

Volume 4, No 2, Desember 2019

PERILAKU STRUKTUR LANTAI PSSDB (*PROFILED STEEL SHEET DRY BOARD*) DENGAN LUBANG BULAT DITENGAH

Muhammad Yazid

Teknik Sipil Universitas Abdurrah
Jl. Riau Ujung No. 73, Pekanbaru Indonesia
email : Muhammad.yazid@univrab.ac.id

ABSTRACT

The knowledge on the behaviour of a building structure is very important in order to predict the behaviour of the structure before it is constructed. This is to ensure that the structure is safe to be used. New current modern technology is now able to predict the behaviour of a structure through computer simulation as a replacement to laboratory tests. However, laboratory tests will also have to be performed in order to validate the proposed computer models. This thesis illustrates the prediction of the structural behaviour of Profiled Steel Sheet Dry Board (PSSDB) which is a structural composite floor system constructed of Bondek II (profiled steel sheeting), Cemboard (dry board) connected via Power Drive DX14 (self drilling, self tapping screws). The floor structure is loaded with a uniformly distributed loading and its behaviour due to the openings at the center of the panel analysed using a finite element perangkat lunak package, LUSAS-FE. The one-way spanning plate have been analysed in this research. The increase in deflection in the longitudinal direction is found to be more influenced by the presence of the opening than the deflection in the transverse direction. The average percentage of the increase in deflection of the one-way spanning plate due to the presence of 20%, 40%, and 60% opening of its overall width are 36%, 108%, and 184% respectively in comparison to the deflection of plate without opening. It has been found that as the size of opening increases, the deflection also increased.

Keywords: PSSDB, BONDEK II, Opening, Deflection

ABSTRAK

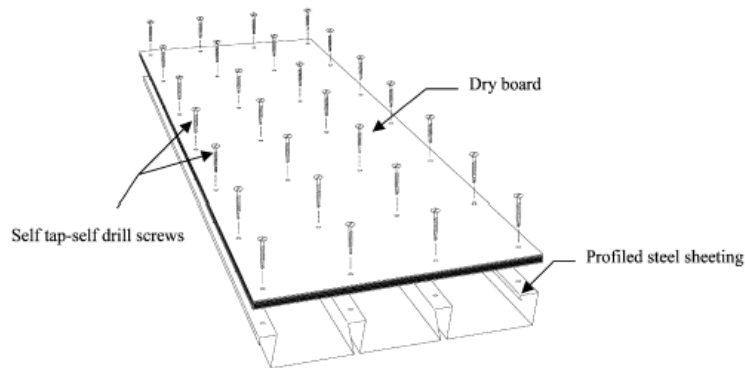
Ilmu pengetahuan tentang perilaku suatu struktur bangunan sangat penting untuk memprediksi perilaku struktur tersebut sebelum dibangun. Hal ini untuk memastikan bahwa struktur tersebut aman digunakan. Teknologi modern sekarang ini mampu untuk memprediksikan perilaku suatu struktur dengan membuat simulasi computer sebagai pengganti hasil uji laboratorium. Meskipun demikian, hasil uji laboratorium perlu dilakukan untuk membenarkan model komputer yang disimulasikan. Tesis ini memperlihatkan perkiraan perilaku struktur komposit baja lempengan profil papan kering PSSDB (Profiled Steel Sheeting Dry Board) yang dibangun dari lempengan baja berprofil BONDEK II dan Papan Kering CEMBOARD, yang dihubungkan menggunakan baut ulir self drill POWER DRIVE DX14. Struktur lantai ini menahan beban merata dan diteliti kelakuannya bagi berbagai ukuran lubang (lubang) ditengah panel, menggunakan perangkat lunak elemen hingga LUSAS-FE. Plat lantai bentang satu arah telah dianalisis pada penelitian ini. Hasil dari penelitian ini didapati bahwa lendutan pada arah longitudinal meningkat sebagai pengaruh dari keberadaan lubang daripada lendutan pada arah transversal. Persentase rata-rata dari peningkatan lendutan dari plat dengan bentangan satu arah sebagai akibat dari lubang 20%, 40% dan 60% dari lebar plat tersebut adalah masing-masing 36%, 107% dan 185% dibandingkan dengan lendutan dari plat tanpa lubang. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar ukuran lubang maka lendutan juga semakin meningkat.

