Suhendro ² dan H.C. Hardiyatmo ²	
214G	PRAKIRAAN NILAI KUAT GESER TANAH LUNAK BERDASARKAN PENGUJIAN MACKINTOSH PROBE	G-175
	Ferry Fatnanta ¹ , Soewignjo Agus Nugroho ² dan Hawmar Rosyida ³	
225G	EVALUASI PERGERAKAN DINDING PENAHAN TANAH PELAKSANAAN GALIAN DALAM PADA TANAH LUNAK DI JAKARTA	G-183
	Ruwaida Zayadi	
257G	ANALISIS KESTABILAN LERENG BERDASARKAN INTEGRASI DATA GEOFISIKA TAHANAN BATUAN DAN GEOTEKNIK N-SPT	G-193
	Ardy Arsyad ¹ , Tri Harianto ¹ , Lawalenna Samang ¹ , Wahniar Hamid ² , Ronald Angi ¹	
274G	PENERAPAN METODE ANALISIS LENDUTAN PELAT TERPAKU PADA MODEL SKALA PENUH DAN KOMPARASI DENGAN UJI PEMBEBANAN.....	G-201
	Anas Puri ¹ , Hary C. Hardiyatmo ² , Bambang Suhendro ² , dan Ahmad Rifa'i ²	

KELOMPOK PEMINATAN MATERIAL

009M	KAJIAN INTERVAL RASIO AIR-POWDER BETON SELF-COMPACTING TERKAIT KINERJA KEKUATAN DAN FLOW	M-1
	Bernardinus Herbudiman ¹ , dan Sofyan Ependi Siregar ²	
020M	PERBANDINGAN KEKUATAN BETON BERDASARKAN HASIL <i>ULTRASONIC PULSE VELOCITY TEST</i> DENGAN UJI TEKAN	M-9
	Happy Silvana Anggraeni ¹ , Eddy Eko Susilo ² , dan Sonny Wedhanto ³	
021M	PENGARUH PENGGUNAAN SERAT POLYPROPYLENE DAN MICRO STEEL FIBER PADA KETAHANAN API DARI ULTRA HIGH PERFORMANCE CONCRETE (UHPC) UNTUK BANGUNAN INFRASTRUKTUR.....	M-17
	Harianto Hardjasaputra ¹ , Vera Indrawati ² , Indra Djohari ³	
028M	KARAKTERISTIK BLOK BAHAN PASANGAN DINDING DARI BONGKARAN ASPAL LAMA DENGAN ASPAL SEBAGAI PEREKAT	M-25
	I Nyoman Arya Thanaya ¹ , A.A. Gede Sutapa ² dan Raindra Priawan ³	
038M	KONSISTENSI DAN KUAT TEKAN MORTAR YANG MENGGUNAKAN AIR LAUT SEBAGAI MIXING WATER	M-33
	Erniati ^{1*} , M. Wihardi Tjaronge ² , Rudy Djamaluddin ³ dan Victor Sampebulu ⁴	
064M	KAJIAN PERILAKU LENTUR PELAT KERAMIK BETON (KERATON).....	M-39
	Hazairin ¹ , Bernardinus Herbudiman ² dan Mukhammad Abduh Arrasyid ³	
067M	PERILAKU LEKATAN TULANGAN ULIR TERHADAP MATERIAL SCC	M-47
	A. Arwin Amiruddin ¹	
072M	RESPON TEGANGAN-REGANGAN BETON BERSERAT GONI PADA SUHU TINGGI	M-55
	Antonius ¹	
096M	KONSISTENSI DAN KUALITAS PERMUKAAN SCC AKIBAT PERBEDAAN UKURAN MAKSIMUM AGREGAT DAN KANDUNGAN PASIR.....	M-63
	Sholihin As'ad ¹ , Wibowo ² dan Endah Safitri ³	
103M	PENGARUH PENGGUNAAN BONE ASH DAN RICE HUSK ASH TERHADAP SIFAT MEKANIS PASTA SEMEN	M-71
	M. Samsul Anam ¹⁾ , Wawan Trianto ²⁾	
105M	PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH PLASTIK POLIPROPILENA SEBAGAI PENGANTI AGREGAT PADA CAMPURAN LASTON TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL	M-81
	Anita Rahmawati ¹ dan Rama Rizana ²	
108M	STUDI PENGGUNAAN SERAT IJUK SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA ASPAL POROUS LIQUID ASBUTON.....	M-89
	Nur Ali ¹	
117M	KUAT TEKAN DAN ANGKA POISSON BAMBU PETUNG LAMINASI.....	M-97
	Nor Intang Setyo H. ¹ , Iman Satyarno ² , Djoko Sulistyono ² dan T.A. Prayitno ³	
120M	KUAT LEKAT (<i>BOND STRENGTH</i>) ANTARA TULANGAN DENGAN BETON BUSA (<i>FOAMED CONCRETE</i>)	M-105
	Mochammad Afifuddin ¹ , dan Abdullah ¹	

122M	KAJIAN EKSPERIMENTAL DAMPAK GENANGAN AIR HUJAN TERHADAP STRUKTUR ASPHAL PAVEMENT (STUDI KASUS RUAS JALAN DR. WAHIDIN SUDIRO HUSODO KOTA MAKASSAR).....	M-113
	Firdaus Chairuddin ¹ ; Wihardi Tdaronge ² ; Muhammad Ramli ³ ; Johannes Patanduk ⁴	
141M	PEMANFAATAN LIMBAH ASBES UNTUK PEMBUATAN BATAKO	M-123
	Setiyo Daru Cahyono ¹ dan Rosyid Kholilur Rohman ²	
155M	KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER DENGAN BAHAN UTAMA BUBUK LUMPUR LAPINDO DAN KAPUR.....	M-129
	As'at Pujianto ¹ , Anzila NA ² , Martyana DC2, dan Hendra ²	
156M	DETEKSI TINGKAT KEPADATAN LABORATORIUM LASTON MENGGUNAKANANALISIS GELOMBANG SEISMIC PRIMER.....	M-137
	Sri Atmaja P. Rosyidi ¹ , Anita Rahmawati ² dan Indra Ariani ³	
186M	STUDI PENAMBAHAN ABU BATUBARA SEBAGAI FILLER PADA CAMPURAN BERASPAL.....	M-145
	Syaiful ¹ , Setiana Mulyawan ²	
190M	PENGARUH PENAMBAHAN SERAT SENG PADA BETON RINGAN DENGAN TEKNOLOGI FOAM TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK, DAN MODULUS ELASTISITAS	M-153
	Purnawan Gunawan ¹ , Slamet Prayitno ² , dan Aroma Isman Abdul Majid ³	
193M	KINERJA PELAKSANAAN PEKERJAAN DINDING MORTAR COR DITEMPAT DI LAPANGAN.....	M-161
	Swadiryus Suhendi ¹ , Deni Setiawan ² , Yosafat Aji Pranata ³	
200M	USE OF ELECTRIC-ARC FURNACE DUST (EAFD) AS A STABILIZER FOR MIXER DRUM WASH WATER.....	M-169
	Suwito ¹	
202M	PENGUNAAN LIMBAH BUBUR KERTAS DAN FLY ASH PADA BATAKO	M-177
	Angelina Eva Lianasari ¹ , Sondang Dwiputra Pading ²	
203M	PENGARUH SUHU PEMBAKARAN TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON FLY ASH DENGAN PENAMBAHAN WATER REDUCER.....	M-185
	Angelina Eva Lianasari ¹ , Sabdo Tri Manggolo ² , Randy Kristovandy Tanesia ³	
204M	PENGARUH PENAMBAHAN KARET SOL PADA BETON ASPAL YANG TERENDAM AIR LAUT.....	M-191
	JF Soandrijanie L ¹ dan Andri Kurniawan ²	
205M	PENGARUH POLYPROPYLENE TERHADAP STABILITAS DAN NILAI MARSHALL LASTON	M-199
	JF Soandrijanie L ¹ dan Wahyu Ari Purnomo ²	
226M	STUDI EKSPERIMENTAL MENGENAI SIFAT SEGAR DARI BETON MEMADAT MANDIRI YANG MENYERTAKAN FLY ASH DALAM VOLUME TINGGI.....	M-207
	Sunarmasto ¹ , Stefanus A Kristiawan ² , Achmad Basuki ³ and Nicken A Putri ⁴	
228M	STUDI KOMPARASI PENGARUH NANOSILIKA ALAM DAN NANOSILIKA KOMERSIL TERHADAP BETON.....	M-215
	Jonbi ¹ , Anang Kristianto ² dan A.R. Indra Tjahjani ³	

