



EVALUASI KINERJA SISTEM *HALFSLAB* PADA PELAT LANTAI PROYEK APARTEMEN GUNAWANGSA TIDAR SURABAYA DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Irawan Adi Prabowo¹⁾, Diah Sarasanty²⁾, Mas'ud²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Majapahit

²⁾Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Majapahit

Jl. Raya Jabon KM 07, Mojokerto 60111 Indonesia

e-mail : irawanprudential86@gmail.com, diahsarasanty@gmail.com

ABSTRAK

Halfslab dengan *one way slab* banyak digunakan oleh para kontraktor khususnya pada bangunan *highrise building* untuk mempercepat proses pengerjaan dengan tetap memperhatikan mutu dan standart SNI. Seiring terus berkembangnya penggunaan *halfslab*, saat ini sudah mulai banyak peneliti mengkaji kinerja struktur dari *halfslab*. Permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah bagaimana kinerja *halfslab* dengan model *two way slab* dalam melayani beban yang direncanakan dan memenuhi standart yang ditetapkan. Mulai dari proses *lifting*, *overtopping* hingga komposit dengan metode elemen hingga. Dimulai dari melakukan simulasi model awal pada *software* ABAQUS dimana *software* ini mampu melakukan *modeling* hingga *assemblies* benda uji lalu menganalisa benda uji dan mengvisualisasikan hasil analisa elemen hingga, sehingga didapatkan hasil dari penelitian pada 3 fase ereksi yaitu, fase *lifting* dimana pada fase ini *halfslab* mampu mempertahankan struktur nya dengan hasil analisa lendutan $2,54E-06$ mm berikutnya fase *overtopping* memiliki nilai lendutan $3,19E-05$ mm lalu proses komposit dengan hasil lendutan $0,2$ mm dimana nilai tersebut lebih kecil dari yang diisyaratkan yaitu $Lx/240$. Perhitungan secara analisis juga kami lakukan untuk menentukan nilai regangan pada batang tarik dan tekan pada pelat komposit. Sehingga dari penilaian tersebut kekakuan dari *halfslab* dapat mendekati nilai pada pelat konvensional. Kedepannya diharapkan dapat menjadikan bagian dari referensi dari penggunaan *halfslab* dengan model dan ukuran yang serupa pada tahapan pengerjaan proyek bangunan lainnya.

Kata Kunci—Concrete Damage Plasticity, *Halfslab*, *Highrise Building*, Metode Elemen Hingga

I. PENDAHULUAN

Pelat lantai adalah bagian dari struktur bangunan yang memiliki struktur bidang datar dan lurus dengan tebal jauh lebih kecil dibanding dimensi lainnya [1]. Berdasar jenis metode struktur pelat lantai gedung terbagi menjadi 4 jenis yaitu [2]: (1) Pelat metode konvensional dimana pengerjaannya dikerjakan di tempat (*cast in situ*) dengan bekisting dan perancah, (2) Pelat metode *halfslab* dimana pengerjaan pelat separuh dikerjakan dengan sistem *precast* dan sebagian dikerjakan dengan pengecoran di tempat, (3) Pelat *full precast* yang menggunakan keseluruhan struktur pelat dengan beton *precast*. (4) Pelat metode bondek, yang dikerjakan dengan menghilangkan tulangan bawah dan menggantikan dengan pelat bondek.

Dewasa ini perkembangan dalam dunia konstruksi mulai banyak menggunakan pelat *halfslab* sebagai salah satu metode pengerjaan pelat lantai struktur dengan keunggulan daintaranya dapat dijadiakan sebagai bekisting

untuk pengecoran pelat di atasnya (*overtopping*) yang bila dibandingkan dengan metode konvensional akan banyak membutuhkan bekisting dan sampahnya dapat merusak lingkungan, *overtopping* yang digunakan pada permukaan *halfslab* dapat berfungsi sebagai diafragma seperti jembatan yang dapat menyatukan antar pelat *pracetak* lainnya sehingga penyebaran beban dapat merata dan mampu menopang beban yang besar, dengan penggunaan *halfslab* dan *overtopping* secara tidak langsung pelat lebih tahan dan kedap air atau suara sehingga memiliki *service ability* lebih baik [3].

Dengan telah banyaknya penggunaan metode *halfslab* pada berbagai proyek baik itu *highrise building*, *port*, maupun bangunan konstruksi lainnya karena keuntungannya dari sisi pengerjaan dan penggunaan biaya, maka para peneliti mulai banyak belakukan bagaimana efektifitas metode ini ditinjau dari sisi struktur yang mana hal ini merupakan bagian penting dalam perencanaan yang harus diperhatikan dan



memenuhi prasyarat yang tercantum dalam SNI 03-2847-2013 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, selain itu harus memenuhi standar keamanan kerja OHSAS dan K3L. Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk menilai *halfslab* dari efektifitas sambungan antar *halfslab* dengan analisa elemen hingga [4], kehandalan *halfslab* akibat pembebanan grafitasi dan gempa bumi [3], juga pemodelan struktur *halfslab* terhadap pembebanan momen dua arah pada struktur dermaga [5] maka penelitian ini akan mengevaluasi kinerja sistem *halfslab* pada pelat lantai struktur proyek apartemen Gunawangsa Tidar terhadap proses ereksinya mulai dari *lifting*, *overtopping*, dan setelah komposit dengan metode analisa elemen hingga.