Kata Kunci: PSSDB, BONDEK II, lubang, lendutan

1. Pendahuluan

Suatu uji laboratorium untuk sebuah struktur lantai yang berukuran besar memerlukan biaya yang tinggi dan memakan waktu serta tenaga. Penggunaan analisis metode unsur terhingga telah terbukti dapat memprediksi perilaku dari suatu struktur yang hampir mendekati dengan keputusan yang didapati dari uji laboratorium. Analisis unsur terhingga merupakan metode yang paling tepat untuk menganalisis perilaku secara keseluruhan dari struktur komposit[6]. Berbagai parameter dapat dipisahkan secara sistematis dengan tujuan untuk memudahkan dalam melihat pengaruh dari masing-masing parameter terhadap perilaku dari struktur.

Penggunaan metode unsur terhingga juga telah dilakukan untuk menganalisis struktur PSSDB. Penelitian sebelum ini menunjukkan bahwa analisis metode unsur terhingga yang didapati tidak jauh berbeda dengan hasil uji di laboratorium[1][2][3][4][5][6]. Penelitian ini menggunakan struktur lantai Plat Baja Berprofil Papan Kering atau Profiled Steel Sheeting Dry Board (PSSDB) yang merupakan struktur komposit yang sedang dikembangkan di Universiti Kebangsaan Malaysia. Penggunaan bahan komposit ini semakin meluas, mulai dari struktur lantai, dinding maupun atap. Sistem komposit ini mulai diperkenalkan oleh Wright dan Evans pada tahun 1986 di United Kingdom. Penelitian lebih lanjut tentang sistem ini kemudiannya dilakukan di University Strathclyde dan Universiti Kebangsaan Malaysia sehingga ke hari ini. GAMBAR 1. menunjukkan sistem Bondek II/Cemboard Composite Flooring Panel (BCCFP) yang merupakan sistem PSSDB yang sedang dikembangkan di Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM).



GAMBAR 1. Sistem Komposit PSSDB

Sumber: Ahmed et al.[5]

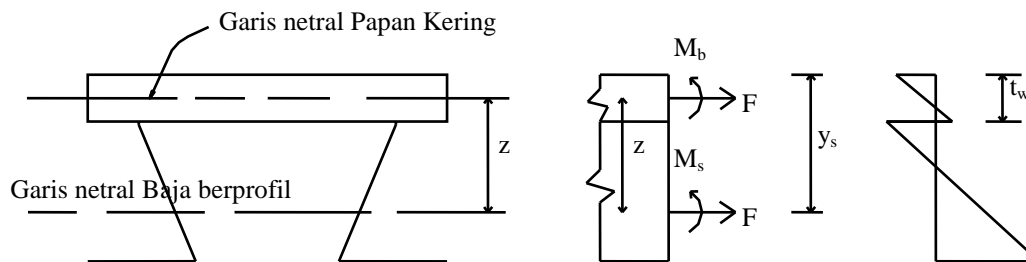
Pengujian terhadap kekuatan struktur komposit pada struktur lantai telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelum ini, di antaranya adalah Wan Badaruzzaman [10][11], Ahmed[2][3], Ahmed et al[4][5], Wan Badaruzzaman dan Wright[11], Wan Badaruzzaman et al.[12][13] dan Akhand[6].

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Beberapa Metode Dalam Analisis Plat

2.1.1. Metode Persamaan diferensial

Untuk mendapatkan sesaran pada system lantai PSSDB, Ahmed et al.[1] mengusulkan penggunaan persamaan yang berdasarkan kepada persamaan asal untuk balok komposit yang direncanakan oleh Newmark et al.[9]. Pendekatan yang dibuat adalah struktur PSSDB diandaikan sebagai balok yang tertumpu sederhana. Potongan melintang daripada balok tersebut dapat dilihat pada GAMBAR 2.