232M	PENGARUH VOLUME SERAT LOKAL TERHADAP KEKUATAN LENTUR REACTIVE POWDER CONCRETE	M-221
	Widodo Kushartomo ¹ , FX Supartono ² dan Kuncoro Djati Widagdo ³	
236M	PENGARUH BAHAN HASIL MODIFIKASI POLIETILEN TERHADAP KARAKTERISTIK BETON NORMAL	M-227
	Resmi Bestari Muin ¹ , Hasnah Muin ²	
250M	KUAT LENTUR DAN PERILAKU LANTAI KAYU DOUBLE STRESS SKIN PANEL	M-235
	Johannes Adhijoso Tjondro ¹ , Fina Hafnika ²	
251M	KUAT LENTUR DAN PERILAKU BALOK PAPAN KAYU LAMINASI SILANG DENGAN PEREKAT	M-241
	Johannes Adhijoso Tjondro ¹ dan Benny Kusumo ²	
252M	KUAT LENTUR DAN PERILAKU BALOK PAPAN KAYU LAMINASI SILANG DENGAN PAKU	M-247
	Johannes Adhijoso Tjondro ¹ , Altho Sagara ² dan Stephanus Marco ²	
253M	KINERJA LABORATORIUM DARI CAMPURAN BETON ASPAL LAPIS AUS (AC-WC) MENGGUNAKAN ASPAL MODIFIKASI POLIMER NEOPRENE.....	M-253
	Eri Susanto Hariyadi ¹ , Bambang Sugeng Subagio ¹ dan Ruli Koestaman ¹	
265M	TEST X-RAY TOMOGRAPHY PERMEABLE ASPHALT PAVEMENT MENGGUNAKAN BATU DOMATO SEBAGAI COARSE AGGREGATE DENGAN BAHAN PENGIKAT BNA-BLEND PERTAMINA	M-263
	Firdaus Chairuddin ¹ ; Wihardi Tdaronge ² ; Muhammad Ramli ³ ; Johannes Patanduk ⁴	
268M	PERBANDINGAN KARAKTER ASPAL PORUS MENGGUNAKAN AGGREGATE GRAVEL DAN KERIKIL MERAPI DENGAN AGGREGATE KONVENSIIONAL	M-271
	Agus Sumarsono ¹ , Sri Widyastuti ² dan Ary Setyawan ³	
269M	EKSTRAKSI ASBUTON MENGGUNAKAN METODE ASBUTON EMULSI	M-277
	Djoko Sarwono ¹ , Didit Cahya Utama ² , Ary Setyawan ³	
270M	LIMBAH VULKANISIR BAN SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN STRESS ABSORPTION MEMBRANE INTER LAYERS	M-283
	Djumari ¹ , Muhamad Ansori ² dan Ary Setyawan ³	
275M	CAMPURAN SERBUK GERGAJI, SERBUK KETAM DAN SERBUK AMPLASAN KAYU JATI DENGAN PEREKAT RESIN DAN HARDENER SEBAGAI BAHAN PERBAIKAN KAYU	M-291
	Achmad Basuki ¹	
276M	RESISTENSI BETON MEMADAT MANDIRI YANG MENGANDUNG FLY ASH TINGGI TERHADAP SERANGAN ASAM SULFAT	M-297
	Stefanus A Kristiawan ¹ , Fatkulloh ² dan Kartika Adrianingtyas ³	

KELOMPOK PEMINATAN STRUKTUR

001S	PENGUNAAN <i>ARTIFICIAL NEURAL NETWORK</i> UNTUK PREDIKSI TEGANGAN PADA BALOK KASTELA HEKSAGONAL BENTANG 1 METERS- 1 Ahmad Muhtarom ¹
017S	LEKAT-GESER PERMUKAAN BETON DENGAN <i>LIPS CHANNEL</i>S- 9 Andang Widjaja ¹ , dan Nuroji ²
027S	PENGARUH KELANGSINGAN PORTAL BAJA TERHADAP EFEKTIVITAS DAM (<i>DIRECT ANALYSIS METHOD</i>) DIBANDING METODE LAMA (KL/R).....S- 17 Wiryanto Dewobroto dan Eddiek Ruser
033S	STUDI NUMERIK PENINGKATAN KINERJA STRUKTUR BAJA ECCENTRICALLY BRACED FRAME TYPE-D DENGAN MODIFIKASI PENGAKU BADAN LINK GESER.....S- 25 Kurdi ¹ , Bambang Budiono ² dan Yurisman ³
034S	PERKUATAN KOLOM BETON BERTULANG DENGAN <i>GLASS FIBER</i> <i>JACKET</i> UNTUK MENINGKATKAN KAPASITAS BEBAN AKSIALS- 33 Johanes Januar Sudjati ¹ , Hastu Nugroho ² dan Paska Garien Mahendra ³
036S	PERILAKU ELEMEN BETON SANDWICH TERHADAP PENGUJIAN GESER MURNI.....S- 39 Firdaus
040S	PENGARUH PENGGUNAAN WIRE ROPE SEBAGAI PERKUATAN LENTUR TERHADAP KEKUATAN DAN DAKTILITAS BALOK BETON BERTULANG TAMPANG TS- 47 Anggun Tri Atmajayanti ¹ , Iman Satyarno ² , Ashar Saputra ³
042S	ANALISIS DIAGRAM INTERAKSI KOLOM PADA PERENCANAAN KOLOM PIPIH BETON BERTULANG.....S- 53 Richard Frans ¹ , Frits Thioriks ² , Jonie Tanijaya ³ dan Hendry Tanoto Kalangi ⁴
046S	PENGEMBANGAN PROGRAM BERBASIS <i>OPEN SOURCE</i> REALIN UNTUK ANALISIS STRUKTURS- 61 Yoyong Arfiadi ¹
050S	PENILAIAN KEANDALAN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG EKSISTING: PERATURAN DAN IMPLEMENTASINYA.....S- 69 Wahyu Wuryanti ¹
051S	ANALISIS LENTUR PELAT SATU ARAH BETON BERTULANG BERONGGA BOLA MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA NON LINIER.....S- 77 Dinar Gumilang Jati
053S	PENGUNAAN RANTING BAMBU ORI (<i>BAMBUSA ARUNDINACEA</i>) SEBAGAI KONEKTOR PADA STRUKTUR TRUSS BAMBUS- 85 Astuti Masdar ¹ , Zufrimar ³ , Noviarti ² dan Desi Putri ³
057S	PERILAKU MEKANIK SAMBUNGAN STRUKTUR BAMBU LAMINASI MENGGUNAKAN PELAT DAN BAUT.....S- 91 IGL Bagus Eratodi ¹ , Andreas Triwiyono ² , Ali Awaludin ³ dan TA Prayitno ⁴
070S	EXPERIMENTAL STUDY ON CONFINED CONCRETE OF THIN COLUMN SECTIONSS- 99 Ketut Sudarsana ¹

090S	PRILAKU MEKANIK BALOK BETON BERTULANG BERAGREGAT LIMBAH STYROFOAM	S- 107
	Yasser ¹ , Herman Parung ² , M. Wihardi Tjaronge ³ dan Rudy Djamaluddin ⁴	
104S	PERILAKU HUBUNGAN BALOK-KOLOM EKSTERIOR BETON NORMAL, MUTU TINGGI, & BUBUK REAKTIF DENGAN BEBAN LATERAL SIKLIK	S- 115
	Pio Ranap Tua Naibaho ¹ , Bambang Budiono ² , Awal Surono ³ dan Ivindra Pane ⁴	
111S	KAJIAN ALIRAN ANGIN PERMUKAAN TERHADAP STABILITAS AERODINAMIK LANTAI JEMBATAN BENTANG PANJANG.....	S- 123
	Sukamta ¹	
131S	ANALISIS GETARAN NON LINEAR PADA STRUKTUR DENGAN PERPINDAHAN BESAR	S- 131
	Anwar Dolu	
137S	PROTEKSI SEISMIK DENGAN <i>METALLIC DAMPER</i> UNTUK BANGUNAN TINGKAT RENDAH SAMPAI SEDANG.....	S- 141
	Junaedi Utomo ¹ , Dyah Kusumastuti ² , Muslinang Moestopo ³ dan Adang Surahman ⁴	
160S	PERILAKU LENTUR BALOK BETON DENGAN PERKUATAN BAMBU PETUNG DAN PEREKAT BERBAHAN DASAR SEMEN	S- 149
	Yanuar Haryanto ¹ , Nanang Gunawan Wariyatno ² dan Gathot Heri Sudibyo ³	
161S	PEMANFAATAN BETON SERAT ANYAMAN KAWAT SEBAGAI PERKUATAN METODE <i>PREPACKED CONCRETE</i> PADA BALOK BETON BERTULANG	S- 157
	Nanang Gunawan Wariyatno ¹ , Yanuar Haryanto ²	
166S	STUDI PERBANDINGAN PERSYARATAN LUAS TULANGAN PENGEKANG KOLOM PERSEGI PADA BEBERAPA PERATURAN DAN USULAN PENELITIAN	S- 163
	Anang Kristianto ¹ dan Iswandi Imran ²	
170S	KOLOM KANAL C GANDA BERPENGISI BETON RINGAN DENGAN BEBAN EKSENTRIK.....	S-171
	Ade Lisantono ¹ , Bonaventura Henrikus Santoso ² dan Rony Sugianto ³	
171S	KONSTRUKSI PONDASI TAPAK DAN SLOOF PADA STRUKTUR BAWAH RUMAH SEDERHANA SATU LANTAI.....	S-179
	Sentosa Limanto ¹ , Johanes I. Suwono ² , Danny Wuisan ³ dan Christian Raharjo ³	
175S	PENGARUH LIMBAH MARMER SEBAGAI BAHAN PENGISI PADA BETON.....	S-185
	Istiqomah ¹ dan Shanti kurnia ²	
182S	PENGARUH TULANGAN CRT DAN TULANGAN BJTD PADA KOMPONEN LENTUR DENGAN MUTU BETON F'_{C} 24,52 MPA.....	S-191
	Eri Andrian Yudianto, Sudiman Indra	
189S	ANALISIS GAYA GEMPA RENCANA PADA STRUKTUR BERTINGKAT BANYAK DENGAN METODE DINAMIK RESPON SPEKTRA.....	S-201
	Restu Faizah ¹ dan Widodo ²	
192S	PEMODELAN METODE ELEMEN HINGGA NONLINIER DINDING PANEL GEWANG LAMINASI 2D TERHADAP BEBAN LATERAL	S-209
	IB Gede Putra Budiana ¹ , Yosafat Aji Pranata ²	

