

KoNTeKS 7
Konferensi Nasional Teknik Sipil

Volume I

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

Daftar Isi

Sambutan Ketua Panitia Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7).....	ii
Sambutan Rektor Universitas Sebelas Maret (UNS-Solo).....	iii
Sambutan Sekretaris Jenderal Badan Musyawarah Pendidikan Tinggi Teknik Sipil Seluruh Indonesia (BMPTTSSI).....	iv
Sambutan Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret (UNS-Solo)	v
Sambutan Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta	vi

KELOMPOK PEMINATAN GEOTEKNIK

011G	PREDIKSI PENCAIRAN TANAH AKIBAT GEMPA DI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA.....	G-1
	John T. Hatmoko ¹ dan Hendra Suryadharna 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 Istiyainingsih 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'rif 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
	Hariantio 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 DC ² , 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	PENGGUNAAN LIMBAH BUBUR KERTAS DAN FLY ASH PADA BATAKO.....	M-177
	Angelina Eva Lianasari ¹ , Sondang Dwiputra Paiding 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 KONVENSIONAL	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	PENGGUNAAN <i>ARTIFICIAL NEURAL NETWORK</i> UNTUK PREDIKSI TEGANGAN PADA BALOK KASTELA HEKSAGONAL BENTANG 1 METER	S- 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 JACKET</i> UNTUK MENINGKATKAN KAPASITAS BEBAN AKSIAL	S- 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 T	S- 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 STRUKTUR	S- 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	PENGGUNAAN RANTING BAMBU ORI (<i>BAMBUSA ARUNDINACEA</i>) SEBAGAI KONEKTOR PADA STRUKTUR TRUSS BAMBU	S- 85
	Astuti Masdar ¹ , Zufimar 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 SECTIONS	S- 99
	Ketut Sudarsana ¹	

090S	PRILAKU MEKANIK BALOK BETON BERTULANG BERAGREGAT LIMBAH <i>STYROFOAM</i>	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 LINIEAR 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 Sudiby 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 <i>F'C</i> 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 PENGGANTI 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 (<i>MAIN RAFTER</i>) 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 BERPENGAKU VERTIKAL DENGAN MENGGUNAKAN CARA HUGHES DAN MA	S-327
	Sri Tadjono	
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	

EFEK *SOFT STOREY* PADA RESPON DINAMIK STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG TINGKAT TINGGI (199S)

Antonius¹ dan Aref Widhianto²

¹Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung - Jl. Raya Kaligawe Km.4, Semarang

Email : antoni67a@yahoo.com

² Mahasiswa Magister Teknik Sipil, Universitas Diponegoro dan Asisten Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung - Jl. Raya Kaligawe Km.4, Semarang

Email: aref_wdh@yahoo.co.id

ABSTRAK

Di dalam desain struktur gedung tahan gempa, kolom *soft storey* dianjurkan agar dihindari karena pada dasarnya akan menimbulkan tekukan yang besar dan perubahan kekakuan yang cukup drastis. Paper ini membahas pengaruh *soft storey* pada bangunan tingkat tinggi, dengan membandingkan struktur gedung yang didesain dengan *soft storey* dan struktur gedung tanpa *soft storey*. Kedua struktur gedung yang ditinjau mempunyai ketinggian total 60 meter, dimana dalam arah memanjang adalah 45 meter dan lebar 12,5 meter dan jumlah lantai gedung adalah 20. Material yang digunakan untuk struktur atas adalah beton bertulang dengan menggunakan standar utama dalam perencanaan yaitu SNI 03-2847-2002 dan standar perencanaan terhadap gempa adalah kombinasi antara SNI 03-1726-2002 dan SNI 1726-2012. Struktur gedung terletak di zona gempa 3 dan prinsip desain adalah menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang juga dipasang dinding geser di beberapa bagian, sehingga dalam desain struktur adalah tingkat daktilitas penuh dengan beberapa pendetailan pada elemen struktur. Analisis dinamik dilakukan berdasarkan ragam respon spektrum, dimana digunakan metoda Modal Analisis untuk menentukan respon struktur antar tingkat. Hasil analisis menunjukkan bahwa efek *soft storey* sangat berpengaruh pada perilaku deformasi struktur dan kekakuan. Hasil analisis *push-over* yang dilakukan juga menunjukkan bahwa sendi plastis pada struktur gedung dengan *soft storey* terjadi pada beban yang lebih rendah dibandingkan dengan gedung tanpa *soft storey*.