Tujuannya adalah untuk mengetahui kinerja sistem *halfslab* pada fase ereksinya untuk memenuhi standar desain beton pracetak, dan persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung.

Untuk menghindari meluasnya dari penelitian ini dikarenakan dibatasi oleh waktu dalam pengerjaan penelitian ini maka pembahasan masalah dibatasi pada :

1. Tidak melakukan perhitungan efisiensi biaya dan waktu dari penggunaan sistem *halfslab*.
2. Tidak membahas pengaruh bahan terhadap lendutan
3. Tidak membahas struktur lantai yang dikerjakan dengan metode konvensional
4. Tidak membahas perencanaan desain dan tulangan dari *halfslab*, desain menggunakan benda uji dari *halfslab* yang digunakan pada proyek Apartemen Gunawangsa Tudar Surabaya.

II METODE PENELITIAN

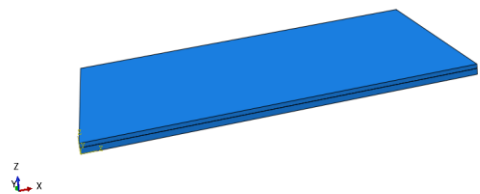
Metode penelitain yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Pengumpulan Data Dan Studi Literatur

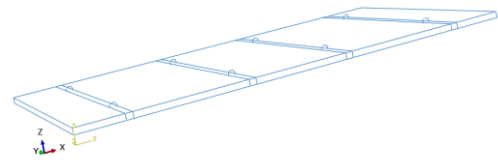
Data yang digunakan adalah data perencanaan yang ada pada proyek Apartemen Gunawnagsa Tidar Surabaya, lalu melakukan studi literatur terhadap topik penelitian untuk mencari data ilmiah dan data teoritas yang menunjang penelitian

2. Pemodelan dengan *software* elemen hingga

Pemodelan benda uji mengikuti data perencanaan proyek, baik dimensi, dan penulangannya untuk dimasukkan pada tahapan pemodelan *software* elemen hingga



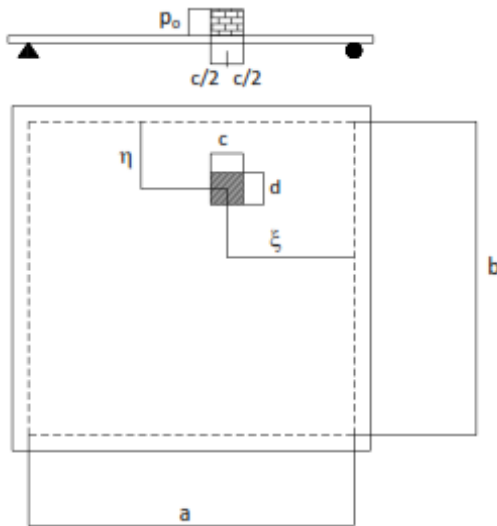
Gambar 1 Pemodelan Halfslab Dan Pelat Komposit Dengan Alat Bantu Software



Gambar 2 Pemodelan Halfslab Dengan Alat Bantu Software

3. Pembebanan
Pembebanan diterapkan sesuai rujukan standar SNI 03-2847-2013, dan dilakukan dengan teknik *loading-unloading* untuk dapat mengetahui pergerakan *stress*, *strain* dan *displacement* dari tahapan pembebanan bertahap.
 4. Momen retak
Retak beton dapat terjadi akibat tarik langsung, lentur, geser dan torsi. Pada penelitian ini retak akibat lentur yang mana diatur dalam SNI maupun ACI momen retak pada beton dibatasi oleh persamaan berikut [4] :
- $$M_c = f_r \cdot I_g / Y_t \quad (1)$$
5. Momen Dan Lendutan Pada Beton Dua Arah

Menganalisis momen dan lendutan pelat beton dua arah adalah dengan menggunakan *deret fourier* untuk menghitung lendutan dan momen pada pelat dua arah seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah dengan persamaan berikut [1] :



Gambar 3 Model Pembebanan pada pelat dua arah

Persamaan untuk lendutan :

$$w = \frac{16p_0}{D\pi^6} \sum \sum \frac{\sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b} \sin \frac{m\pi c}{2a} \sin \frac{n\pi d}{2b}}{mn \left[\frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2} \right]} x \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b^2}$$

dengan $m = 1,2,3, \dots$ dan $n = 1,2,3, \dots$ (2)

Persamaan untuk momen :

$$(m_x)_{\max} = k_1 c d p_0 \quad (3)$$

$$(m_z)_{\max} = k_2 c d p_0 \quad (4)$$

Dengan nilai k_1 & k_2 :

Tabel 1
Perhitungan Nilai k_1 dan k_2 :

d/a \ c/a	0	0.2	0.4	0.6
0	∞	0.251	0.180	0.141
0.2	0.308	0.214	0.161	0.127
0.4	0.232	0.179	0.141	0.113
0.6	0.188	0.150	0.121	0.099

- Analisa Momen dengan *software*
Analisa ini dilakukan untuk mengetahui nilai momen yang terjadi pada *halfslab* saat menerima beban dengan *software* SAP.
- Analisa FEM dengan *software*

Analisa dimulai dari pendefinisian *material properties* sebagai berikut :

(a) Material beton

Material beton pada *software* ini harus didefinisikan sesuai dengan perilaku beton pada program *finite element*. *Concrete Damage Plasticity* (CDP) adalah mekanisme yang menggambarkan kegagalan *cracking* beton pada kondisi tarik ϵ_t^{pl} dan *crushing* pada kondisi tekan ϵ_c^{pl} [6] & [7], dimana CPD ini dapat menjadi model konsstitutif yang mampu memodelkan perilaku kompleks dari material beton, mampu memodelkan material *quasi-brittle* pada semua elemen solid menggunakan beban monotonik, siklik maupun beban dinamis.