195S	KINERJA HUBUNGAN BALOK KOLOM (HBK) BETON BERTULANG DENGAN BAHAN BETON BERSERAT BAJA DRAMIX DAN FLY ASH PADA PEMBEBANAN STATIK.....	S-219
	Edy Purwanto ¹ , Bambang Santosa ¹	
198S	PENGARUH MODIFIKASI TULANGAN BAMBU GOMBONG TERHADAP KUAT CABUT BAMBU PADA BETON	S-229
	Herry Suryadi ¹ , Matius Tri Agung ² , dan Eigya Bassita Bangun ²	
199S	EFEK <i>SOFT STOREY</i> PADA RESPON DINAMIK STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG TINGKAT TINGGI.....	S-237
	Antonius ¹ dan Aref Widhianto ²	
207S	MODEL BALOK BETON BERTULANGAN BAMBU SEBAGAI PENGANTI TULANGAN BAJA	S-245
	Agus Setiya Budi ¹ , Kusno Adi Sambowo ² dan Ira Kurniawati ³	
208S	KUAT LEKAT TULANGAN BAMBU WULUNG DAN PETUNG TAKIKAN PADA BETON NORMAL	S-253
	Agus Setiya Budi ¹ , Sugiyarto ²	
210S	PEMODELAN ELEMEN HINGGA NONLINIER TUMPUAN TIANG-PONDASI RUMAH ADAT TRADISIONAL AMMU HAWU.....	S-261
	I Ketut Suwantara ¹ , Yosafat Aji Pranata ²	
215S	KAJIAN KINERJA STRUKTUR RANGKA BRESING V-TERBALIK EKSENTRIK DAN KONSENTRIK	S-269
	Made Sukrawa, Ida Bagus Dharma Giri, I Made Astarika Dwi Tama	
217S	STUDI PERBANDINGAN RESPON SPEKTRA KOTA TARUTUNG BERDASARKAN SNI 03-1726-2002 DAN SNI 1726:2012 UNTUK EVALUASI PELAKSANAAN BANGUNAN TAHAN GEMPA.....	S-277
	Meassa Monikha Sari	
224S	APLIKASI SPACE FRAME PADA BANGUNAN COAL YARD.....	S-285
	Johannes Tarigan ¹ , Adi Yesaya Sukatendel ²	
230S	PANJANG EFEKTIF UNTUK TEKUK TORSI LATERAL BALOK BAJA DENGAN PENAMPANG I.....	S-293
	Paulus Karta Wijaya ¹	
233S	PERBANDINGAN SPEKTRA DESAIN BEBERAPA KOTA BESAR DI INDONESIA DALAM SNI GEMPA 2012 DAN SNI GEMPA 2002	S-299
	Yoyong Arfiadi ¹ dan Iman Satyarno ²	
237S	ANALISIS MODIFIKASI TUMPUAN KUDA-KUDA ATAP UTAMA (MAIN RAFTER) BENTANG 60,00 M. PROYEK TERMINAL BANDARA SEPINGGAN BALIKPAPAN.....	S-307
	Agus Sugianto ¹ dan Andi Marini Indriani ²	
238S	PENGARUH PASIR TERHADAP PENINGKATAN RASIO REDAMAN PADA PERANGKAT KONTROL PASIF	S-315
	Daniel Christianto ¹ , Yuskar Lase ² dan Yeospitta ³	
240S	EFEK BERBAGAI JARAK EXTERNAL CONFINEMENT TERHADAP DEFORMABILITY BETON.....	S-321
	Endah Safitri ¹ , Nuroji ² , Antonius Mediyanto ³	

242S	KAJIAN TEKUK LATERAL TORSI BALOK TINGGI BERPENGAHU VERTIKAL DENGAN MENGGUNAKAN CARA HUGHES DAN MA	S-327
	Sri Tudjono	
244S	STUDI SIMULASI NUMERIK KESEHATAN JEMBATAN RANGKA WARREN DENGAN UJI VIBRASI.....	S-333
	Jack Widjajakusumadan Filly Wiliany Limbunan	
246S	KAJIAN ANALITIK PENGARUH RAMBATAN ENERGI GEMPA TERHADAP PERILAKU BENTURAN GEDUNG	S-339
	Halwan Alfisa S ¹ dan Sigit Darmawan ²	
254S	STUDI EFFECTIVE TORSIONAL CONSTANT UNTUK BERBAGAI PROFIL STUDI KASUS PROFIL GUNUNG GARUDA.....	S-347
	Kamaludin	
266S	PERILAKU BATANG LANGSING KOMPOSIT MENGGUNAKAN BAHAN CONCRETE-FILLED STEEL TUBE (CFT) PADA APLIKASI BEBAN TEKAN	S-359
	Wibowo ¹ , AP Rahmadi ² , Purnawan Gunawan ³ , Dimas Ahmad AM ⁴ dan Sholicin ⁵	

Kelompok Peminatan Geoteknik

PENERAPAN METODE ANALISIS LENDUTAN PELAT TERPAKU PADA MODEL SKALA PENUH DAN KOMPARASI DENGAN UJI PEMBEBANAN (274G)

Anas Puri¹, Hary C. Hardiyatmo², Bambang Suhendro², dan Ahmad Rifa'i²

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Riau (UIR), Jl. Kaharuddin Nasution 113 Pekanbaru
Kandidat Doktor Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta 55281
Email: anaspuri@yahoo.com

²Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika 2 Kompleks UGM,
Bulak Sumur, Yogyakarta 55281, E-mail: harychristady@yahoo.com;
bbsuhendro@yahoo.com; ahmad.rifai@tsipil.ugm.ac.id

ABSTRAK

Sistem Pelat Terpaku bukanlah metode perbaikan tanah melainkan salah satu alternatif metode meningkatkan kinerja perkerasan kaku pada tanah lunak. Tiang-tiang yang dipasang di bawah pelat berfungsi sebagai pengaku pelat sehingga beban dapat disebar lebih luas ke tanah lunak. Selain itu, tiang berfungsi pula sebagai angkur yang akan membuat pelat tetap kontak dengan tanah sehingga *pumping* dapat dihindari dan durabilitas perkerasan menjadi lebih panjang. Pada makalah ini disajikan perhitungan semi-manual pada perencanaan skala penuh Pelat Terpaku dan selanjutnya divalidasi dengan hasil uji pembebanan. Untuk menghitung lendutan pelat digunakan teori balok di atas fondasi elastis dengan menggunakan modulus reaksi *subgrade* ekuivalen. Hasil hitungan lendutan ini dibandingkan dengan hitungan metode elemen hingga dan pengamatan. Dapat disimpulkan bahwa metode penentuan tambahan modulus reaksi *subgrade* dan modulus reaksi *subgrade* ekuivalen dapat digunakan untuk perencanaan Pelat Terpaku dengan hasil desain pada zona aman, lebih praktis dalam penggunaannya, dan tidak memakan banyak waktu.

Kata kunci: Pelat Terpaku, lendutan, modulus reaksi *subgrade*

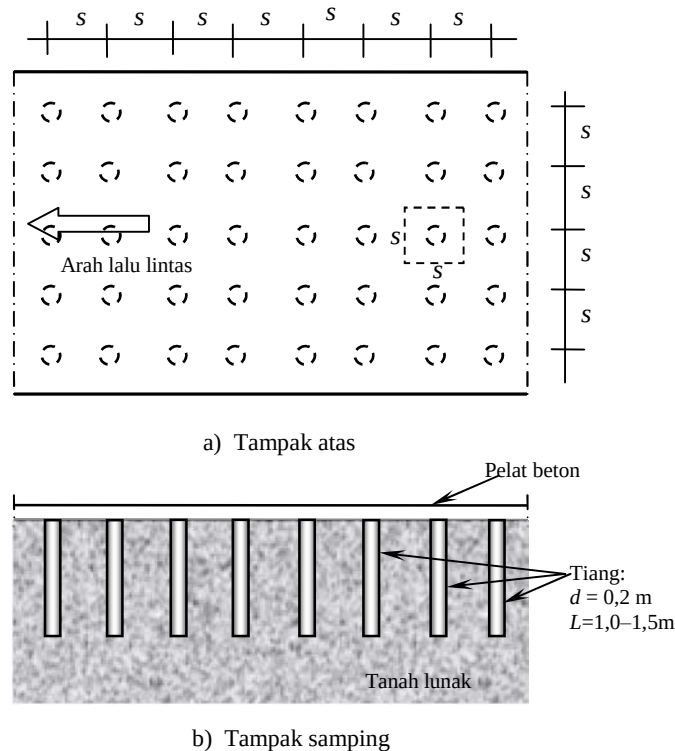
1. PENDAHULUAN

Sistem Pelat Terpaku (Nailed-slab System) merupakan salah satu alternatif solusi untuk mengatasi permasalahan konstruksi jalan yang melalui tanah lunak. Sistem ini terdiri atas pelat beton bertulang dan tiang-tiang mikro yang dipasang di bawah pelat tersebut. Hubungan pelat dan tiang dibuat monolit. Pada bagian kedua ujung pelat dapat pula diperkuat dengan pelat koperan (*vertical concrete wall barrier*) yang fungsi utamanya untuk mereduksi lendutan akibat beban di pinggir perkerasan. Sistem ini direkomendasikan menggunakan *pile cap* tipis (tebal 12 cm hingga 25 cm), dan penggunaan *pile cap* tipis akan menguntungkan bagi tanah lunak (Hardiyatmo dan Suhendro, 2003). 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*. Tipikal konstruksi Sistem Pelat Terpaku seperti Gambar 1. Tiang-tiang dipasang berbaris pada arah lebar dan panjang jalan (Gambar 1a). Tiang-tiang tersebut berada di bawah pelat beton bertulang dan hubungan pelat dan tiang dibuat monolit (Gambar 1b). Sejumlah studi tentang sistem ini meliputi studi analitis dan model laboratorium (Hardiyatmo, 2008, 2009, 2011; Taa, 2010; Puri, et.al., 2011a, 2011b, 2012a, 2012b, 2013a, 2013b), dan skala 1:1 namun terbatas pada tiang tunggal untuk lempung kaku (Nasibu, 2009; Dewi, 2009), dan uji skala penuh (Puri, et.al., 2013c), namun belum ada aplikasi lapangan. Perlu digaris-bawahi di sini, bahwa Sistem Pelat Terpaku bukanlah metode perbaikan tanah melainkan salah satu alternatif metode meningkatkan kinerja perkerasan kaku pada tanah lunak. Tiang-tiang yang dipasang di bawah pelat berfungsi sebagai pengaku pelat sehingga beban dapat disebar lebih luas ke tanah lunak (Puri, et.al., 2013c). Selain itu, tiang berfungsi pula sebagai angkur (Hardiyatmo, 2008; Puri, et.al., 2011a, 2013c) yang akan membuat pelat tetap kontak dengan tanah sehingga *pumping* dapat dihindari dan durabilitas perkerasan menjadi lebih panjang.

