

## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### A. Pemodelan balok baja IWF pada program LISA FEA

Sebelum proses pembebanan yang akan dilakukan pada program LISA FEA, maka terlebih dahulu memodelkan balok baja kastela profil IWF dengan menggunakan program FeeCAD untuk mendapatkan hasil yang optimal dari balok tersebut. Setelah dilakukannya *running* pada LISA FEA yang nantinya akan diperoleh hasil berupa nilai *displacement*/perpindahan dan distribusi tegangan.

Pada pemodelan ini balok baja IWF akan dimodelkan dalam elemen solid. Pada elemen solid, kita dapat melihat cara kerja dari program LISA FEA yaitu dengan menganalisis hasil ke-2 profil yang berbeda dari segi *displacement*/perpindahan dan distribusi tegangan. Selain itu balok baja yang akan dianalisis terdiri dari 4 bentang yaitu bentang 2 m; 2,5 m; 3 m dan 3,5 m dengan variasi diameter lubang 60 mm, 70 mm, 80 mm dan jarak antar lubang 40 mm, 45 mm dan 50 mm. Pada analisis ini digunakan balok baja IWF dengan profil 150x75x5x7 mm dan 200x100x5,5x8 mm.

#### B. Perbandingan Hasil Model Numerik

##### 1. Konvergensi Profil 150x75x5x7 mm

Sebelum masuk ke proses pembebanan, terlebih dahulu dilakukan konvergensi untuk setiap bentang untuk mencari parameter jumlah elemen yang akan digunakan pada saat proses pembebanan. Dari hasil *running* konvergensi LISA FEA untuk profil 150x75x5x7 mm pada bentang 2 m; 2,5 m; 3 m; 3,5 didapat nilai jumlah elemen dan *displacement* pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil konvergensi bentang 2 m

Element size (mm <sup>3</sup> )	Jumlah Elemen	<i>Displacement</i> (mm)
250	4739	-8,685
200	4742	-8,685
150	4694	-8,684
100	4813	-8,681

Tabel 5.1 ..... (Lanjutan)

Element size (mm <sup>3</sup> )	Jumlah Elemen	<i>Displacement</i> (mm)
95	4707	-8,684
85	4793	-8,68
75	4944	-8,678
70	4999	-8,678
65	4821	-8,678
55	5089	-8,678
45	5498	-8,689
40	5702	-8,691
35	6016	-8,696
30	6586	-8,7
25	8304	-8,709
20	11986	-8,716
15	17966	-8,722
14	20950	-8,723
13	24694	-8,724
12	27943	-8,725
10	39616	-8,726

Tabel 5.2 Hasil konvergensi bentang 2,5 m

Element size (mm <sup>3</sup> )	Jumlah Elemen	<i>Displacement</i> (mm)
250	6585	-16,64
200	6585	-16,64
150	6619	-16,64
100	6658	-16,64
95	6674	-16,64
90	6662	-16,64
85	6667	-16,64
80	6741	-16,64
75	6819	-16,64
70	6930	-16,64
65	6938	-16,64
60	7032	-16,64
55	7195	-16,64
50	7265	-16,64
45	7492	-16,65
40	7716	-16,65
35	8072	-16,65

Tabel 5.2 ..... (Lanjutan)

30	9187	-16,66
25	11217	-16,67
20	15386	-16,68
15	24510	-16,69
14	27598	-16,69
13	34668	-16,69
12	30114	-16,69
10	48742	-16,69

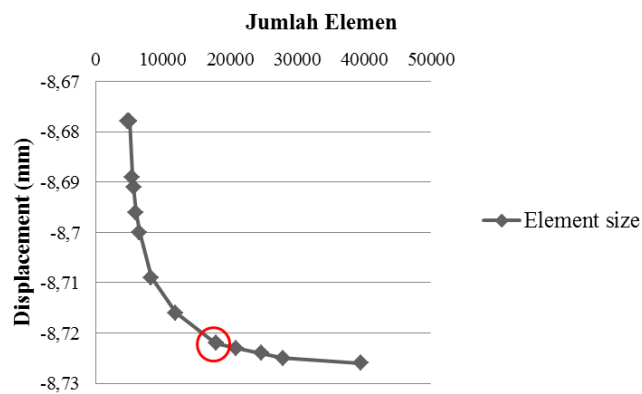
Tabel 5.3 Hasil konvergensi bentang 3 m

Element size (mm3)	Jumlah Elemen	<i>Displacement</i> (mm)
250	8007	-28,41
200	8007	-28,41
150	7913	-28,41
100	7929	-28,4
95	7950	-28,41
90	7930	-28,41
85	8023	-28,41
80	8018	-28,41
75	8019	-28,41
70	8070	-28,41
65	8322	-28,41
60	8362	-28,41
55	8377	-28,41
50	8634	-28,41
40	9224	-28,42
35	9811	-28,42
30	10831	-28,43
25	13239	-28,44
20	18332	-28,45
15	29039	-28,47
14	32781	-28,47
13	36306	-28,47
12	41688	-28,47