Pada mekanisme CDP untuk *finite element* terdiri dari 3 parameter yaitu *Plasticity* beton, *Compression Behavior*, dan *Tensile Behaviour*. Tabel *default parameter of plasticity* dari beton telah diferensikan pada penelitian sebelumnya oleh P. Kmiecik dan M. Kaminski [6]& [7].

Tabel 2 Parameter *Plasticity* Beton

Dilation Angle	Eccentricity	f_{b0} / f_{c0}	K	Viscosity Parameter
36	0,1	1,16	0,67	0

Compression behaviour, terdiri dari variabel *inelastic strain* dan *compression stress*, untuk tegangan tekan σ_c yang merupakan fungsi dari regangan uniaksial tekan ϵ_c diperoleh dari persamaan:

$$\sigma_c = f_{cm} \frac{k\eta - \eta^2}{1 + (k-2)\eta}, \eta \leq \frac{\epsilon_{cul}}{\epsilon_c}, \dots \text{titik B - C - D} \quad (5)$$

Dimana nilai f_{cm} adalah nilai kuat tekan rata – rata beton pada hari ke 28 pada benda uji silinder :

$$f_{cm} = f_c + 8 \text{ (dalam MPa) sesuai eurocode 2 [8]} \quad (6)$$

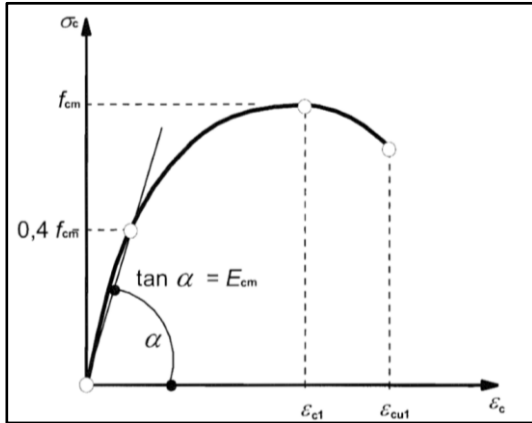
Lalu nilai k & η dan E_{cm} sesuai dengan yang didefinisikan pada eurocode 2 [8] :

$$k = 1,05 \epsilon_{c1} E_{cm} / f_{cm} \quad (7)$$

$$\eta = \epsilon_c / \epsilon_{c1} \quad (8)$$

$$E_{cm}(GPa) = 22 \left[\frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3} \quad (9)$$

$$\varepsilon_{c1} = 0,0014[2 - \exp(-0,0024f_{cm}) - \exp(-0,14f_{cm})] \quad (10)$$



Gambar 4 Kurva hubungan stress-strain sesuai eurocode 2

Dari kurva dan persamaan di atas agar tidak mengalami *overestimasi* kurva pada gambar 3 diperpanjang dengan persamaan [9], [10], [11]& [12]:

$$\sigma_c = \left\{ f_{cm} \left[\frac{1}{\beta} - \frac{\sin(\mu^{\alpha_{tD}} \cdot \alpha_{tE} \pi/2)}{\beta \cdot \sin(\alpha_{tE} \pi/2)} + \frac{\mu}{\alpha} \right] \right\} \quad (11)$$

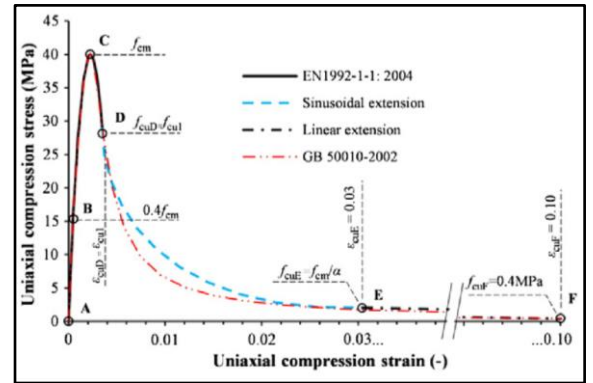
$$\varepsilon_{cuD} < \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cuE} \dots \text{titik D - E}$$

$$\sigma_c = \frac{\{f_{cuE}(\varepsilon_{cuF} - \varepsilon_c) + f_{cuF}(\varepsilon_c - \varepsilon_{cuE})\}}{(\varepsilon_{cuF} - \varepsilon_{cuE})} \quad (12)$$