GAMBAR 2. Diagram Tegangan Struktur PSSDB

Lendutan pada balok, y dapat dicari dengan menggunakan persamaan:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = -\frac{M}{\sum EI} + \frac{Fz}{\sum EI}$$

atau

$$\sum EI \frac{d^2 y}{dx^2} = -\frac{px}{2}(1-x) + z \left[\frac{c_2}{c_1^2} p \times \text{Cosh}(\sqrt{c_1}x) - \frac{c_2}{c_1^2} p \times \text{Tanh}\left(\sqrt{c_1} \frac{1}{2}\right) \times \text{Sinh}(\sqrt{c_1}x) + \frac{c_2}{c} p \left(\frac{lx}{2} - \frac{1}{c_1} - \frac{x^2}{2} \right) \right]$$

Setelah dua kali integral, persamaan di atas menjadi:

$$\sum Ely = -\frac{plx^3}{12} + \frac{px^4}{24} + zp \left[\frac{c_2}{c_1^3} \text{Cosh}(\sqrt{c_1}x) - \frac{c_2}{c_1^3} \times \text{Tanh}\left(\sqrt{c_1} \frac{l}{2}\right) \times \text{Sinh}(\sqrt{c_1}x) + \frac{c_2}{c_1} \left(\frac{lx^3}{12} - \frac{x^2}{2c_1} - \frac{x^4}{24} \right) \right] + K_3x + K_4$$

$$\sum Ely = -\frac{plx^3}{12} + \frac{px^4}{24} + zp \frac{c_2}{c_1^3} \left[\text{Cosh}(\sqrt{c_1}x) - \text{Tanh}\left(\sqrt{c_1} \frac{l}{2}\right) * \text{Sinh}(\sqrt{c_1}x) - 1 \right]$$

$$+ zp \frac{c_2}{c_1} \left(\frac{lx^3}{12} - \frac{x^4}{24} - \frac{l^3 x}{24} \right) + zp \frac{c_2}{c_1^2} \left(\frac{lx}{2} - \frac{x^2}{2} \right) + \frac{pl^3 x}{24}$$

$$c_1 = \frac{k}{S} \frac{\overline{EI}}{EA \sum EI} ; c_2 = \frac{k}{S} \frac{z}{\sum EI} ; M = M_s + M_b + Fz ; \sum EI = E_b I_b + E_s I_s$$

$$\overline{EI} = \sum EI + \overline{EA} z^2 ; \frac{1}{EA} = \frac{1}{E_s A_s} + \frac{1}{E_b A_b}$$

Yang mana:

M_s = Momen baja

M_b = Momen papan kering

y = Lendutan

E_s = Modulus elastisitas baja

E_b = Modulus elastisitas papan kering

A_s = Luas potongan melintang baja

A_b = Luas potongan melintang papan kering

I_s = Momen inersia baja

I_b = Momen inersia papan kering

p = Beban terpusat

F = Daya yang bertindak pada tengah-tengah papan kering dan baja berprofil

x = Jarak potongan melintang dari tumpuan kiri

l = Panjang bentangan

z = Jarak di antara garis netral Baja berprofil dan Papan kering

S = Jarak di antara dua penyambung

k = Modulus penyambung

2.1.2. Analisis Unsur Terhingga

Metode unsur terhingga juga telah digunakan pada struktur sistem PSSDB, Ahmed et al.[4] telah berhasil menggunakan perangkat lunak unsur terhingga LUSAS-FE untuk menganalisis perilaku struktur lantai PSSDB. Akhand[6] juga telah menganalisis struktur lantai menerus PSSDB dengan menggunakan perangkat lunak LUSAS- FE.