Kata-kata kunci: *soft storey*, gaya gempa, mode shape (modus getar), sendi plastis

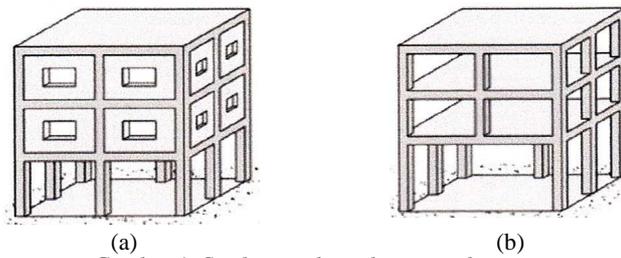
1. PENDAHULUAN

Kejadian gempa yang terjadi dalam beberapa tahun terakhir yang melanda beberapa daerah di Indonesia, telah menyebabkan kerusakan sarana dan prasarana dan korban jiwa yang tidak sedikit pada daerah yang dilanda gempa tersebut. Beberapa kerusakan pada bangunan sederhana maupun kompleks di daerah yang terkena gempa tersebut pada umumnya disebabkan oleh belum diterapkannya kaidah-kaidah perencanaan maupun pelaksanaan struktur bangunan tahan gempa (Imran dkk. 2006). Demikian pula kejadian gempa di luar negeri, seperti misal gempa di Nepal pada tahun 2011, kerusakan maupun keruntuhan bangunan akibat gempa lebih banyak disebabkan oleh pemilihan sistem struktur yang sedemikian rupa sehingga tidak mampu mendisipasi energi getaran akibat gempa dengan baik (Shakya dkk. 2013).

Imran dan Hendrik (2010) secara umum menjelaskan prosedur perencanaan berdasarkan SNI Gempa, bahwa struktur bangunan tahan gempa pada prinsipnya boleh direncanakan terhadap beban gempa yang direduksi dengan suatu faktor modifikasi respon struktur (faktor R), yang merupakan representasi tingkat daktilitas yang dimiliki struktur. Dengan penerapan konsep ini, pada saat gempa kuat terjadi, elemen-elemen struktur bangunan tertentu yang dipilih diperbolehkan mengalami plastifikasi (kerusakan) sebagai sarana untuk pendisipasian energi gempa yang diterima struktur. Di dalam desain, elemen-elemen struktur bangunan yang diharapkan mengalami plastifikasi harus diberi detailing penulangan yang memadai agar perilakunya tetap stabil walaupun telah mengalami deformasi inelastis yang besar. Ketentuan detailing tersebut telah diatur dalam SNI Beton (SNI 03-2847-2002).

Di dalam standar perencanaan struktur gedung tahan gempa Indonesia, SNI 03-1726-2002 maupun SNI 1726-2012, salah satu definisi struktur gedung tak beraturan adalah terdapat sistem struktur tingkat lunak (*soft storey*) dalam arah vertikal. Dalam arah tersebut, sistem struktur menurut kedua standar tersebut di atas, *soft storey* didefinisikan sebagai suatu tingkat dimana kekakuan lateralnya kurang dari 70 persen kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80 persen kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.