$$\varepsilon_c > \varepsilon_{cuE}, \dots \text{titik E - F}$$

Dimana $\mu = (\varepsilon_c - \varepsilon_{cuD}) / (\varepsilon_{cuE} - \varepsilon_{cuD})$ adalah koordinat relatif antara titik D-E dan $\beta = f_{cm} / f_{cu1}$, titik D didefinisikan sebagai $\varepsilon_{cuD} = \varepsilon_{cu1}$ dan $f_{cuD} = f_{cu1} = \sigma_c(\varepsilon_{cu1})$. Dan akhir dari kurva persamaan sinusoidal pada regangan ε_{cuE} dan f_{cuE} mengalami pengurangan oleh faktor $\alpha = f_{cm} / f_{cuE}$ pada titik kurva E. Akhir

kurva pada titik F ditandai dengan kekuatan sisa beton $f_{cuF} = 0,4 \text{ Mpa}$, faktor pengurang $\alpha = 20$ dan regangan $\varepsilon_{cuE} = 0,03$ dimana nilai tersebut telah dikalibrasi berdasar uji eksperimental. Nilai dari faktor $\alpha_{tD} = 0,5$ dan $\alpha_{tE} = 1,0$ adalah garis singgung sudut sinusoidal pada titik D dan E, juga diambil dari pertimbangan untuk memperhalus kurva sinusodia



Gambar 5 Kurva tegangan – regangan beton akibat beban tekan uniaksial

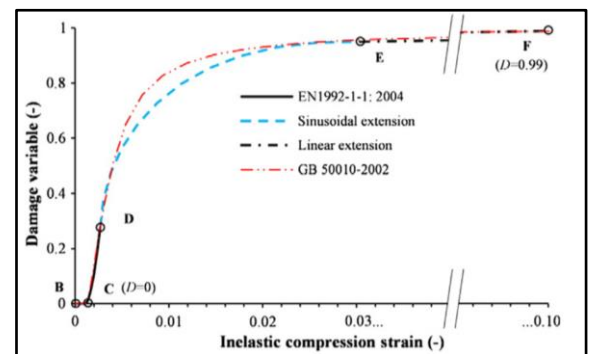
Tension Behavior, terdiri dari *Tension stress* dan *Cracking strain*, untuk mendapatkan parameter tersebut diberlakukan hubungan antara regangan uniaksial tarik ε_t dan tegangan uniaksial tarik σ_t . Tegangan tarik meningkat secara linear hingga mencapai titik f_{ct} , lalu setelahnya terdegradasi hingga mencapai $\varepsilon_t = 0,001$ [13]& [14]. Persamaan yang berlaku adalah :

$$\sigma_t = f_{ct} \left(\frac{\varepsilon_{cr}}{\varepsilon_1} \right)^{0,4} \quad \varepsilon_1 \leq \varepsilon_{cr} \quad (13)$$

Dengan ε_{cr} adalah regangan saat beton mengalami retak dan f_{ct} adalah tegangan saat beton mengalami tarik puncak.

Damage parameter, didapatkan dari nilai kurva Gambar 4. Yang merupakan rasio antara *undamage* dan *damage* dari beton dengan persamaan [9], [10], [11]& [12] :

$$d_c = 1 - \sigma_c / f_{cm} \quad \text{dan} \quad d_t = 1 - \sigma_t / f_{ct} \quad (14)$$



Gambar 6 Kurva damage parameter

B. Material Baja

Pada material baja *properties* yang dibutuhkan adalah *Plasticity strain*. Parameter *plasticity* tulangan pada

numerical modelling, nilai plasticity tulangan diperoleh dari persamaan [4] :

$$\text{True Stress} : \sigma_{true} = \sigma_{nom}(1 + \epsilon_{nom}) \quad (15)$$

$$\text{True strain} : \epsilon_{true} = \ln(1 + \epsilon_{nom}) \quad (16)$$

$$\text{Plastic strain} : \epsilon_{pl} = \epsilon_{true} - \left(\frac{\epsilon_{true}}{E}\right) \quad (17)$$

8. *Assembly Component Properties*

Pada tahapan ini komponen/ part yang telah disiapkan pada proses penggambaran model, akan dirangkai menjadi 1 kesatuan model yang akan dianalisa

9. Pendefinisian Beban dan *boundary condition*

Tahapan ini adalah pendefinisian rencana beban dan titik tumpu dari model yang akan dianalisa. Untuk model akan dikondisikan sesuai keadaan di lapangan dimana pada ke-empat sisi *halfslab* ditumpu dengan jepit, baik pada arah X,Y dan Z. Untuk *interaction* antar tulangan dengan beton pracetak begitu juga dengan beton *overlapping* didefinisikan dalam keadaan *embeded* untuk mendefinisikan kondisi tidak terjadi slip antara beton dan tulangan, untuk penggabungan antara beton pracetak dengan beton *overlapping* pada tahapan komposit pada penelitian ini diasumsikan tergabung sempurna karena terdapat *connector shear* yang cukup kuat untuk menahan geser, dan pada program ini didefinisikan dengan fasilitas *TIE*.