2.2. Pemodelan Unsur Terhingga Pada Plat Dengan Lubang Bulat Ditengah Plat

2.2.1. Lubang Pada Sistem PSSDB

Dari penelitian yang telah dilakukan sebelum ini, beberapa kesimpulan dapat diambil yaitu:

- Sistem PSSDB telah dikembangkan secara ekstensif di UKM.
- Analisis dan uji perilaku dari sistem PSSDB telah banyak dilakukan di UKM.
- Sistem PSSDB mempunyai banyak kelebihan.
- **Pada saat penelitian ini dilaksanakan, penelitian mengenai sistem lantai PSSDB dengan lubang bulat ditengah plat belum pernah dilakukan.**

Penelitian yang direncanakan ini akan coba memprediksikan perilaku dari sistem lantai PSSDB dengan lubang bulat ditengah bidang plat

3. Metodologi Penelitian

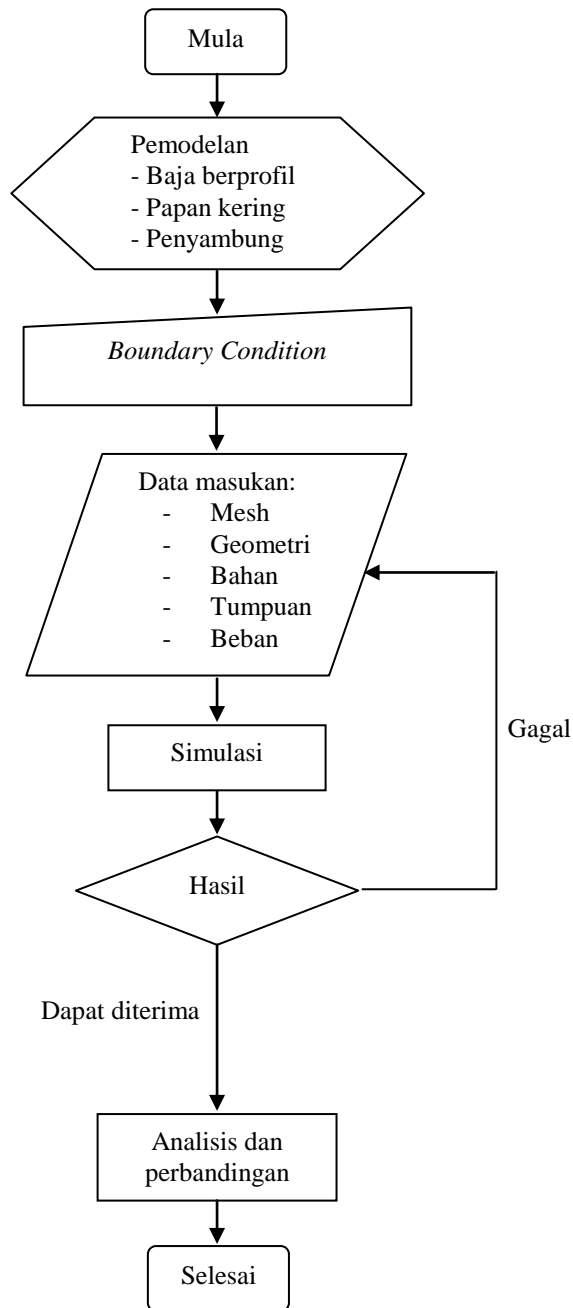
Penelitian yang akan dilakukan adalah analisis dengan menggunakan metode unsur terhingga menggunakan perangkat lunak LUSAS-FE dengan model struktur tiga dimensi.

Ada beberapa perangkat lunak yang boleh digunakan dalam analisis unsur terhingga di antaranya NASTRAN, ANSYS, ABAQUS dan LUSAS-FE. Untuk sejauh ini perangkat lunak LUSAS-FE dapat dikatakan yang terbaru dan telah teruji validasinya dibandingkan dengan perangkat lunak yang lain.

Sistem PSSDB pada penelitian ini merupakan sistem komposit yang kompleks, ditambah lagi dengan adanya lubang pada struktur yang menjadikan model struktur ini lebih rumit. Penyelesaian untuk masalah ini khususnya pada struktur yang diteliti yaitu sistem lantai PSSDB dengan lubang memerlukan suatu perangkat lunak komputer.

3.1. Bagan Alir Penelitian

Untuk memudahkan dalam menjalankan penelitian maka dibuat sebuah bagan alir penelitian seperti terlihat pada GAMBAR 3.