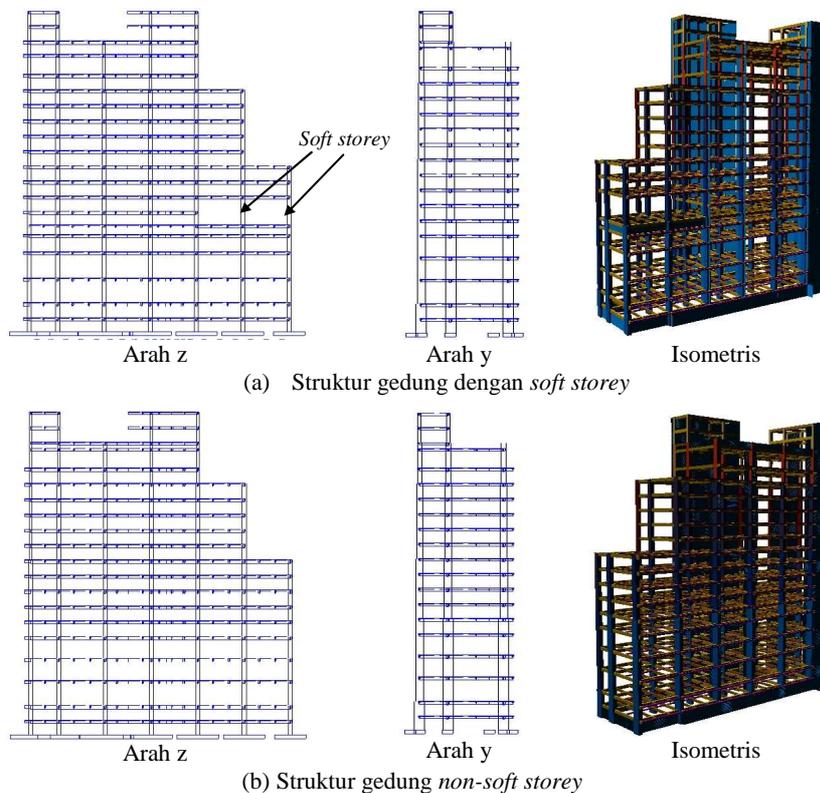
Pemilihan sistem struktur dengan *soft storey* pada dasarnya adalah konsekuensi dari sistem tata ruang ataupun dari perancangan arsitektur. Ilustrasi dari struktur gedung yang mempunyai sistem *soft storey* ditunjukkan pada Gambar 1. Pada dasarnya kolom yang mengalami *soft storey* dapat dikategorikan sebagai kolom yang menerima beban relatif kuat dari struktur di atasnya (Gambar 1a). Kategori lainnya adalah kolom yang tidak menerus (*discontinue*) dari lantai yang berurutan di atasnya (Gambar 1b). Struktur dengan *soft storey* akan memperbesar deformasi lateral dan gaya geser pada kolom (Amin & Islam 2011, Setia & Sharma 2012). Keruntuhan bangunan akibat gempa salah satunya juga dapat diakibatkan oleh pemilihan struktur *soft storey* (Arlekar et al. 1997, Dogan et al. 2002). Salah satu cara untuk meminimalisasikan efek penggunaan sistem struktur *soft storey* terhadap beban gempa adalah dengan memperkuat bagian *soft storey* tersebut yaitu dengan menambah pasangan dinding agar struktur tetap stabil (Guney & Aydin 2012). Paper ini bertujuan untuk mengetahui efek dari sistem struktur dengan *soft storey* di dalam desain bangunan tingkat tinggi. Studi perbandingan dilakukan dengan melakukan 2 desain struktur gedung dengan tinggi, berat dan dimensi yang relatif sama, yaitu sistem struktur dengan *soft storey* dan sistem *non-soft storey*.



Gambar 1. Struktur gedung dengan *soft storey*

2. PEMODELAN STRUKTUR DAN DESAIN

Struktur yang ditinjau adalah 2 buah gedung yang mempunyai ketinggian total 60 meter, dimana panjang gedung dalam arah z (arah kuat) adalah 45 meter dan lebarnya dalam arah y (arah lemah) adalah 12,5 meter. Ilustrasi gedung yang ditinjau terlihat pada Gambar 2. Jumlah lantai gedung adalah 20. Gedung yang pertama adalah gedung yang mempunyai *soft storey* pada lantai ke 6 dan 7, dimana pada lantai tersebut difungsikan sebagai kolam renang. Sebagai pembanding, dirancang gedung kedua, dimana kolam renang dipindah pada lantai paling atas sehingga tidak terjadi loncatan lantai yang berurutan dan berat total struktur relatif tidak berubah, yang selanjutnya disebut sebagai struktur gedung *non-soft storey*.



Gambar 2. Tinjauan struktur gedung dengan *soft storey* dan *non-soft storey*

2.1. Material dan pembebanan

Material yang digunakan untuk struktur atas adalah beton bertulang, dengan mutu beton K-350 ($f'_c \sim 30$ MPa) dan baja tulangan utama adalah deform mutu BJTD40. Standar utama dalam perencanaan untuk beton bertulang adalah SNI 03-2847-2002 dan standar perencanaan terhadap gempa adalah SNI 03-1726-2002, namun menggunakan Peta Gempa SNI 1726-2012. Kombinasi pembebanan mengacu kedua standar di atas. Beban layan yang bekerja terdiri dari beban mati yaitu berat sendiri balok, kolom, plat dan dinding geser (*shear wall*), dan beban mati tambahan (*superimposed*) yang terdiri dari plesteran dengan berat jenis mortar adukan sebesar 2000 kg/m^2 , plafon ($w=10 \text{ kg/m}^2$) dan mekanikal & elektrikal adalah 20 kg/m^2 . Beban hidup total pada plat lantai ditetapkan sebesar $2,5 \text{ kN/m}^2$.