10. *Meshing*

Tahapan ini adalah pendefinisian dari elemen – elemen yang dianalisis. Pada program ini meshing yang dilakukan adalah sebagai berikut [4]:

- a) Kontrol *MESH* untuk menentukan bentuk elemen yang digunakan untuk perhitungan elemen hingga :
 - *Hex*
 - *Hex – dominated*
 - *Tet*
 - *Wedge*
- b) Tipe elemen yang digunakan termasuk standart, linear atau *quadratic*

- c) Ukuran elemen yang bisa ditentukan secara otomatis oleh program. Ukurannya bisa disesuaikan dengan mempertimbangkan ukuran jarak tulangan yang digunakan

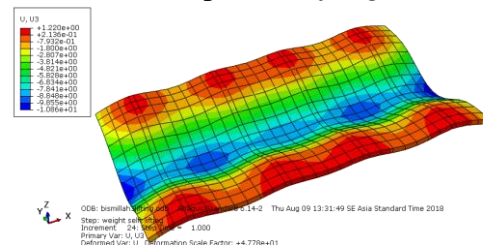
11. *Running Model*

Tahap ini adalah tahap dimana program menganalisis model yang telah disiapkan secara numerik

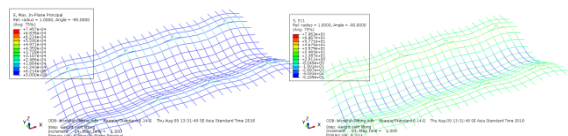
III HASIL PENELITIAN

Dari persamaan – persamaan diatas, dilakukan analisa perhitungan dengan analitik dan *software* didapatkan :

1. Hasil analisa FEM dengan *software* ABAQUS saat proses *Lifting*



Gambar 7 Visual FEM hasil Abaqus untuk nilai lendutan



Gambar 9. *Strain* pada tulangan Gambar 8 *Stress* pada tulangan

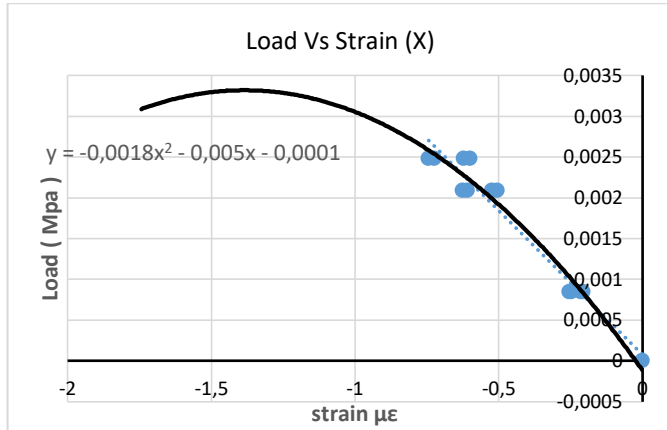
Tabel 3
 Hasil Analisa FEM dengan Abaqus (proses *lifting*)

Load	Stress sumbu X	Stress sumbu Y	Stress sumbu Z	Strain sumbu X	Strain sumbu Y	Strain sumbu Z	Lendutan ARAH x	Lendutan Arah Z
Mpa	µε	µε	µε	µε	µε	µε	mm	mm
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.000846	0.007879	0.133611	-0.00058	-0.2045	4.0205	-0.4886	-0.015242	-3.2678
0.000846	0.00645	0.132962	-0.00026	-0.2466	4.0045	-0.4723	-0.015242	-3.2678
0.000846	0.007904	0.13613	-0.00065	-0.2119	4.0969	-0.4992	-0.015242	-3.2678
0.000846	0.006505	0.135534	-0.00018	-0.2538	4.0819	-0.4784	-0.015242	-3.2678
0.002086	0.019423	0.329379	-0.00142	-0.5041	9.9113	-1.2045	-0.037575	-8.0558
0.002086	0.0159	0.327779	-0.00065	-0.6080	9.8720	-1.1642	-0.037575	-8.0558
0.002086	0.019484	0.335589	-0.00159	-0.5224	10.0996	-1.2306	-0.037575	-8.0558
0.002086	0.016035	0.334119	-0.00044	-0.6257	10.0628	-1.1795	-0.037575	-8.0558
0.00248	0.02309	0.391537	-0.00169	-0.5992	11.7817	-1.4319	-0.044665	-9.5761
0.00248	0.018903	0.389636	-0.00078	-0.7227	11.7350	-1.3839	-0.044665	-9.5761
0.00248	0.023165	0.398921	-0.00189	-0.6208	12.0056	-1.4629	-0.044665	-9.5761

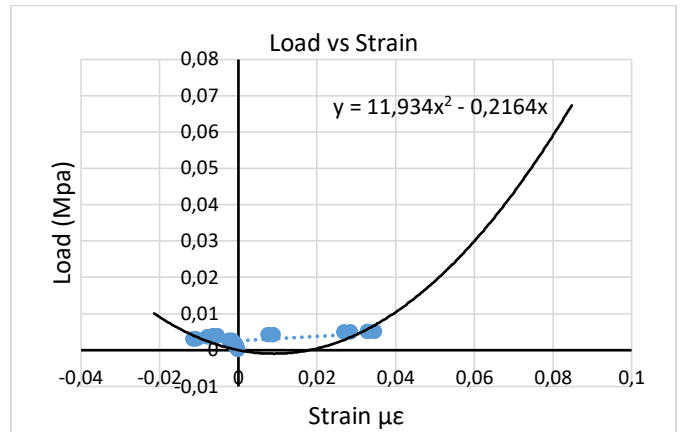
0.00248	0.019065	0.397172	-0.00053	-0.7437	11.9618	-1.4021	-0.044665	-9.57
---------	----------	----------	----------	---------	---------	---------	-----------	-------