GAMBAR 3. Bagan Alir Penelitian

3.2. Pemodelan

Struktur yang akan dimodelkan yaitu sebuah plat lantai baja berprofil papan kering dengan lubang bulat di tengah bidang. Plat-plat yang akan dianalisis di antaranya:

1. Analisis plat untuk validasi terhadap sampel kontrol
2. Analisis plat lantai bentangan satu arah tanpa lubang.
3. Analisis plat lantai bentangan satu arah dengan lubang bulat di tengah yang mempunyai ukuran lubang 20% dari lebar keseluruhan.
4. Analisis plat lantai bentangan satu arah dengan lubang bulat di tengah yang mempunyai ukuran lubang 40% dari lebar keseluruhan.
5. Analisis plat lantai bentangan satu arah dengan lubang bulat di tengah yang mempunyai ukuran lubang 60% dari lebar keseluruhan.

Masing-masing pemodelan dari bahan tersebut dijelaskan secara lebih lanjut di bawah ini:

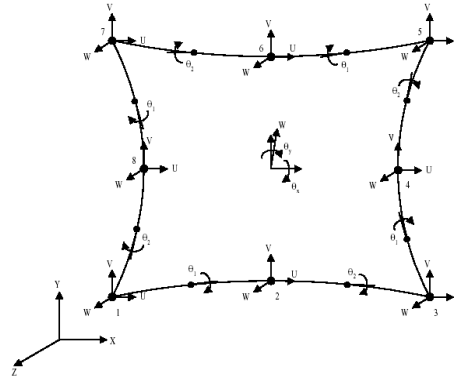
3.2.1. Pemodelan Baja berprofil

Plat Baja berprofil yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Bondek II dengan ketebalan 1 mm. Modulus elastisitas baja, $E = 21000 \text{ N/mm}^2$, $f_y = 350 \text{ N/mm}^2$ dan rasio poisson, $\nu = 0.3$. Ciri-ciri dari Bondek II ditampilkan dalam TABEL 1. di bawah ini.

TABEL 1. Ciri-Ciri Bondek II

No	Ciri-ciri		
1	Tebal	1.0	mm
2	Tinggi	54	mm
3	Berat	13.6	Kg/m ²
4	Ketinggian garis netral	14.43	mm
5	Luas	1633.5	mm ² /m
6	Moment inerti	63.68	cm ⁴ /m
7	Moment kapasitas	8.2	kNm/m

Bondek II sebagai Plat Baja berprofil ini akan dimodelkan menurut penelitian yang dilakukan oleh Akhand[6] yaitu elemen cangkang tipis QSL8.



GAMBAR 4. Elemen LUSAS QSL8
Sumber: LUSAS Manual[8]

3.2.2. Pemodelan Papan Kering

Cemboard sebagai papan kering dalam sistem PSSDB ini akan dimodelkan sebagai elemen plat isotropik. Ciri-ciri daripada bahan yang akan dimasukkan yaitu Modulus Young dan perbandingan Poisson serta tebal daripada bahan yang dapat didapati daripada manual syarikat pembuat (TABEL 2).

TABEL 2. Ciri-Ciri Papan Kering Cemboard

Ciri-ciri	Nilai	
Modulus Elastisitas	4500	N/mm ²
Kekuatan Melentur	9.0	N/mm ²
Kekuatan geser	3.5	N/mm ²
Kekuatan tegangan dalam aksial	5.0	N/mm ²
Kekuatan Tekanan dalam aksial	15.0	N/mm ²
Kekuatan tegangan geser	0.5	N/mm ²

Pada perangkat lunak unsur terhingga LUSAS-FE, elemen yang digunakan untuk papan kering dan baja berprofil dimodelkan sama yaitu menggunakan elemen cangkang tipis QSL8.

3.2.3. Pemodelan Penyambung(skru)

Elemen yang digunakan adalah elemen spring tiga arah JL43 yang tersedia dalam perangkat lunak LUSAS. Elemen ini sesuai untuk spring tiga dimensi[7]. Elemen ini menggabungkan dua elemen menggunakan tiga spring melalui dua titik.