Dimensi yang digunakan untuk kolom semakin ke atas semakin kecil, dimana kolom lantai 1 sampai 7 adalah 400/1000, lantai 8 sampai 15 adalah 400/800, dan kolom lantai di atasnya adalah 400/600. Hampir pada semua tingkat, balok induk yang digunakan adalah 350/750 dan balok anak 200/600. Kecuali pada basement, semua plat lantai tipikal dengan tebal 120 mm yang dianggap sebagai diafragma kaku pada sistim struktur rangka. Dinding geser pada basement dan semi-basement menggunakan tebal 400 mm, dan di atasnya menggunakan tebal 300 mm yang menerus sampai lantai paling atas.

2.2. Parameter untuk desain terhadap gempa

Besarnya Beban Gempa Rencana (V) yang terjadi di tingkat dasar dari bangunan gedung dihitung dengan persamaan :

$$V = \frac{C \cdot I}{R} W_t \quad (1)$$

Dimana C adalah nilai Faktor Respons Gempa yang didapat dari Spektrum Respon Gempa Rencana. W_t adalah berat total struktur. Selanjutnya gaya geser dasar persamaan (1) didistribusikan di sepanjang tinggi struktur yang bekerja pada pusat massa lantai ke- i , yaitu:

$$F_i = \frac{W_i z_i}{\sum_{i=1}^n W_i z_i} V \quad (2)$$

Struktur gedung terletak di kota Semarang yang termasuk zona gempa 3 berdasarkan peta gempa SNI 1726-2012 dan didesain sebagai Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang juga dirangkai dengan dinding geser maupun spandrel di beberapa bagian. Faktor reduksi gempa (R) adalah 8,5 (Tabel 3. Pasal 4.3.6 SNI 03-1726-2002), sehingga struktur didesain dengan tingkat daktilitas penuh. Analisis dinamik dilakukan berdasarkan ragam respon spektrum, dimana digunakan metoda Modal Analisis untuk menentukan respon struktur antar tingkat. Respon struktur dihitung dengan metode SRSS (*Square Roots of the Sum of the Square of the Mode Contributions*) yaitu:

$$Y_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n \left\{ \phi_{ij} \Gamma_j g_{j, maks} \right\}^2} \quad (3)$$

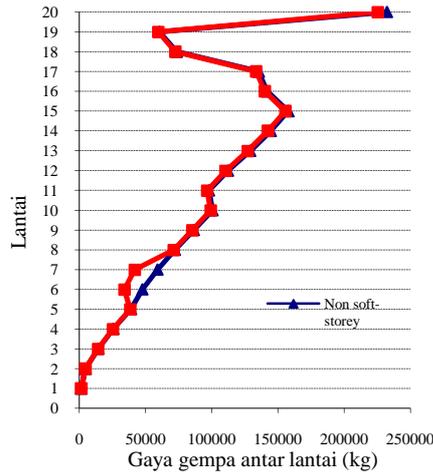
Dimana: ϕ = modal matriks
 Γ = partisipasi tiap mode

Kondisi tanah di lokasi gedung termasuk ke dalam kategori tanah lunak. Menurut SNI 03-1726-2002, untuk tanah lunak, percepatan puncak di batuan dasar adalah sebesar 0,2 g, percepatan puncak di permukaan tanah atau $A_0 = 0,34g$, $T_c = 1$ detik (untuk tanah lunak), $A_m = 2,5 A_0 = 0,9$, $A_r = A_m \times T_c = 0,9$ (Tabel 6. Pasal 4.7.6). Fungsi gedung termasuk gedung umum, maka faktor keutamaan struktur $I = 1,0$. Perbandingan panjang terhadap lebar denah bangunan dalam arah pembebanan gempa adalah $45/12,5 = 3,6 > 3$. Karena nilai perbandingan tersebut lebih besar dari 3, maka ditambahkan beban horizontal terpusat sebesar 0,1V di lantai tingkat paling atas. Di dalam paper ini analisis maupun pembahasan yang diuraikan adalah hasil analisis pada arah y (arah lemah), karena respon struktur akibat beban gempa dominan dalam arah tersebut.

3. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1. Gaya geser dasar

Hasil analisis gaya geser dasar (*base shear*) yang didistribusikan ke antar tingkat yang diterapkan pada struktur gedung arah y memperlihatkan bahwa terjadi loncatan gaya geser yang signifikan pada lantai 6 dan 7 yaitu di daerah lantai *soft storey*, dimana gaya geser lebih rendah dibandingkan gaya geser di daerah yang sama untuk struktur *non-soft storey* (Gambar 2). Pembesaran gaya gempa pada lantai 20 (*top floor*) yang terjadi pada kedua struktur gedung yang ditinjau disebabkan oleh perbandingan panjang terhadap lebar struktur gedung yang lebih dari 3, dimana konsekuensi yang terjadi adalah terjadi penambahan gaya geser dasar sebesar 10% yang ditambahkan pada lantai paling atas.

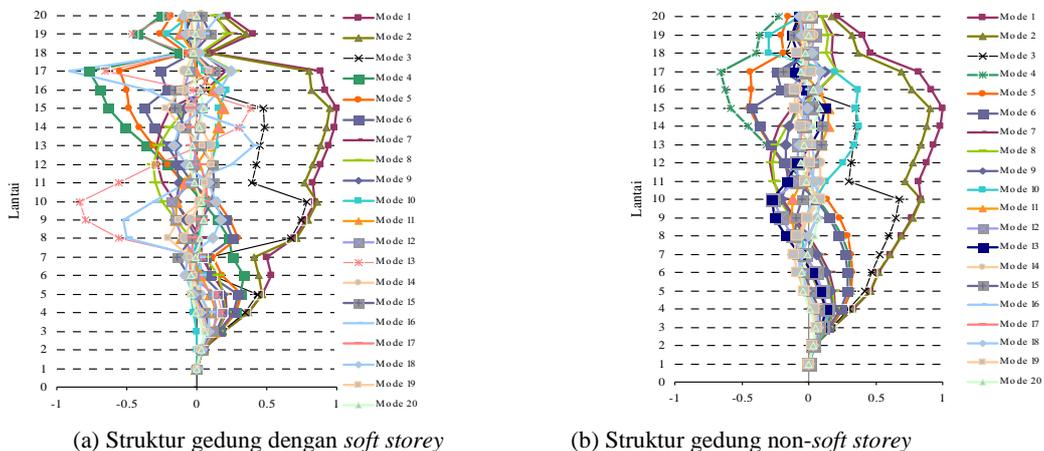


Gambar 3. Distribusi gaya gempa antar tingkat

3.2. Modus getar

Respon dinamik struktur pada kedua gedung yang ditinjau diperlihatkan melalui perilaku modus getar seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Modus getar yang terjadi pada struktur gedung dengan *soft storey* pada Gambar 4a mengindikasikan perilaku struktur menjadi tidak beraturan dimana respon bolak balik terjadi secara ekstrim pada setiap perpindahan modus getar. Hampir semua modus getar yang terjadi pada lantai 18 menunjukkan loncatan perubahan perilaku yang signifikan dari lantai tepat di bawahnya, namun gaya gempa tersebut kembali membesar pada lantai 19. Kondisi tersebut salah satunya disebabkan oleh tidak dapat bekerjanya dinding geser yang dipasang untuk meredam deformasi lateral struktur secara berlebihan akibat beban gempa. Perilaku tersebut juga berpotensi untuk memicu terjadinya torsi bangunan secara ekstrim.

Di lain pihak, modus getar pada struktur gedung *non-soft storey* pada Gambar 4b memperlihatkan perilaku yang lebih stabil dibandingkan dengan struktur gedung dengan *soft storey*. Meskipun struktur *non-soft storey* yang ditinjau adalah termasuk jenis struktur gedung yang tidak beraturan, namun perpindahan atau transisi antar modus getar relatif tidak terlalu ekstrim. Perilaku ini menunjukkan adanya distribusi gaya gempa yang diterima pada setiap struktur kolom juga lebih seragam. Demikian pula perilaku modus getar pada lantai 18 ke atas juga terlihat relatif *smooth* dibandingkan perilaku gedung dengan *soft storey* pada lantai yang sama.