Load	Lendutan ARAH X	Lendutan ARAH Y	Lendutan ARAH Z
Mpa	mm	mm	mm
0.002283	2.38E-09	-3.8E-06	0.000359
0.00248	2.34E-09	-4.4E-06	0.0004
0.00248	2.34E-09	-4.4E-06	0.0004
0.002903	2.04E-09	-4.2E-06	0.000544
0.003523	1.56E-09	-4E-06	0.000753
0.00372	1.54E-09	-3.9E-06	0.000819
0.00372	1.54E-09	-3.9E-06	0.000819
0.004143	1.56E-09	-5.1E-06	0.001001
0.004763	1.55E-09	-6.9E-06	0.001272
0.00496	1.6E-09	-7.8E-06	0.00136

Didapatkan dari tabel 3 di atas bahwa ketika halfslab mengalami proses *lifting* lendutan yang dialami adalah 9,58 mm ke arah negatif sumbu – Z



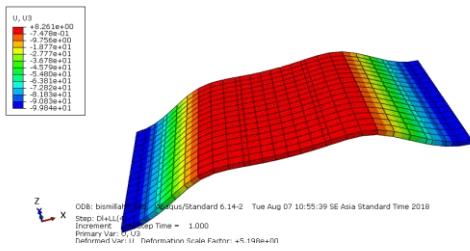
Gambar 10 Grafik load vs strain yang dialami halfslab saat proses *lifting*



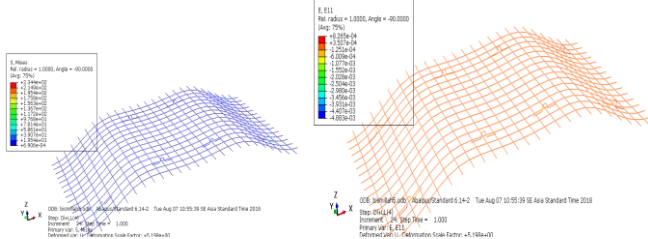
Gambar 14 Load vs strain yang terjadi saat proses *overlapping*

2. Hasil analisa FEM dengan Abaqus pada proses *Overlapping*

Dari tabel 4 dan gambar 14 di atas didapatkan nilai lendutan yang terlampir pada tabel 4.9 dimana lendutan terbesar yang terjadi pada saat proses *overlapping* terletak pada bagian tengah halfslab dengan nilai 0.00136 mm dengan nilai strain 0.0347 µε

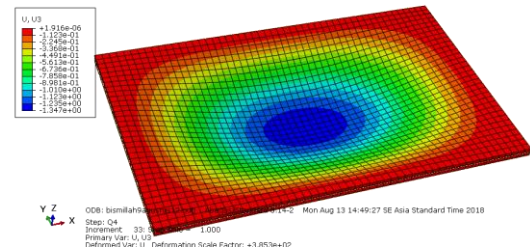


Gambar 11 Visual hasil FEM oleh Abaqus



Gambar 13 *Strain* pada tulangan Gambar 12 *Stress* pada tulangan

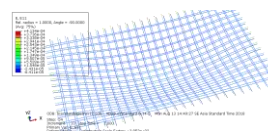
3. Hasil analisis FEM dengan Abaqus saat telah komposit



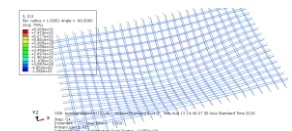
Gambar 15 Visual analisa FEM pada proses setelah komposit

Tabel 4
 Hasil analisa FEM dengan Abaqus (proses *overlapping*)

Load	Lendutan ARAH X	Lendutan ARAH Y	Lendutan ARAH Z
Mpa	mm	mm	mm
0	0	0	0
0.000423	3.21E-10	-4.8E-07	4.58E-05
0.001043	7.91E-10	-1.2E-06	0.000113
0.00124	9.4E-10	-1.4E-06	0.000134
0.00124	9.4E-10	-1.4E-06	0.000134
0.001663	1.58E-09	-2.4E-06	0.000226



Gambar 17 *Strain* tulangan



Gambar 16 *Stress* tulangan



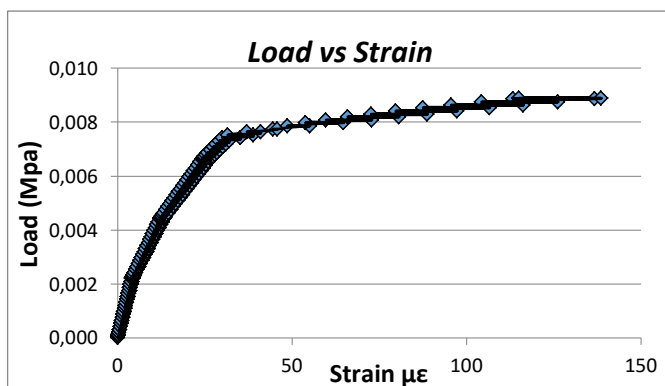
Tabel 5
 Hasil Analisa FEM oleh Abaqus pada proses setelah komposit