Cara analisis Sistem Pelat Terpaku untuk perancangan tebal perkerasan kaku berdasarkan uji tiang tunggal, metode analisis lendutan pelat fleksibel menggunakan modulus reaksi *subgrade* ekuivalen, dan metode penentuan modulus reaksi tanah dasar ekuivalen yang didasarkan pada uji tiang tunggal telah diusulkan oleh Hardiyatmo (2008; dan 2009). Modulus reaksi tanah dasar ekuivalen adalah modulus reaksi akibat adanya tiang-tiang beserta pelat. Nilai modulus reaksi tanah dasar ekuivalen (k') ini diperoleh dengan menjumlahkan nilai modulus reaksi *subgrade* tanah (k) dan nilai tambahan modulus reaksi dari tiang tunggal (Δk). Hardiyatmo (2011) mengusulkan metode penentuan

tambahan modulus Δk . Puri, et.al. (2012b) menyederhanakan metode yang diusulkan oleh Hardiyatmo tersebut dengan mempertimbangkan penurunan izin dari perkerasan.

Pada makalah ini akan disajikan perhitungan semi-manual pada perencanaan pendahuluan (*preliminary design*) skala penuh Pelat Terpaku dan selanjutnya divalidasikan dengan hasil uji pembebanan. Perhitungan semi-manual tersebut didukung pula dengan hitungan metode elemen hingga. Diharapkan diperoleh kesesuaian antara metode hitungan perencanaan dengan perilaku yang terjadi di lapangan, dan dapat pula dijadikan bahan evaluasi untuk penyempurnaan metode hitungan tersebut di masa datang.



Gambar 1. Tipikal perkerasan kaku menggunakan Sistem Pelat Terpaku (Hardiyatmo, 2008)

2. MODULUS REAKSI SUBGRADE EKIVALEN

Koefisien reaksi tanah dasar arah vertikal (k_v) dapat digunakan dalam hitungan lendutan. Koefisien ini ditentukan sebagai tekanan fondasi (q) yang dibagi dengan penurunan yang bersesuaian (δ) dari tanah di bawahnya. Dengan kata lain, reaksi tanah dasar tidak lain adalah distribusi reaksi tanah (q) di bawah struktur fondasi rakit guna melawan beban fondasi. Selanjutnya modulus reaksi *subgrade* (k) ditentukan dengan cara mengalikan nilai koefisien tersebut (k_v) dengan lebar pelat (B). Reaksi *subgrade* terdistribusi tidak linier akibat beban merata fondasi. Pada lempung, distribusi reaksi tanah berbentuk cembung dengan reaksi maksimum di sekitar pinggir fondasi dan reaksi yang lebih kecil pada tengah-tengah fondasi.

Pada Sistem Pelat Terpaku, pendekatan penentuan modulus reaksi *subgrade* ekuivalen ditentukan sebagai (Hardiyatmo, 2011; Dewi, 2009; Puri, et.al., 2011b, 2012a):

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

Dimana k : modulus reaksi *subgrade* dari tanah (kN/m^3) dan Δk : tambahan modulus reaksi *subgrade* karena adanya tiang (kN/m^3).

Dengan mempertimbangkan tiang tunggal yang terhubung dengan pelat lingkaran yang berada di atas tanah, Hardiyatmo (2011) mengusulkan Persamaan (2) untuk penentuan nilai Δk .

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

Dimana δ_0 : perpindahan relatif antara tanah dan tiang (m), δ : defleksi pada permukaan pelat (m), A_s : luas selimut tiang (m^2), s : jarak antar tiang (m), a_d : faktor adhesi (non-dimensional), c_u : kohesi *undrained* (kN/m^2), p_0 : tekanan *overburden* efektif rerata sepanjang tiang (kN/m^2), K_d : koefisien tekanan tanah lateral tanah di sekitar tiang, dan ϕ_d : sudut gesek antara tanah-tiang ($^\circ$).

Hardiyatmo (2011) juga telah memberikan hubungan antara δ_0/δ dan defleksi pelat dari model tiang berdiameter 4 cm. Hasil analisisnya menunjukkan bahwa defleksi prediksi cenderung *over-estimate* pada beban sentris, dan *under-estimate* pada beban ujung (*edge load*). Mengacu pada Puri, et.al. (2011b) bahwa secara umum defleksi prediksi sedikit *under estimate* dibandingkan dengan defleksi pengamatan. Metode Hardiyatmo (2011) menggunakan pendekatan reduksi tahanan tiang dalam penentuan Δk . Perpindahan relatif antara tanah dan tiang, dan reduksi tahanan tiang telah diperhitungkan. Untuk keperluan desain praktis, penentuan reduksi tahanan tiang sulit dilakukan. Puri, et.al. (2012a) mengusulkan suatu pendekatan dalam penentuan tambahan modulus reaksi *subgrade* dengan menggunakan penurunan izin/ toleransi pelat perkerasan.

Untuk Pelat Terpaku yang berada di atas tanah lunak, maka tahanan ujung tiang diabaikan. Dalam hal ini, tambahan modulus reaksi *subgrade* karena adanya tiang di bawah pelat ditentukan sebagai (Puri, et.al., 2012a)

$$\Delta k = \frac{0.4a_d c_u A_s}{\delta_a A_{ps}} \quad (3)$$

Sehingga modulus reaksi *subgrade* ekuivalen dapat dihitung dengan (Puri, et.al., 2012a)

$$k' = k + \frac{0.4a_d c_u A_s}{\delta_a A_{ps}} \quad (4)$$

Dimana k' : modulus reaksi *subgrade* ekuivalen pelat terpaku (kN/m^3), k : modulus reaksi *subgrade* tanah (kN/m^3), a_d : faktor adhesi (non-dimensional), c_u : kohesi *undrained* (kN/m^2), δ_a : toleransi penurunan (*tolerable settlement*) pelat perkerasan kaku (m), A_s : luas selimut tiang (m^2), A_{ps} : luasan zona pelat yang didukung oleh satu tiang (m^2), $A_{ps} = s^2$ (Hardiyatmo, 2011), dan s : jarak antar tiang (m).

Adapun tahanan friksi ultimit tiang dinyatakan dengan persamaan klasik

$$f_s = a_d c_u + p_0' K_d \tan \phi_d \quad (5)$$

Dan khusus untuk tahanan friksi ultimit tiang pada lempung jenuh dinyatakan dengan

$$f_s = a_d c_u \quad (6)$$

Untuk lempung lunak atau lempung terkonsolidasi normal, faktor adhesi dapat diambil sebesar 1,0 (Flemming, et.al, 2009; Wai, et.al., 2006). Selain itu, modulus reaksi *subgrade* dari uji beban pelat (k) biasanya menggunakan pelat lingkaran dan mesti dikoreksi terhadap bentuk pelat dari pelat terpaku (Puri, et.al., 2012a). Lebih detail tentang penurunan Persamaan (3) dan (4) dapat diacu pada Puri, et.al. (2012a).