TABEL 3. Ciri-Ciri Penyambung DX14

Ciri-ciri	Nilai
Bahan	<i>Carbon steel</i>
Selimit permukaan	<i>Zinc Chromate</i>
Panjang	25 mm
Diameter Ulir	4.2 mm
Beban tarik ultimate	630 kg
Beban geser ultimate	435 kg
<i>Twist-off torque</i>	4.7 Nm
<i>Pull-out load from 1 mm steel plate</i>	105 kg

4. Hasil Penelitian

4.1. Validasi Terhadap Sampel Kontrol

Seperti yang telah dibahas sebelum ini, sampel kontrol yang akan dibandingkan adalah hasil uji laboratorium yang dilakukan oleh Ahmed[3]. Hasil yang didapati daripada analisis ini dan perbandingannya terhadap sampel kontrol ditunjukkan pada TABEL 4.

TABEL 4. Hasil Analisis dan Sampel Kontrol

Hasil	Lendutan di tengah bidang (mm)
Uji laboratorium	2.390
FEM (Penulis)	2.547

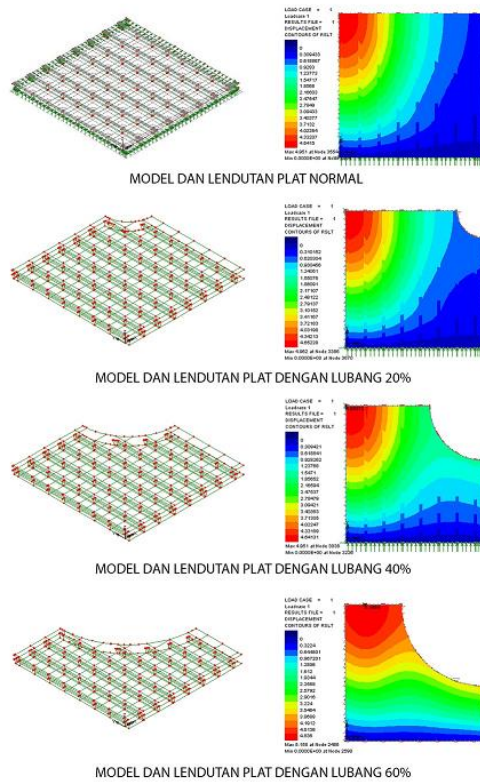
4.2. Hasil Plat Lantai PSSDB Tanpa Lubang

Lendutan yang diperhitungkan dalam analisis ini yaitu lendutan yang berada pada titik-titik di tengah bidang atau dalam analisis seperempat bidang titik-titik tersebut berada di sepanjang pinggir simetri plat. Untuk memudahkan dalam menganalisis hasil maka dibagi menjadi dua yaitu lendutan yang terjadi pada titik-titik yang sejajar dengan arah X dan lendutan yang terjadi pada titik-titik yang sejajar dengan arah Y. Hasil lendutan yang terjadi dapat dilihat pada TABEL.4.2.

4.3. Hasil Plat Lantai Pssdb Dengan Lubang Bulat Ditengah

Penelitian dilakukan terhadap plat dengan ukuran 3 m x 3 m dengan lubang yang dibebankan terhadap beban merata. Analisis dilakukan dengan anggapan bahwa plat lantai tertumpu sederhana pada keempat ujung pinggirnya. Variasi lubang pada