Load	Lendutan ARAH x	Lendutan ARAH Y	Lendutan ARAH Z
Mpa	mm	mm	mm
0.0	0	0	0
0.00002	3.1E-10	7.41E-06	-0.00343
0.00004	6.21E-10	1.48E-05	-0.00686
0.00008	1.09E-09	2.59E-05	-0.012
0.00013	1.79E-09	4.26E-05	-0.01971
0.00020	2.83E-09	6.76E-05	-0.03128
0.00031	4.39E-09	0.000105	-0.04841
0.00042	5.94E-09	0.000142	-0.06555
0.00054	7.49E-09	0.000179	-0.08269
0.00065	9.04E-09	0.000216	-0.09983
0.00076	1.06E-08	0.000253	-0.11696
0.00087	1.21E-08	0.00029	-0.1341
0.00098	1.37E-08	0.000327	-0.15124
0.00109	1.53E-08	0.000364	-0.16838
0.00120	1.68E-08	0.000401	-0.18551
0.00131	1.84E-08	0.000438	-0.20265
0.00142	1.99E-08	0.000475	-0.21979
0.00153	2.15E-08	0.000512	-0.23693
0.00165	2.3E-08	0.000549	-0.25406
0.00176	2.46E-08	0.000586	-0.2712
0.00187	2.61E-08	0.000624	-0.28834
0.00198	2.77E-08	0.000661	-0.30548
0.00209	2.92E-08	0.000698	-0.32262
0.00220	3.08E-08	0.000735	-0.33975
0.00222	3.1E-08	0.000741	-0.34275
0.00222	3.1E-08	0.000741	-0.34275
0.00224	3.17E-08	0.000756	-0.34962
0.00226	3.23E-08	0.000771	-0.35649
0.00230	3.32E-08	0.000793	-0.3668
0.00235	3.46E-08	0.000827	-0.38226
0.00242	3.67E-08	0.000877	-0.40545
0.00253	3.98E-08	0.000951	-0.4398
0.00264	4.29E-08	0.001025	-0.47415
0.00276	4.61E-08	0.0011	-0.5085
0.00287	4.92E-08	0.001174	-0.54285
0.00298	5.23E-08	0.001248	-0.57721
0.00309	5.54E-08	0.001323	-0.61156
0.00320	5.85E-08	0.001397	-0.64591

Load	Lendutan ARAH x	Lendutan ARAH Y	Lendutan ARAH Z
Mpa	mm	mm	mm
0.00331	6.16E-08	0.001471	-0.68026
0.00342	6.47E-08	0.001545	-0.71462
0.00353	6.78E-08	0.00162	-0.74897
0.00364	7.1E-08	0.001694	-0.78332
0.00375	7.41E-08	0.001768	-0.81767
0.00387	7.72E-08	0.001843	-0.85203
0.00398	8.03E-08	0.001917	-0.88638
0.00409	8.34E-08	0.001991	-0.92073
0.00420	8.65E-08	0.002065	-0.95508
0.00431	8.96E-08	0.00214	-0.98944
0.00442	9.27E-08	0.002214	-1.02379
0.00444	9.33E-08	0.002227	-1.0298
0.00444	9.33E-08	0.002227	-1.0298
0.00446	9.42E-08	0.002249	-1.0401
0.00448	9.51E-08	0.002271	-1.0504
0.00452	9.65E-08	0.002305	-1.06584
0.00457	9.86E-08	0.002355	-1.08901
0.00464	1.02E-07	0.00243	-1.12377
0.00475	1.06E-07	0.002542	-1.17526
0.00486	1.11E-07	0.002653	-1.22675
0.00498	1.16E-07	0.002764	-1.27824
0.00509	1.2E-07	0.002876	-1.32973
0.00520	1.25E-07	0.002987	-1.38122
0.00531	1.3E-07	0.003098	-1.43271
0.00542	1.34E-07	0.00321	-1.4842
0.00553	1.39E-07	0.003321	-1.53569
0.00564	1.44E-07	0.003432	-1.58718
0.00575	1.48E-07	0.003544	-1.63867
0.00586	1.53E-07	0.003655	-1.69016
0.00597	1.58E-07	0.003766	-1.74165
0.00609	1.62E-07	0.003878	-1.79314
0.00620	1.67E-07	0.003989	-1.84463
0.00631	1.72E-07	0.0041	-1.89612
0.00642	1.76E-07	0.004212	-1.94761
0.00653	1.81E-07	0.004323	-1.9991
0.00664	1.86E-07	0.004434	-2.05059
0.00666	1.87E-07	0.004454	-2.0596
0.00666	1.87E-07	0.004454	-2.0596
0.00668	1.88E-07	0.004484	-2.07332