3. ANALISIS DEFLEKSI

Usaha yang telah dilakukan guna menghitung lendutan, momen, dan gaya geser akibat beban yang bekerja pada pelat terpaku adalah dengan menggunakan teori balok di atas fondasi elastis (*beams on elastic foundation-BoEF*) sebagaimana telah ditunjukkan oleh Hardiyatmo (2009, 2011), Taa (2010) dan Puri, et.al. (2011b, 2012a), dimana formula-formula yang diberikan Hetenyi (1974) telah digunakan. Defleksi akibat beban terpusat (Gambar 2a) bila dihitung dengan Formula Roark (Young dan Budynas, 2002) untuk balok di atas fondasi elastis dengan panjang terbatas adalah sebagai

$$y = y_A F_1 + \frac{\theta_A}{2\beta} F_2 + \frac{M_A}{2EI\beta^2} F_3 + \frac{R_A}{4EI\beta^3} F_4 - \frac{W}{4EI\beta^3} F_{a4} \quad (7)$$

Dimana untuk kedua ujung bebas, nilai $R_A = 0$ dan $M_A = 0$ dan nilai θ_A dan y_A adalah

$$\theta_A = \frac{W}{2EI\beta^2} \frac{C_2 C_{a2} - 2C_3 C_{a1}}{C_{11}} \quad (8)$$

$$y_A = \frac{W}{2EI\beta^3} \frac{C_4 C_{a1} - C_3 C_{a2}}{C_{11}} \quad (9)$$

Sedangkan akibat beban momen (Gambar 2b) besar defleksi adalah

$$y = y_A F_1 + \frac{\theta_A}{2\beta} F_2 + \frac{M_A}{2EI\beta^2} F_3 + \frac{R_A}{4EI\beta^3} F_4 + \frac{M_0}{2EI\beta^2} F_{a3} \quad (10)$$

Dimana untuk kedua ujung bebas, nilai $R_A = 0$ dan $M_A = 0$ dan nilai θ_A dan y_A adalah

$$\theta_A = \frac{-M_0}{EI\beta} \frac{C_3 C_{a4} + C_2 C_{a1}}{C_{11}} \quad (11)$$

$$y_A = \frac{M_0}{2EI\beta^2} \frac{2C_3 C_{a1} - C_4 C_{a4}}{C_{11}} \quad (12)$$

Adapun untuk Persamaan (7) sampai dengan (12), nilai-nilai lainnya adalah

$$F_1 = \cosh \beta x \cos \beta x \quad (13a)$$

$$F_2 = \cosh \beta x \sin \beta x + \sinh \beta x \cos \beta x \quad (13b)$$

$$F_3 = \sinh \beta x \cos \beta x \quad (13c)$$

$$F_4 = \cosh \beta x \sin \beta x - \sinh \beta x \cos \beta x \quad (13d)$$

$$F_{a3} = \sinh \beta (x-a) \sin \beta (x-a) \quad (13e)$$

$$F_{a4} = \cosh \beta (x-a) \sin \beta (x-a) - \sinh \beta (x-a) \cos \beta (x-a) \quad (13f)$$

$$C_2 = \cosh \beta l \sin \beta l + \sinh \beta l \cos \beta l \quad (13g)$$

$$C_3 = \sinh \beta l \cos \beta l \quad (13h)$$

$$C_4 = \cosh \beta l \sin \beta l - \sinh \beta l \cos \beta l \quad (13i)$$

$$C_{a1} = \cosh \beta (l-a) \cos \beta (l-a) \quad (13j)$$

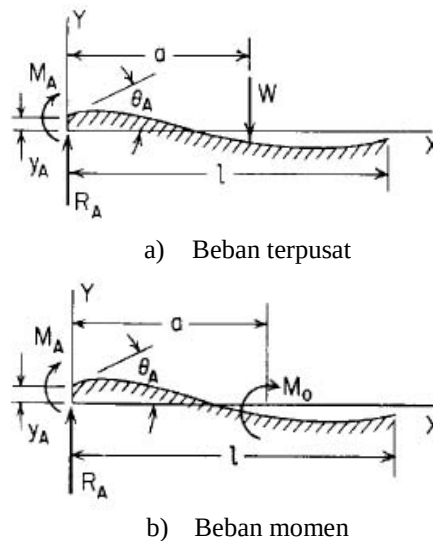
$$C_{a2} = \cosh \beta (l-a) \sin \beta (l-a) + \sinh \beta (l-a) \cos \beta (l-a) \quad (13k)$$

$$C_{a4} = \cosh \beta (l-a) \sin \beta (l-a) - \sinh \beta (l-a) \cos \beta (l-a) \quad (13l)$$

$$C_{11} = \sinh^2 \beta l - \sin^2 \beta l \quad (13m)$$

Dimana W : beban terpusat (kN), β : fleksibilitas balok, $\beta = \sqrt[4]{\frac{Bk}{4EI}}$, k : modulus reaksi *subgrade* (kN/m²/m), B :

lebar balok (m), E : modulus elastisitas balok (kN/m²), I : momen inersia balok (m⁴), a : jarak beban terhadap tepi kiri balok (sebagaimana dijelaskan pada Gambar 2), x : jarak titik yang ditinjau terhadap tepi kiri balok (m), dan l : panjang balok (m).



Gambar 2. Balok di atas fondasi elastis dengan panjang terbatas (Young dan Budynas, 2002)

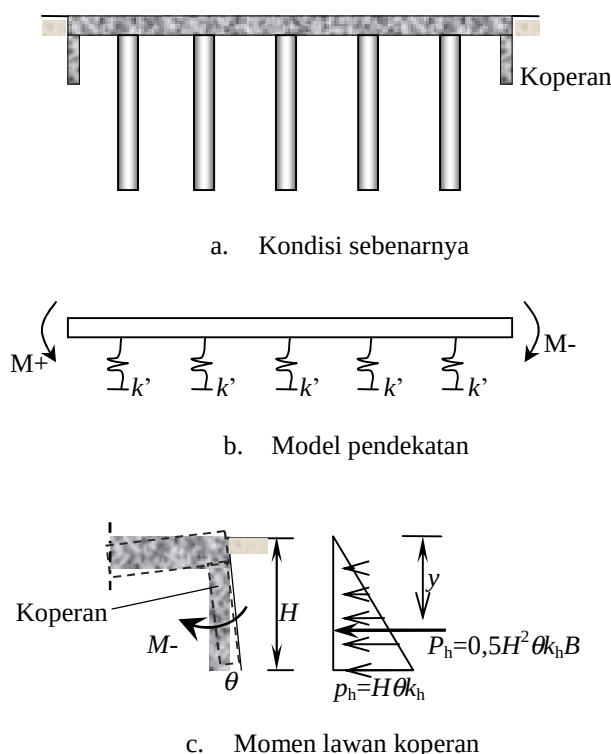
Untuk Sistem Pelat Terpak, nilai k_0 diganti dengan nilai k' yang dihitung dengan Persamaan (4). Besarnya defleksi total pada titik yang ditinjau diperoleh dengan cara superposisi defleksi akibat beban terpusat dan akibat momen.

Dalam hal ujung-ujung pelat diperkuat dengan koperan (Gambar 3a), maka dilakukan pendekatan dengan menggantikan reaksi koperan dalam bentuk momen lawan (Gambar 3b). Besaran momen ini (yang merepresentasikan koperan) ditentukan dengan menggunakan metode yang diusulkan Hardiyatmo dan Suhendro (2003). Besaran momen lawan yang termobilisasi dihitung sebagai berikut (lihat juga Gambar 3c)

$$M = P_h y = \frac{1}{3} H^3 \theta k_h B \quad (14)$$

Dimana M : momen lawan oleh koperan (kNm), P_h : gaya lateral tanah yang termobilisasi di depan koperan (kN), y : lengan momen (m), H : tinggi koperan (m), θ : sudut rotasi dinding koperan(°), k_h : koefisien reaksi *subgrade* arah

horizontal (kN/m^3), dapat didekati dengan $k_h = nk_v$, n : faktor pengali empiris, k_v : koefisien reaksi *subgrade* arah vertical (kN/m^3), dan B : lebar koperan (m). Hasil hitungan menggunakan BoEF dibandingkan pula dengan pengamatan.



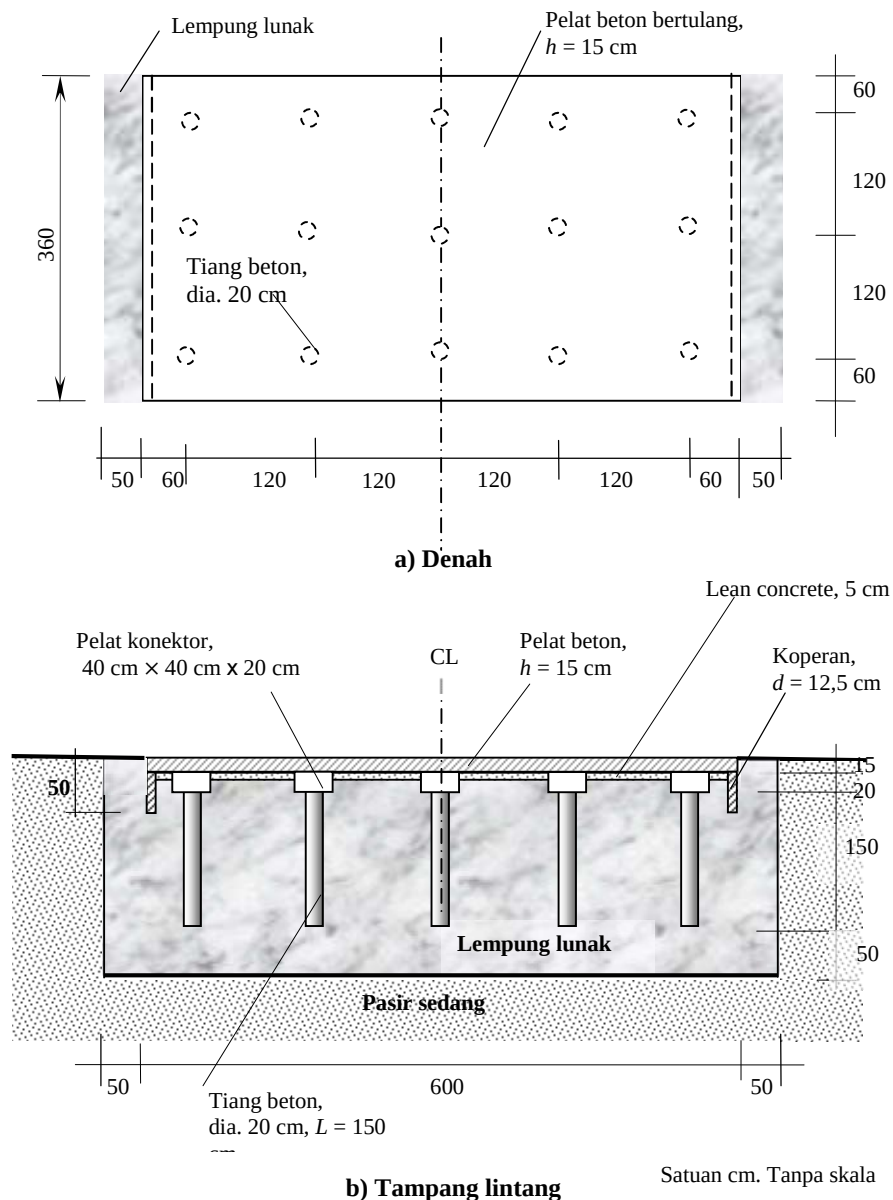
Gambar 3. Model pendekatan untuk Pelat Terpaku dengan koperan di kedua ujung pelat