(a) Struktur gedung dengan *soft storey* (b) Struktur gedung *non-soft storey*
 Gambar 4. Modus getar struktur gedung

3.3. Analisis Push Over

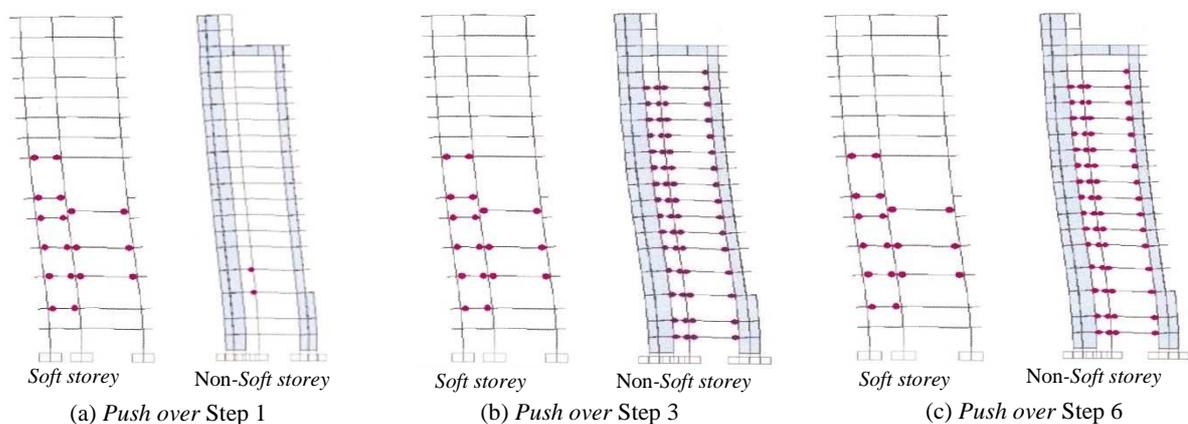
Selanjutnya dilakukan analisis *push over* pada kedua gedung yang ditinjau, dimana dalam analisis pengaruh gempa rencana terhadap struktur gedung dianggap sebagai beban-beban statik yang menangkap pada pusat massa masing-masing lantai, yang nilainya ditingkatkan secara berangsur-angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan terjadinya sendi plastis pertama di dalam struktur gedung. Kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut struktur mengalami perubahan bentuk menjadi elasto-plastis yang besar sampai mencapai kondisi di ambang keruntuhan.

Hasil analisis *push over* terlihat pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel tersebut, sistem struktur gedung dengan *soft storey* hanya memerlukan 6 step peningkatan beban hingga mencapai ambang keruntuhan. Berbeda dengan gedung dengan *soft storey* tersebut, pada struktur gedung *non-soft storey*, sifat elasto-plastik maksimum baru dicapai setelah dicapai 8 step pembebanan. Hampir di setiap step pembebanan pada kedua gedung yang ditinjau, gaya geser dasar (*base force*) pada gedung *non-soft storey* mempunyai nilai yang lebih besar, sehingga dapat diartikan bahwa struktur gedung *non-soft storey* mempunyai kapasitas terhadap beban gempa yang lebih tinggi. Selain hal tersebut, perbandingan perilaku kedua gedung berdasarkan analisis *push over* menunjukkan bahwa sistem struktur dengan *soft storey* lebih cepat mengalami keruntuhan dibandingkan dengan struktur *non-soft storey* apabila diberi inkrementasi beban gempa yang sama.