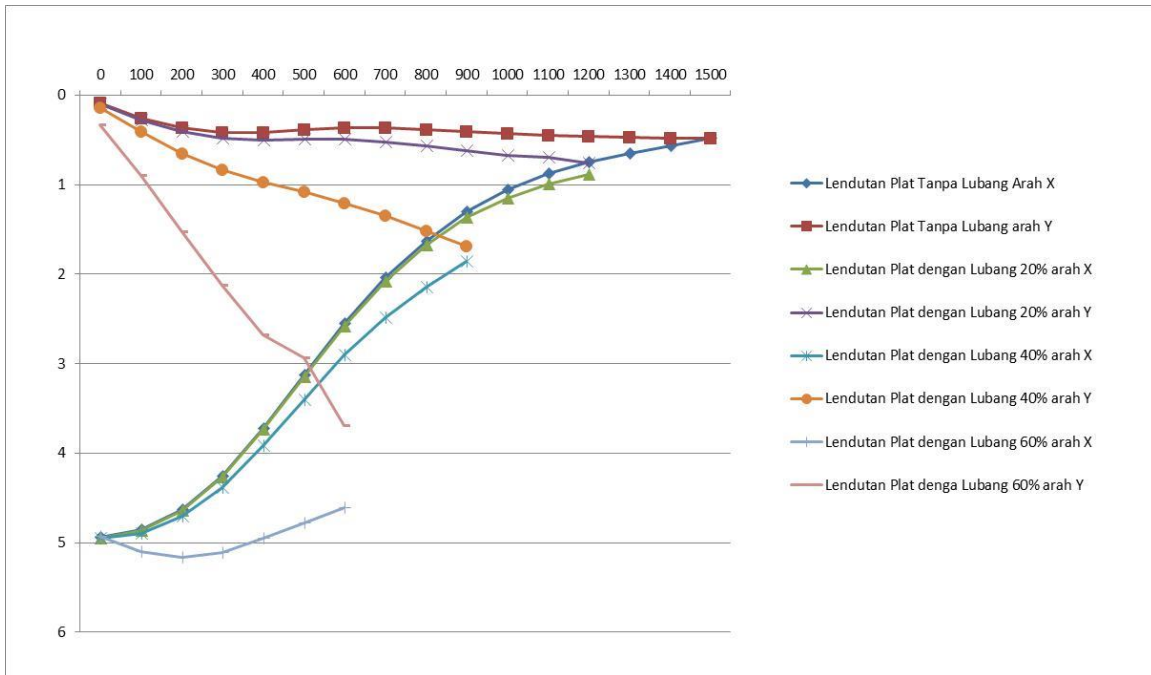
plat ini terdiri dari; lubang 20%, 40% dan 60% daripada lebar keseluruhan plat. (lihat GAMBAR.5)



GAMBAR 5. Model dan Kontur Lendutan pada Plat

TABEL 5. Lendutan Plat dengan Berbagai Ukuran Lubang

No	No.Titik	Jarak dari pinggir (mm)	Lendutan plat normal (mm)		Lendutan plat lubang 20% (mm)		Lendutan plat lubang 40% (mm)		Lendutan plat lubang 60% (mm)	
			arah X	arah Y	arah X	arah Y	arah X	arah Y	arah X	arah Y
1	3494	0	4,94	0,0927	4,95	0,1	4,95	0,141	4,93	0,332
3	5231	100	4,85	0,256	4,87	0,281	4,9	0,412	5,1	0,894
5	3586	200	4,63	0,366	4,64	0,41	4,71	0,649	5,16	1,53
7	5242	300	4,26	0,417	4,27	0,481	4,39	0,834	5,11	2,13
9	3646	400	3,72	0,417	3,74	0,502	3,92	0,972	4,95	2,68
11	5201	500	3,13	0,384	3,15	0,491	3,4	1,08	4,78	2,93
13	3670	600	2,55	0,365	2,58	0,495	2,9	1,21	4,61	3,69
15	5220	700	2,04	0,368	2,08	0,523	2,49	1,35		
17	3766	800	1,63	0,387	1,68	0,569	2,15	1,52		
19	5250	900	1,3	0,411	1,37	0,621	1,86	1,69		
21	3790	1000	1,06	0,433	1,15	0,673				
23	5261	1100	0,879	0,451	0,995	0,697				
25	3842	1200	0,75	0,464	0,886	0,762				
27	5272	1300	0,651	0,473						
29	3886	1400	0,568	0,48						
31	5283	1500	0,487	0,487						



GAMBAR 6. Grafik Lendutan Berbagai Jenis Plat PSSDB

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berbagai bentuk perilaku plat lantai yang dibuat daripada Plat Baja Berprofil Papan Kering (PSSDB) dengan lubang yang dibuat daripada Bondek II (tebal 1.0 mm) sebagai baja berprofil dan Cemboard (tebal 16.0 mm) sebagai papan kering serta menggunakan penyambung DX14 telah diteliti.