4. PRELIMINARY DESIGN MODEL SKALA PENUH PELAT TERPAKU

Rencana Ukuran Pelat Terpaku dan *Properties Material*

Model skala penuh Pelat Terpaku akan dibangun dengan ukuran pelat 6,0 m x 3,6 m dengan tebal 0,15 m. Ukuran panjang dan lebar pelat ini menyesuaikan dengan lahan yang tersedia di halaman Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Gadjah Mada untuk uji skala penuh. Di bawah pelat akan terpasang tiga baris tiang dengan ukuran tiang diameter 0,20 m dan panjang 1,50 m. Panjang tiang ini diambil dengan mempertimbangkan kedalaman lempung lunak yang dapat disediakan di kolam uji yang berukuran 7,0 m x 3,7 m x 2,50 m. Untuk meningkatkan kekakuan hubungan pelat dengan tiang maka antara pelat dan kepala tiang diberi pelat penebalan 0,40 m x 0,40 m dan tebal 0,20 m. Selain itu, guna mereduksi defleksi pelat bagian pinggir perkerasan, maka bagian tersebut diperkuat dengan struktur koperan berukuran tinggi 0,50 m dan tebal 0,125 m. Berdasarkan ukuran pelat rencana di atas, maka dipilih jarak antar tiang sebesar 1,20 m, sehingga terdapat 15 tiang dimana masing-masing baris tiang terdiri 5 buah tiang. Selengkapnya rencana model skala penuh Pelat Terpaku disajikan pada Gambar 4. Lantai kerja ditambahkan di bawah pelat untuk alas kerja saat pembesian, agar pekerjaan pembesian menjadi lebih mudah, bersih dan rapi.

Adapun lempung lunak yang akan digunakan pada kolam uji adalah sama dengan Puri, et.al. (2012a). *Properties* lempung lunak dan beton yang akan digunakan disajikan pada Tabel 1 dan 2. Koefisien reaksi *subgrade* diperoleh sebesar 15,000 kPa/m, didasarkan pada uji beban pelat pada uji model dengan ukuran pelat berdiameter 30 cm.



Gambr 4. Rencana model skala penuh Pelat Terpaku representasi seksi perkerasan kaku dengan 3 baris tiang

Tabel 1. *Properties* tanah

No.	<i>Properties</i> tanah	Simbol	Lempung Ngawi	Satuan
1	Kohesi <i>undrained</i>	c_u	22,5	kN/m ²
2	Berat volume bulk	γ	14	kN/m ³
3	Berat volume jenuh	γ_{sat}	17	kN/m ³
4	Modulus Young	E	2.600	kN/m ²
5	Rasio Poisson	ν'	0,35	-

Tahapan Perhitungan

Pada perhitungan ini ada dua tinjauan yang akan dilakukan, yaitu tinjauan Sistem Pelat Terpaku dengan satu baris tiang dimana lebar pelat adalah sama dengan jarak antar tiang (s) dan tinjauan sesuai dengan dimensi rencana untuk 3 baris tiang. Tahapan perhitungan menggunakan BoEF dilakukan sebagai berikut: (a) estimasi nilai modulus reaksi *subgrade* tanah. Desain pada zona lebih aman dimana rantai kerja diabaikan sekalipun pada pelaksanaan digunakan

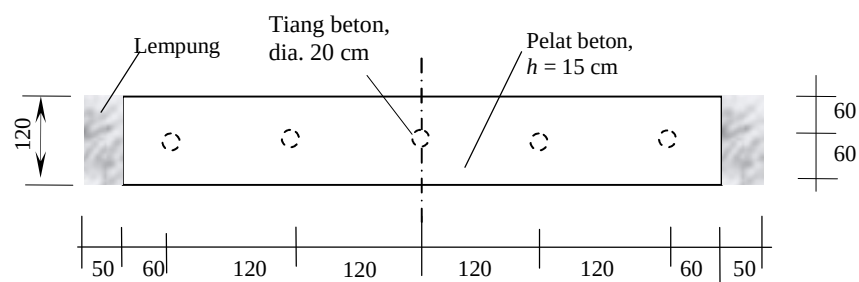
lantai kerja, (b) koreksi nilai modulus *subgrade* terhadap bentuk dan dimensi pelat pada pelat terpaku, (c) tentukan penurunan toleransi perkerasan beton, maksimum 5 mm, (d) hitung tambahan modulus reaksi *subgrade*, (e) selanjutnya hitung modulus reaksi *subgrade* ekuivalen, (f) hitung momen lawan ujung pelat untuk pelat yang mempunyai koperan (g) hitung defleksi pelat dan gaya dalam dengan menggunakan modulus reaksi *subgrade* ekuivalen, dan bandingkan defleksi maksimum pada titik beban dengan penurunan toleransi, (h) desain yang baik bilamana defleksi hitungan tidak melebihi penurunan toleransi yang ditentukan, (i) rencanakan penulangan pelat.

Tabel 2. *Properties* beton rencana

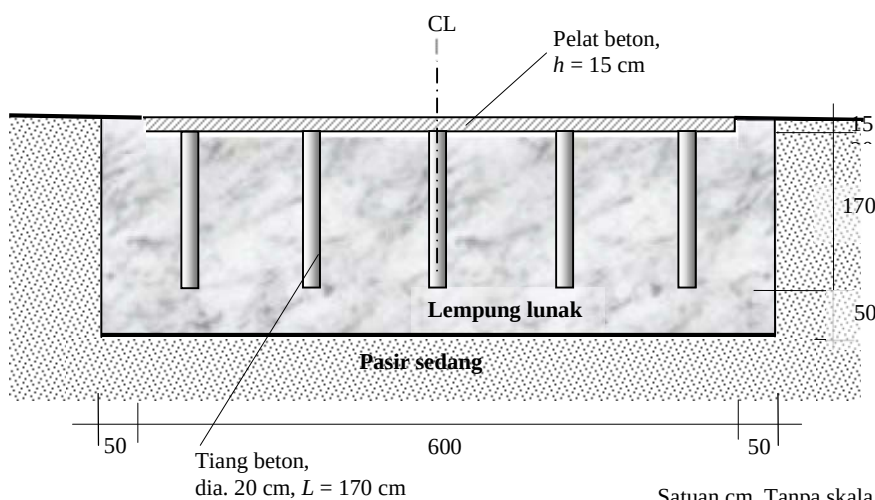
No.	Parameter	Simbol	Lantai kerja	Tiang	Pelat dan Koperan	Satuan
1	Berat volume <i>bulk</i>	γ	22	24	24	kN/m ³
2	Kuat tekan karakteristik	f'_c	14,5	18,7	29	kN/m ²
3	Modulus Young	E	$1,79 \times 10^7$	$2,03 \times 10^7$	$2,53 \times 10^7$	kN/m ²
4	Modulus geser	G	$5,42 \times 10^6$	$8,8 \times 10^6$	$1,1 \times 10^7$	kN/m ²
5	Rasio Poisson	ν	0,20	0,15	0,15	-

Perhitungan modulus reaksi *subgrade* ekuivalen

Rencana model skala penuh pada Gambar 2 selanjutnya hanya ditinjau satu baris saja sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5a dimana lebar pelat diambil sama dengan jarak antar tiang. Selain itu, penyederhanaan hitungan untuk BoEF dilakukan sebagai berikut (Gambar 5b): (a) lantai kerja diabaikan pada perhitungan, sehingga perhitungan lebih aman, (b) hal yang sama pada pelat penebalan/ pelat konektor juga diabaikan. Oleh karena pelat penebalan diabaikan, maka panjang tiang disesuaikan menjadi 1,70 m (panjang tiang rencana 1,50 m ditambah tebal pelat penebalan 0,20 m), dan (c) dinding koperan direpresentasikan dengan momen lawan.



a) Denah satu baris tiang



b) Cross section

Gambar 5. Penyederhanaan hitungan Pelat Terpaku satu baris tiang

Modulus reaksi *subgrade* tanah sudah diperoleh sebesar 15,000 kPa/m (Puri, et.al., 2012a). Setelah dilakukan koreksi terhadap ukuran dan bentuk pelat rencana (mengacu pada Das, 2011), maka diperoleh modulus reaksi *subgrade* rencana sebesar $k = 3.300$ kPa/m. Pada kasus ini (lempung lunak Ngawi), pendekatan yang lebih baik untuk estimasi modulus reaksi *subgrade* jika menggunakan Persamaan Biot (1937). Penggunaan Metode AASHTO (1993) cenderung sangat *over-estimated*, sedang persamaan lain seperti Vesic dan Saxena (1974), Ullitdz (1987), dan Khazanovich, et.al (2001) cenderung sangat *under-estimated*. Untuk lempung yang sama namun dengan kohesi *undrained* (c_u) = 21 kPa, Hardiyatmo (2011) memperoleh nilai faktor adhesi (a_d) sebesar = 0,76. Maka untuk kohesi *undrained* (c_u) = 22,5 kPa, diperoleh faktor adhesi (a_d) sebesar = 0,81. Selanjutnya diperoleh tahanan gesek satuan ultimit (f_{su}) = 18,32 kN/m². Berdasarkan dimensi tiang dan pelat (Gambar 5) maka didapat luas selimut tiang (A_s) = 1,07 m², luas pelat yang didukung tiang (A_{ps}) = 1,44 m², dan dengan mengambil lendutan toleransi (δ_s) = 0,005 m (5 mm), maka diperoleh tambahan modulus reaksi *subgrade* (Δk) = 1.086,66 kPa/m. Dengan menjumlah k dan Δk , didapat modulus reaksi *subgrade* ekivalen untuk beban sentris sebesar $k' = 4.386,66$ kPa/m dan dibulatkan menjadi 4.400 kPa/m. Untuk beban ujung, mengingat lendutan ujung pelat dapat tereduksi mencapai 50% bila menggunakan koperan, sedangkan nilai k' meningkat antara 1,25-1,85 kali nilai k' Pelat Terpaku tanpa koperan (Puri, et.al., 2011b), maka selanjutnya diambil faktor penyesuaian sebesar 1,5 karena adanya koperan. Dengan demikian diperoleh untuk beban ujung $k' = 1,5 \times 4.386,66 = 6.580$ kPa/m. Kedua nilai k' ini digunakan untuk analisis menggunakan BoEF.