Tabel 1. Hasil analisis *push-over*

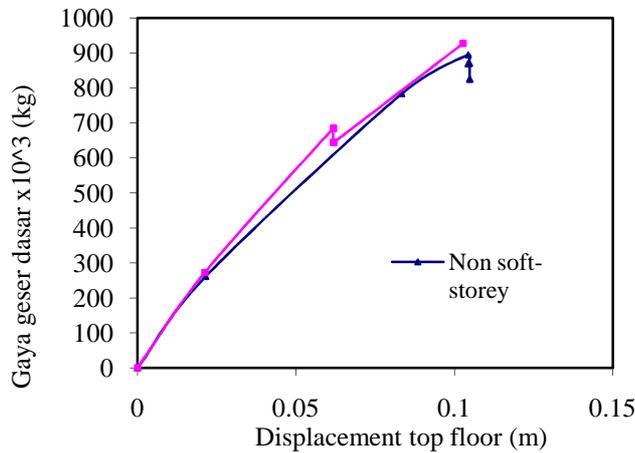
a. Struktur gedung dengan <i>soft storey</i>				b. Struktur gedung <i>non-soft storey</i>			
Step	Displacement m	Base Force Kgf	A to B	Step	Displacement m	Base Force Kgf	A to B
0	0	0	13720	0	0	0	7112
1	0.021219	272458.14	13718	1	0.021516	261293.28	7110
2	0.06181	685654	13545	2	0.083429	783819.98	6846
3	0.06181	683001.2	13545	3	0.104374	894495.91	6753
4	0.06181	643686.19	13544	4	0.104374	869837.41	6752
5	0.061888	644015.84	13544	5	0.104406	868682.53	6752
6	0.102705	927300.94	13366	6	0.104796	870293.18	6751
				7	0.104799	825061.93	6749
				8	0.104895	824423.83	6748

Lebih lanjut analisis *push over* juga menghasilkan terjadinya sendi plastis di beberapa lokasi seperti diperlihatkan pada Gambar 5, dimana akan dijelaskan hasil analisis untuk pembebanan pada step 1, 3 dan 6. Hasil analisis *push over* step 1 menunjukkan bahwa sendi plastis lebih cepat dan lebih banyak terjadi pada struktur dengan *soft storey* (Gambar 5a). Pada step 3 dan step 6, sendi plastis yang terjadi pada struktur dengan *soft storey* tidak mengalami penambahan atau telah mencapai kondisi maksimum, dimana hal ini ditandai dengan jumlah sendi plastis yang jauh lebih banyak dibandingkan dengan struktur *non-soft storey* (lihat Tabel 1). Gambar 5b dan 5c memperlihatkan penambahan jumlah sendi plastis pada step 3 dan step 6 yang terjadi pada struktur gedung *non-soft storey*, namun dengan gaya geser dasar yang lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa pada struktur gedung *non-soft storey* memerlukan beban yang lebih tinggi untuk mencapai pelelehan pada elemen struktur secara signifikan.



Gambar 5. Lokasi sendi plastis

Hasil analisis *push over* lainnya adalah hubungan antara gaya geser dasar terhadap perpindahan pada lantai atas (top floor) yang ditunjukkan pada Gambar 6. Perilaku struktur gedung dengan *soft storey* menunjukkan bahwa terjadi penurunan gaya geser dasar secara tiba-tiba pada gaya sebesar 700 ton, dan hal tersebut mengindikasikan degradasi kekakuan meskipun struktur belum mengalami keruntuhan. Namun demikian, kemampuan deformasi struktur maksimum dihitung pada beban 700 ton tersebut. Sebaliknya perilaku gedung *non-soft storey* memperlihatkan kestabilan kurva hingga struktur mencapai keruntuhan di sekitar 900 ton, dan deformasi maksimum dapat ditentukan berdasarkan gaya geser dasar pada beban tersebut.



Gambar 6. Hubungan gaya geser dasar vs displacement gedung dengan *soft storey* dan *non-soft storey*

Selanjutnya berdasarkan Gambar 6 dan Tabel 1, dilakukan kalkulasi besarnya daktilitas yang terjadi pada kedua struktur gedung yang ditinjau. Di dalam paper ini, daktilitas didefinisikan sebagai rasio antara simpangan maksimum struktur gedung pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan gedung pada saat terjadinya pelelehan pertama pada struktur gedung. Nilai daktilitas maksimum untuk SRPMK beton bertulang dengan dinding geser berdasarkan SNI 03-1726-2002 adalah 5.3, dan berdasarkan SNI 1726-2012 adalah 5.5. Tabel 2 berikut adalah hasil kalkulasi nilai daktilitas pada kedua struktur gedung yang ditinjau. Nilai daktilitas pada struktur gedung dengan *soft storey* ($\mu=2.9$) adalah jauh di bawah ketentuan nilai daktilitas maksimum berdasarkan kedua SNI Gempa tersebut. Nilai daktilitas struktur gedung *non-soft storey* adalah 4.9, dimana nilai tersebut mendekati nilai maksimum yang ditentukan di dalam SNI Gempa. Untuk mencapai nilai daktilitas maksimum seperti ketentuan SNI Gempa tersebut, pada struktur gedung *non-soft storey*, salah satunya adalah memperkecil dimensi kolom di beberapa lokasi elemen struktur.