Load	Lendutan ARAH x	Lendutan ARAH Y	Lendutan ARAH Z
Mpa	mm	mm	mm
0.00670	1.89E-07	0.004513	-2.08705
0.00674	1.91E-07	0.004558	-2.10764
0.00679	1.94E-07	0.004625	-2.13852
0.00686	1.98E-07	0.004725	-2.18484
0.00697	2.04E-07	0.004873	-2.25347
0.00708	2.1E-07	0.005022	-2.3221
0.00720	2.17E-07	0.00517	-2.39073
0.00731	2.23E-07	0.005318	-2.45936
0.00742	2.33E-07	0.005461	-2.52807
0.00753	1.93E-07	0.005466	-2.59782
0.00764	2.39E-07	0.005633	-2.66885
0.00775	2.17E-07	0.005999	-2.74241
0.00786	2.1E-07	0.006414	-2.81761
0.00797	2.08E-07	0.006889	-2.89396
0.00808	2.15E-07	0.007378	-2.97201
0.00819	2.27E-07	0.007846	-3.05282
0.00831	2.33E-07	0.008333	-3.13617
0.00842	2.27E-07	0.008842	-3.22264
0.00853	2.23E-07	0.009384	-3.31358
0.00864	1.82E-07	0.009969	-3.40786
0.00875	1.59E-07	0.010614	-3.50526
0.00886	1.81E-07	0.011284	-3.60605
0.00888	1.84E-07	0.011403	-3.62394



Gambar 18 Load vs Strain pada proses setelah komposit

Dari tabel 5 dan gambar 18 di atas didapatkan nilai lendutan yang terjadi saat pelat halfslab dan pelat overtopping telah menyatu menjadi pelat utuh dan diberikan beban merata dengan nilai lendutan terbesar adalah 3,62 mm ke arah negatif pada sumbu - z

4. Perhitungan Teoritis

- R_n (faktor tahanan momen) = 0.88296 mm
 $< R_{max} = 6.5736$ mm yang berarti secara teoritis menurut standar SNI , pelat mampu menahan lendutan akibat beban rencana.
- Momen Kapasitas pelat komposit (M_{kap}) = 58.26 kNm
- Beban layan yang dapat diterima oleh pelat komposit adalah 24.48 Ton
- Momen *crack* (M_{cr}) pelat komposit = 24.48 kNm
- Dari M_{cr} regangan yang terjadi pada pelat komposit sisi bawah adalah = 93,8 $\mu\epsilon$
- Regangan pada tulangan tekan = 93,75 $\mu\epsilon$ (sisi luar) dan - 93,7 $\mu\epsilon$ (sisi dalam)
- Regangan pada tulangan tarik = 93,55 $\mu\epsilon$ (sisi dalam) dan 93,69 $\mu\epsilon$ (sisi luar)

IV KESIMPULAN

Secara visual ABAQUS mampu memperlihatkan kinerja gaya yang bekerja pada halfslab. Model yang diujikan pada penelitian ini mampu membuktikan halfslab pada lokasi uji proyek Gunawangsa Tidar mampu memenuhi standart struktur yaitu nilai lendutan dibawah batas isyarat pelat yaitu $L_x / 240 = 13,71$ mm, dengan lendutan total pada posisi komposit adalah 3,624 mm

V DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Szilard, Theories And Applications of Plate Analysis, Hoboken, New Jersey: John Willey & Sons inc, 2004.
- [2] Ahadi, "ilmusipil.com," 3 November 2013. [Online]. Available: www.ilmusipil.com. [Accessed February 2018].
- [3] M. H. Wijaya, "Evaluasi Kinerja Hlaf Slab Akibat Pembebanan Gravitasi dan Gempa Bumi," Universitas Indonesia, Jakarta, 2011.
- [4] D. Irawan, "Model Sambungan Antar Komponen Beton Pracetak pada Sistem Half Slab Precast Dua Arah," Institute Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2017.



- [5] O. Arifianto, "Studi Permodelan Struktur Half Slab Dengan Pembebanan Momen Dua Arah Pada Struktur Dermaga PT. Petrokimia Gresik Dengan Bantuan Software Finite Element," Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, Surabaya, 2015.
- [6] P. Kmiecik, "Modelling of Reinforced Concrete Structures adn Composite structures with Concrete Strength Degradation Taken Info Consideration," *Archives Of Civil And Mechanical Engineering*, pp. 623-636, 2011.
- [7] M. Kaminski, "Modelling of Reinforced Concrete Structures adn Composite structures with Concrete Strength Degradation Taken Info Consideration," *Archives Of Civil And Mechanical Engineering*, pp. 623-636, 2011.
- [8] EN 1992 1-1, Eurocode 2 : Design of Concrete Structures Part 1-1 : General Rules and Rules for Building, Brussels: European Committee for Standardization (CEN), 2004.
- [9] M. Pavlovic, "Bolted shear connectors vs headed studs behaviour in push-out tets," *Journal of Constructional steel research*, pp. 134-149, 2013.
- [10] Z. Markovic, "Bolted shear connectors vs headed studs behaviour in push-out tets," *Journal of Constructional steel research*, pp. 134-149, 2013.
- [11] M. Veljkovic, "Bolted shear connectors vs headed studs behaviour in push-out tets," *Journal of Constructional steel research*, pp. 134-149, 2013.
- [12] D. Budevac, "Bolted shear connectors vs headed studs behaviour in push-out tets," *Journal of Constructional steel research*, pp. 134-149, 2013.
- [13] T. Wang, "Nonlinear finite element analysisof concrete structures using new constitutive models," 79, pp. 2781-2791, 24 January 2001.
- [14] T. T. Hsu, "Nonlinear finite element analysisof concrete structures using new constitutive models," 79, pp. 2781-2791, 24 January 2001.