Guna melihat sejauh mana perbedaan desain berdasarkan satu baris tiang terhadap rencana model skala penuh 3 baris tiang, maka analisis untuk 3 baris tiang juga dilakukan. Oleh karena itu nilai modulus reaksi *subgrade* tanah akibat adanya m baris tiang (dimana lebar pelat bertambah) perlu disesuaikan. Tabel 3 merangkum nilai k' untuk Pelat Terpaku 1 dan 3 baris tiang. Hasil analisis lendutan diberikan pada bagian 5.

Tabel 3. Modulus reaksi *subgrade* ekivalen untuk tinjauan m baris tiang

Lokasi beban	1 baris tiang, $m = 1$		3 baris tiang, $m = 3$	
	Δk (kPa/m)	k' (kPa/m)	Δk (kPa/m)	k' (kPa/m)
Sentris	1.086,7	4.400,0	1.086,7	12.966,7
Ujung	1.086,7	6.580,0	1.086,7	19.450,0

Perhitungan momen lawan

Persamaan (14) digunakan untuk menentukan besaran momen lawan di ujung pelat sebagai representasi adanya struktur koperan. Salah satu besaran yang harus ditentukan adalah sudut rotasi dinding koperan (θ). Semakin besar beban yang bekerja maka semakin besar pula momen lawan yang termobilisasi, dengan demikian semakin besar pula sudut θ . Untuk mendapatkan besarnya nilai θ yang sesuai dilakukan *trial-error*. Pada kasus ini diperoleh nilai θ yang sesuai sebesar 0,5°. Kemudian diambil nilai $k_h = k_v$ ($n = 1,0$) dengan pertimbangan bahwa tinggi koperan yang kecil hanya 0,50 m. Besarnya momen lawan yang dikerahkan dapat berbeda-beda antara ujung kiri dan ujung kanan pelat bergantung posisi beban terpusat P . Untuk beban P sentris, besar momen lawan antara ujung kiri dan ujung kanan adalah sama (kecuali berbeda tanda), sedangkan ketika beban berada di ujung kiri pelat (P ujung) maka momen lawan pada ujung yang terdekat dengan beban berubah tanda menjadi negatif (-) dan pada ujung lainnya harus direduksi. Pada kasus ini momen lawan ujung kanan diambil sebesar 1/3-nya untuk 1 baris tiang dan 1/6 untuk 3 baris tiang. Besaran momen lawan tersebut dirangkum pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai momen lawan (kNm) menurut posisi beban W

Jumlah baris tiang, m	Beban W sentris		Beban W ujung kiri	
	M ujung kiri	M ujung kanan	M ujung kiri	M ujung kanan
1 baris	6,55	-6,55	-6,55	-2,18
3 baris	19,30	-19,30	-19,30	-3,26

5. KOMPARASI LENDUTAN HITUNGAN RENCANA DENGAN PENGAMATAN

Konstruksi Pelat Terpaku sebagaimana rencana Gambar 2 telah dibangun pada Oktober 2012 di lokasi Eksperimental Lapangan Laboratorium Mekanika Tanah UGM dan sejumlah uji pembebanan juga telah dilakukan. Gambar 6 memperlihatkan foto pelaksanaan dan pengujian model skala penuh Pelat Terpaku. Lempung lunak di kolam uji mempunyai kohesi *undrained* 20 kPa dan kadar air 50,5%. Pelat menggunakan tulangan *wire mesh* diameter 10 mm (ulir) dengan jejaring 100 cm $\times$ 100 cm (D10-100), dan tulangan tiang 6D8 dengan sengkang spiral D6-125. Tulangan pelat didesain menggunakan momen hasil hitungan 3 baris tiang yang besarnya sekitar 50% momen untuk satu baris tiang. Mutu beton pelat 29,2 MPa dan tiang 17,4 MPa (lebih rendah dari rencana).

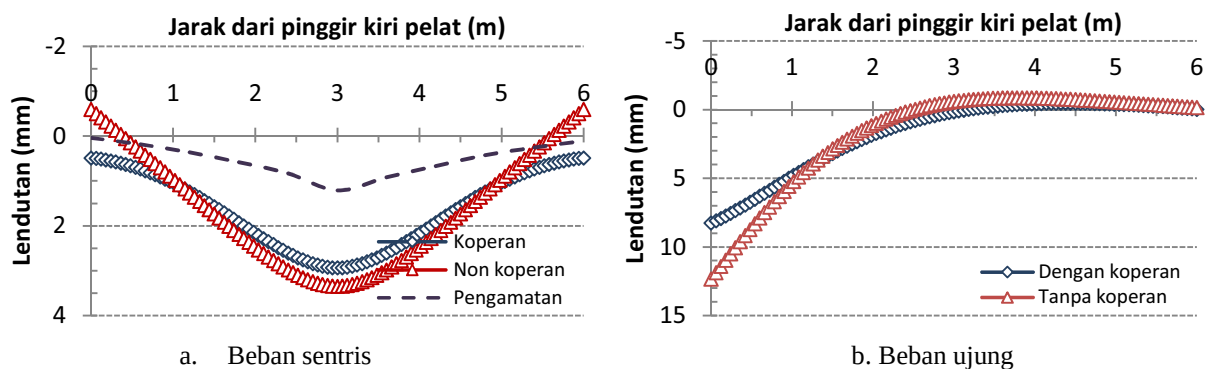


a. Pembesian

b. Uji beban sentris

Gambar 6. Foto pelaksanaan dan pengujian model skala penuh Pelat Terpak

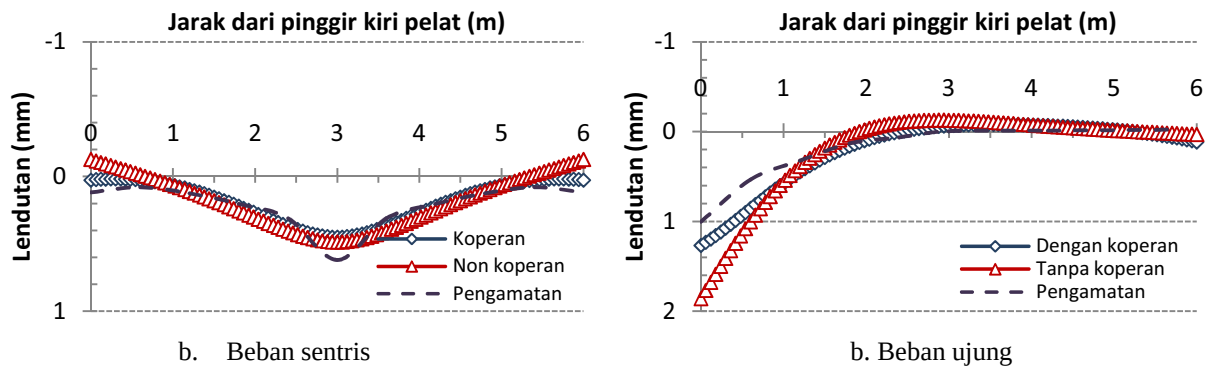
Hasil hitungan dan pengamatan lendutan model skala penuh Pelat Terpak disajikan pada Gambar 7 dan 8 masing-masing untuk tinjauan 1 baris tiang dan 3 baris tiang. Untuk tinjauan desain 1 baris tiang pada beban rencana roda tunggal 50 kN bahwa hasil hitungan lendutan maksimum 2,94 mm tidak melampaui lendutan toleransi (δ_a) = 5 mm untuk beban sentris (Gambar 7a). Namun untuk beban ujung (Gambar 7b) lendutan maksimum 8,26 mm melampaui lendutan toleransi. Akan tetapi lendutan pengamatan untuk 1 baris tiang jauh lebih kecil dibandingkan lendutan di atas (Gambar 7a), kecuali untuk beban ujung belum dilakukan pengujiannya. Berdasarkan hasil tersebut tampak bahwa desain Pelat Terpak sudah memadai, dan mengingat di lapangan Pelat Terpak 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 (penghubung pelat dan tiang), dan (c) adanya koperan di ujung pelat juga meningkatkan kekakuan sistem. Hasil pengamatan pada model skala penuh Pelat Terpak (terdiri 3 baris tiang) membuktikan hal tersebut (Gambar 8). Untuk beban sentris $P = 50$ kN teramati lendutan sebesar 0,62 mm (19 % lendutan hitungan untuk 1 baris tiang) dan 1,01 mm akibat beban ujung (11% lendutan hitungan untuk 1 baris tiang). Jadi perencanaan Pelat Terpak berdasarkan tinjauan satu baris tiang dengan menggunakan modulus reaksi *subgrade* ekuivalen sangat memadai dan hasil desain lebih aman dan mudah dalam aplikasinya. Kelebihan lain yang didapatkan adalah proses desain tidak memakan banyak waktu.



a. Beban sentris

b. Beban ujung

Gambar 7. Hasil analisis lendutan rencana 1 baris tiang vs. lendutan pengamatan ($W = 50$ kN)



Gambar 8. Hasil analisis lendutan rencana 3 baris tiang vs. lendutan pengamatan ($W = 50$ kN)

Adapun tinjauan desain untuk 3 baris tiang terlihat bahwa hasil hitungan BoEF berdasarkan k' sangat mendekati pengamatan kecuali pada beban sentris masih *under-estimate*, namun lendutan-lendutan maksimum tidak melampaui lendutan toleransi 5 mm. Jadi perencanaan Pelat Terpaku berdasarkan tinjauan 3 baris tiang dengan menggunakan modulus reaksi *subgrade* ekuivalen sangat memadai dan hasil desain lebih aman.