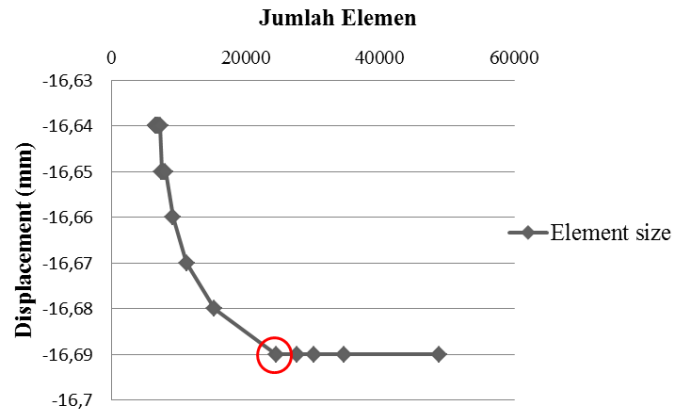
Tabel 5.4 Hasil konvergensi bentang 3,5 m

Element size (mm <sup>3</sup> )	Jumlah Elemen	Displacement (mm)
250	9053	-44,75
200	9053	-44,75
150	9029	-44,75
100	8957	-44,75
95	9193	-44,75
90	9125	-44,75
85	9233	-44,75
80	9177	-44,75
75	9308	-44,75
70	9154	-44,75
65	9320	-44,75
60	9248	-44,75
55	9425	-44,75
50	9856	-44,76
45	10014	-44,76
40	10409	-44,76
35	11060	-44,77
30	12193	-44,78
25	14651	-44,8
20	21396	-44,81
15	32064	-44,83
14	36256	-44,83
13	42023	-44,83

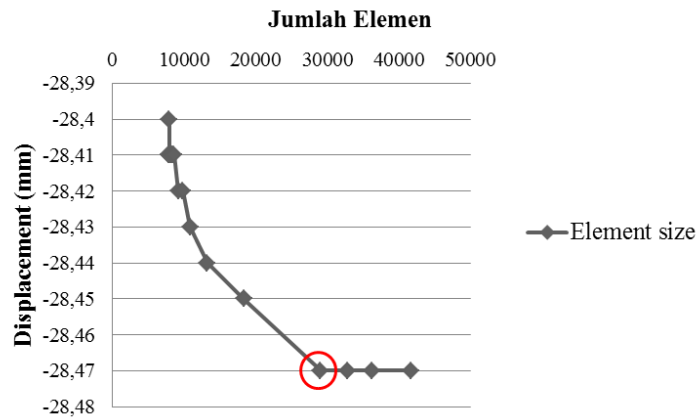
Setelah didapatkan hasil *running* pada tabel 5.1, 5.2, 5.3 dan 5.4, kemudian dari tabel tersebut akan dibuat grafik hubungan antara *displacement* dan jumlah elemen pada setiap bentang sebagai berikut :



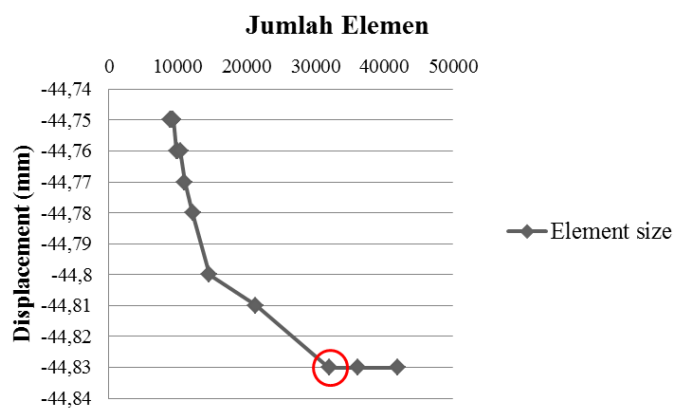
Gambar 5.1 Grafik hubungan *displacement* dan Jumlah elemen benda uji bentang 2 m



Gambar 5.2 Grafik hubungan *displacement* dan Jumlah elemen benda uji bentang 2,5 m



Gambar 5.3 Grafik hubungan *displacement* dan Jumlah elemen benda uji bentang 3 m



Gambar 5.4 Grafik hubungan *displacement* dan Jumlah elemen benda uji bentang 3,5 m

Pada grafik 5.1, 5.2, 5.3 dan 5.4 kita dapat menentukan *element size* dengan jumlah elemen dan *displacement* yang akan digunakan

sebagai parameter untuk menentukan distribusi tagangan baja pada benda uji bentang 2 m; 2,5 m; 3 m; dan 3,5 m. Pada grafik diambil nilai *element size* dengan presentase 5%, sehingga didapat nilai *element size* untuk setiap bentang yaitu 15 mm<sup>3</sup>.

## 2. Konvergensi Profil 200x100x5,5x8 mm

Pada analisa konvergensi profil 200x100x5,5x8 mm, sama halnya dengan proses konvergensi pada profil sebelumnya, dilakukan cara yang sama untuk menentukan nilai *element size* yang akan digunakan pada bentang 200x100x5,5x8 mm. Berikut tabel hasil *running* pada setiap bentang.