Kehadiran lubang memberikan pengaruh terhadap plat dengan pertambahan lendutan yang dihasilkannya. Lendutan pada titik-titik yang sejajar dengan arah X berbeda dengan yang terjadi pada titik-titik yang sejajar dengan arah Y.

Pertambahan lendutan yang terjadi pada arah Y lebih besar dipengaruhi oleh kehadiran lubang berbanding pada arah X. Persentase pertambahan lendutan pada plat satu arah akibat dari lubang 20%, 40% dan 60% masing-masing sebesar 36%, 107% dan 185% daripada lendutan pada plat tanpa lubang

5.2. Saran

Beberapa saran untuk penelitian lanjutan adalah:

1. Penelitian terhadap struktur lantai dua arah perlu untuk diteliti lebih lanjut
2. Penelitian uji laboratorium dengan berskala penuh sangat diperlukan untuk melihat perilaku sebenar daripada struktur lantai.
3. Bahan-bahan dasar dari jenis lain sebagai bahan komposit PSSDB dapat dijadikan sebagai bahan pembanding pada penelitian ini. Oleh itu penelitian terhadap bahan-bahan dasar lain perlu dilakukan.
4. Kewujudan beton sebagai bahan isian dalam sistem PSSDB ini bisa jadi dapat meningkatkan kekuatan struktur plat dengan lubang. Analisis terhadap plat dengan lubang dengan memperhitungkan adanya beton, baik itu analisis dengan metode unsur terhingga ataupun uji laboratorium juga perlu di adakan.

Daftar Pustaka

- [1] Ahmed, E. 1996. *Behaviour of profiled steel sheet dry board panel*. MSc Thesis. Universiti Kebangsaan Malaysia.
- [2] Ahmed, E., Wan Badaruzzaman, W.H. & Rashid, K. 1996. A simplified elastic composite floor section analysis with incomplete interaction. *Jurnal Kejuruteraan* **8**: 67-78
- [3] Ahmed, E. 1999. *Behaviour of profiled steel sheet dry board folded plate structures*. PhD Thesis. Universiti Kebangsaan Malaysia.
- [4] Ahmed, E., Wan Badaruzzaman, W.H. & Wright, H.D. 2000. Experimental and finite element study of profiled steel sheet dry board folded plate structures. *Thin-walled Structures* **38**(2): 125-43.
- [5] Ahmed, E., Wan Badaruzzaman, W.H. & Wright, H.D. 2002. Two-way bending behaviour of profiled steel sheet dry board composite panel system. *Thin-walled Structure* **40**: 971-990.
- [6] Akhand, A.M. 2001. *Nonlinear finite element analysis for continuous floor*. PhD Thesis. Universiti Kebangsaan Malaysia.
- [7] Harsoyo, M.S. 2004. *Prestasi sistem lantai baru keluli berprofil papan kering dengan isian konkrit*. Tesis PhD. Universiti Kebangsaan Malaysia.
- [8] LUSAS. 1999. *Lusas modeller user manual*. Version 13. United Kingdom. FEA Ltd.
- [9] Newmark, N.M., Sies, C.P. & Viest, I.M. 1951. Test and analysis of composite beams with incomplete interaction. *Proc. Society for Experimental Stress Analysis* **9**(1): 75-95.
- [10] Wan Badaruzzaman, W.H. 1994. *The behaviour of profiled steel sheet/dry board system*. PhD Thesis. Cardiff University of Wales.
- [11] Wan Badaruzzaman, W.H. & Wright, H.D. 1998. Lightweight thin walled profiled steel sheeting/dryboard composite floor system. In: *Proceedings of the 2nd International Conference on Thin-Walled Structures: Research and Development*: 355-65.
- [12] Wan Badaruzzaman, W.H., Zain, M.F.M., Akhand, A.M. & Ahmed, E. 2003a. Dry board as load bearing element in the profiled steel sheet dry board floor panel system. *Construction and Building Material* **17**: 289-297.
- [13] Wan Badaruzzaman, W.H., Zain, M.F.M., Shodiq, H.M., Akhand, A.M. & Sahari, J. 2003b. Fire resistance performance of profiled steel sheet dry board (PSSDB) flooring panel system. *Building and Environment* **38**: 907-912.