Tabel 2. Kalkulasi daktilitas struktur gedung

Struktur gedung	Simpangan pada leleh pertama (m)	Simpangan maksimum (m)	Daktilitas (μ)
<i>Soft storey</i>	0.06181	0.021219	2.9
<i>Non-soft storey</i>	0.104895	0.021516	4.9

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan uraian hasil analisis yang telah dilakukan di atas, maka disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Sistem struktur dengan *soft storey* cenderung menimbulkan perubahan gaya geser secara tiba-tiba pada kolom *soft storey*, dan hal tersebut memicu lebih cepatnya deformasi struktur secara keseluruhan.
2. Modus getar sistem struktur dengan *soft storey* mempunyai tingkat ketidakteraturan yang cukup tinggi dan perubahan modus getar antar lantai yang ekstrim dibandingkan dengan struktur *non-soft storey*. Perilaku ini dapat menimbulkan torsi yang berlebihan dan mempercepat penurunan kekakuan pada struktur dengan *soft storey*.
3. Sendi plastis yang timbul pada sistem struktur dengan *soft storey* lebih cepat terjadi dibandingkan dengan struktur gedung *non-soft storey* pada step pertama. Namun demikian relatif tidak terjadi penambahan sendi plastis pada step selanjutnya, dan kapasitas gaya geser dasar juga lebih rendah dibandingkan struktur *non-soft storey*.

4. Daktilitas sistim struktur dengan *soft storey* jauh di bawah struktur *non-soft storey* dan nilai daktilitas maksimum berdasarkan SNI Gempa. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sistem struktur dan dimensi yang digunakan kurang efektif untuk menghasilkan perilaku struktur yang optimal berdasarkan SNI Gempa.

Saran

1. Perlu evaluasi dan desain secara lebih teliti dan cermat dalam desain struktur gedung dengan *soft storey* yang berada di zona gempa sedang atau bahkan yang berada di zona gempa kuat, mengingat respon dinamik struktur tersebut yang cenderung menurunkan kekakuan dan daktilitas dibandingkan dengan struktur *non-soft storey*. Selain itu juga harus diperhatikan simpangan antar tingkat dan modus getar agar tidak menimbulkan torsi bangunan yang berlebihan.
2. penelitian ini dapat dilanjutkan dengan melakukan analisis struktur gedung dengan *soft storey* yang diperkuat, misalnya dengan menambah peredam sehingga dapat menambah daktilitas secara signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arlekar, JN; Jain, SK and Murty, CVR (1997). *Seismic response of rc frame buildings with soft first storeys*, Proceedings of the CBRI Golden Jubilee Conf. On Natural Hazards in Urban Habitat, New Delhi.
- Badan Standardisasi Nasional (2012). *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung*, SNI 1726-2012.
- Badan Standardisasi Nasional (2002). *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk gedung*, SNI 03-1726-2012.
- Badan Standardisasi Nasional (2002). *Tata cara perhitungan struktur beton untuk gedung*, SNI 03-2847-2002.
- Dogan, M; Kirac, N and Gonen, H. (2002). "Soft storey behaviour in an earthquake and samples of Izmit-Duzce", *ECAS 2002*, Ankara, Turkey, 42-49.
- Guney, D and Aydin, E (2012). "The nonlinear effect of infill walls stiffness to prevent soft storey collapse of rc structures", *The Open Construction and Building Technology Journal*, 6 (Suppl 1-M5), 74-80.
- Imran I, Suarjana M, Hoedajanto D, Soemardi B, and Abduh M. (2006). "Beberapa pelajaran dari gempa Yogyakarta: studi kinerja gedung", *Jurnal HAKI*, Vol. 7, 1-13.
- Imran, I. dan Hendrik, F. (2010). *Perencanaan struktur gedung beton bertulang tahan gempa*. Penerbit ITB.
- Setia, S and Sharma, V (2012). "Seismic response of rc buildings with soft storey", *International Journal of Applied Eng. Research*, Vo.7(11).
- Shakya, K., Pant, D.R., Maharjan, M., Bhagat, S., Wijeyewickrema, A.C. and Maskey, P.N. (2013), "Lessons learned from performance of buildings during the September 18, 2011 earthquake in Nepal", *Asian Journal of Civil Engineering*, Vol. 14(5), 719-733.