Pada Gambar 7 dan 8 juga disajikan kurva lendutan analisis untuk Pelat Terpaku tanpa koperan. Tampak bahwa keberadaan koperan dapat mereduksi lendutan secara signifikan untuk beban ujung dan kurang signifikan pada beban sentris. Perilaku ini juga teramati pada uji model skala kecil (Puri, et.al., 2011b, 2013b).

6. KESIMPULAN

Preliminary design model skala penuh Pelat Terpaku dan pelaksanaan konstruksi beserta uji pembebanannya telah dilakukan. Beberapa hal penting dapat disimpulkan berdasarkan hasil hitungan dan pengamatan yang telah dibahas sebelumnya antara lain

- metode penentuan tambahan modulus reaksi *subgrade* dan modulus reaksi *subgrade* ekuivalen dapat digunakan untuk perencanaan Pelat Terpaku dengan hasil desain pada zona aman, lebih praktis dalam penggunaannya, dan tidak memakan banyak waktu,
- desain didasarkan atas tinjauan terhadap satu baris tiang menghasilkan perencanaan lebih aman. Untuk lebih efisien, dapat pula ditinjau terhadap beberapa baris tiang,
- langkah hitungan yang telah diberikan dapat diterapkan pada *preliminary design* Pelat Terpaku,
- untuk Pelat Terpaku yang memakai koperan, modulus reaksi *subgrade* ekuivalen untuk beban ujung dapat diberikan faktor penyesuaian sebesar 1,5 dengan cara mengalikannya,
- tulangan pelat dapat ditentukan dengan menggunakan 50% momen hasil hitungan untuk satu baris tiang, namun tetap memperhatikan luasan dan jarak tulangan minimum perlu.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, 1993, *Guide for Design of Pavement Structure*, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, USA.
- Das, B.M., 2011, *Principles of Foundation Engineering*, 7th ed., Engage Learning, Australia.
- Dewi, D.A., 2009, Kajian Pengaruh Tiang Tunggal Terhadap Nilai Koefisien Reaksi Subgrade Ekuivalen pada Uji Beban Skala Penuh, *Tesis*, Program Studi Teknik Sipil, Program Pascasarjana UGM, Yogyakarta, Indonesia.
- Eng-Tips Forums, 2006, *Tolerable Settlement of Rigid Pavement*, 26 April 2006, <http://www.eng-tips.com/viewthread.cfm?qid=152937&page=3>, accessed by 11 July 2011.
- Fleming, K., Weltman, A., Randolph, M., dan Elson, K., 2009, *Piling Engineering*, 3rd Ed., Taylor & Francis, New York, USA.
- 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.
- 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, Yogyakarta, Indonesia.

- Hetenyi, M., 1974, *Beams on Elastic Foundation: Theory with applications in the fields of civil and mechanical engineering*, The University of Michigan Press, Ann Arbor.
- Nasibu, R., 2009, Kajian Modulus Reaksi Tanah Dasar Akibat Pengaruh Tiang (Uji Beban pada Skala Penuh, Tesis, Program Studi Teknik Sipil, Program Pascasarjana UGM, Yogyakarta, Indonesia.
- Puri, A., Hardiyatmo, C. H., Suhendro, B., dan Rifa'i, A., 2011a, Studi Eksperimental Defleksi Pelat yang Diperkuat dengan Tiang-tiang Friksi Pendek pada Lempung Lunak, *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan ke-14 (PIT) 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 Terpakai pada Lempung Lunak, *Prosiding Konferensi Geoteknik Indonesia ke-9 dan Pertemuan Ilmiah Tahunan ke-15 (KOGEI IX & PIT XV) HATTI*, 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 2013a, pp. TS6-10—TS6-11.
- Puri, A., Hardiyatmo, H.C., Suhendro, B., dan Rifa'i, A., 2013c, *Behavior of Fullscale nailed-slab System with Variation on Load Positions*, **submitted** in *ICID/ 16th FSTPT International Symposium*, Solo, be in November 2013.
- Sadrekarimi, J. dan Akbarzad, M., 2009, Comparative Study of Methods of Determination of Coefficient of Subgrade Reaction, *EJGE*, Vol. 14 [2009], Bund. E., www.ejge.com.
- Setiadji, B.H., dan Fwa, T.F., 2009, Examining k-E Relationship of Pavement Subgrade Based on Load-Deflection Consideration, *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 135 No. 3, ASCE, pp. 140-148.
- Suhendro, B., 2006, *Sistem Cakar Ayam Modifikasi sebagai Alternatif Solusi Konstruksi Jalan di Atas Tanah Lunak*, Saduran dari Buku 60 Tahun Republik Indonesia, Jakarta, Indonesia.
- Suhendro, B., dan Hardiyatmo, H.C., 2010, Sistem Perkerasan Cakar Ayam Modifikasi (CAM) sebagai Alternatif Solusi Konstruksi Jalan di Atas Tanah Lunak, Ekspansif, dan Timbunan, *Prosiding Seminar dan Pameran Sehari 2010 Inovasi Baru Teknologi Jalan dan Jembatan*, DPD HPJI Jatim, Surabaya, 31 Maret 2010.
- 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.
- Wai, Y., Neoh, C.A., dan Salimin, M.N., 2006, *Piling Handbook: Design and Construction of Driven Pile Foundations*, Malaysian 1st ed., Traswaja Technology, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Young, W.C., dan Budynas, R.G., 2002, *Roark's Formula for Stress and Strain*, 7th ed., McGraw-Hill, New York.



UNIVERSITAS ISLAM RIAU

FAKULTAS TEKNIK

Alamat : Jalan Kaharuddin Nasution Km. 11 No. 113 Perhentian Marpoyan Pekanbaru 28284
Telp 0761 - 674635, 674636, 72126 Fax. (0761) 674636

SURAT TUGAS

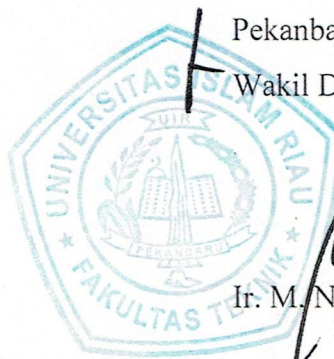
Nomor: 584/A-UIR/5-T/2013

Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, dengan ini menugaskan Saudara:

Nama : Anas Puri, S.T., M.T.
NIDN. : 1005057003
Jabatan : Dosen Tetap Fakultas Teknik
Program studi : Teknik Sipil
Tugas : Membuat publikasi karya ilmiah dengan judul "Penerapan Metode Analisis Lendutan Pelat Terpaku Model Skala Penuh dan Komparasi Dengan Uji Pembebanan".
Media publikasi : Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-7 (KoNTekS-7).
Lain-lain : Harap dilaksanakan dengan sebaik-baiknya.

Pekanbaru, 4 September 2013

Wakil Dekan I,



Ir. M. Natsir Darin, M.T.

Sertifikat

Diberikan kepada :

Anas Puri

sebagai

Pemakalah

Konferensi Nasional Teknik Sipil 7

“Peran Rekayasa Sipil dan Lingkungan dalam Mewujudkan
Pembangunan yang Berkelanjutan”

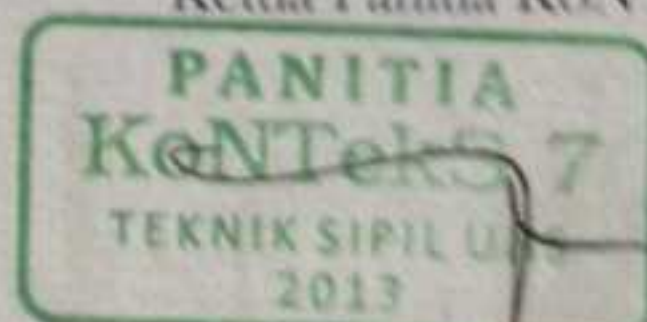
Solo, 24-25 Oktober 2013

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret (UNS)



Prof. Dr. Kuncen Diharjo S.T., M.T.
NIP. 19670210011997021001

Ketua Panitia KoNTekS 7



Dr. techn. Ir. Shohihin As'ad, MT
NIP. 196710011997021001

Diselenggarakan oleh :



Disponsori oleh :



PT. WIJAYA KARYA (Persero) Tbk

Didukung oleh :



BAPETAS