Tabel 5.5 Hasil konvergensi bentang 2 m

Element size (mm <sup>3</sup> )	Jumlah Elemen	Displacement (mm)
250	5155	-2,963
200	5122	-2,962
150	5219	-2,961
100	5361	-2,961
95	5316	-2,963
90	5312	-2,961
85	5462	-2,961
80	5431	-2,962
75	5421	-2,961
70	5579	-2,961
65	5502	-2,961
60	5563	-2,961
55	5827	-2,962
50	6057	-2,963
45	6098	-2,964
40	6667	-2,965
35	7346	-2,966
30	8632	-2,967
25	11240	-2,971
20	14905	-2,974
15	24665	-2,977
14	28845	-2,977
13	33560	-2,977
12	38635	-2,978
10	53822	-2,978

Tabel 5.6 Hasil konvergensi bentang 2,5 m

Element size (mm3)	Jumlah Elemen	Displacement (mm)
250	6729	-5,631
200	6671	-5,63
150	6642	-5,629
100	6967	-5,628
95	6901	-5,629
90	6819	-5,628
85	7032	-5,629
80	7000	-5,629
75	7047	-5,629
70	7210	-5,629
65	7311	-5,63
60	7361	-5,63
55	7522	-5,63
50	7764	-5,63
45	7968	-5,631
40	8651	-5,633
35	9539	-5,635
30	11790	-5,636
25	14028	-5,639
20	18917	-5,643
15	31443	-5,646
14	36318	-5,646
13	40536	-5,646
12	46507	-5,647
10	65546	-5,647

Tabel 5.7 Hasil konvergensi bentang 3 m

Element size (mm3)	Jumlah Elemen	Displacement (mm)
250	7631	-9,575
200	7601	-9,575
150	7664	-9,574
100	8043	-9,574
95	7989	-9,574
90	8015	-9,574
85	7869	-9,574

Tabel 5.7 ..... (Lanjutan)

Element size (mm3)	Jumlah Elemen	Displacement (mm)
80	7965	-9,574
75	8259	-9,575
70	8184	-9,574
65	8276	-9,575
60	8603	-9,575
55	8715	-9,575
50	9031	-9,576
45	9343	-9,577
40	9899	-9,578
35	11052	-9,58
30	12620	-9,582
25	16451	-9,586
20	22252	-9,591
15	36179	-9,595
14	43156	-9,595
13	47958	-9,596
12	54879	-9,597
10	77453	-9,597

Tabel 5.8 Hasil konvergensi bentang 3,5 m

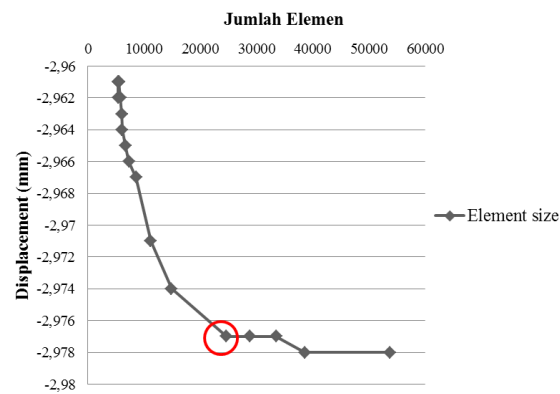
Element size (mm3)	Jumlah Elemen	Displacement (mm)
250	9164	-15,05
200	9198	-15,04
150	9239	-15,04
100	9539	-15,04
95	9443	-15,04
90	9566	-15,04
85	9665	-15,04
80	9602	-15,04
75	9699	-15,04
70	10098	-15,04
65	10242	-15,04
60	10465	-15,05
55	10522	-15,05
45	11138	-15,05
40	11717	-15,05
35	13137	-15,05



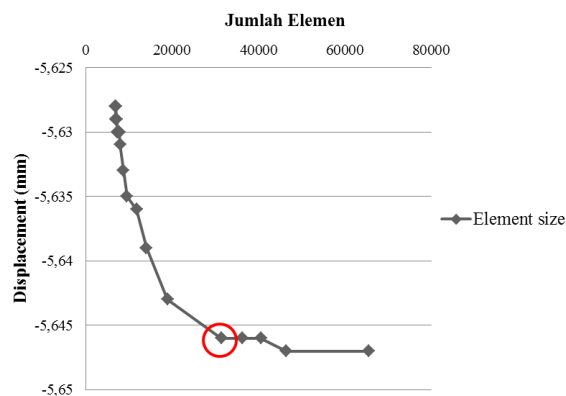
Tabel 5.8 ..... (Lanjutan)

Element size (mm <sup>3</sup> )	Jumlah Elemen	Displacement (mm)
30	15905	-15,06
25	19574	-15,06
15	43207	-15,07
14	49841	-15,07
13	56588	-15,07
12	65126	-15,07
10	93392	-15,07

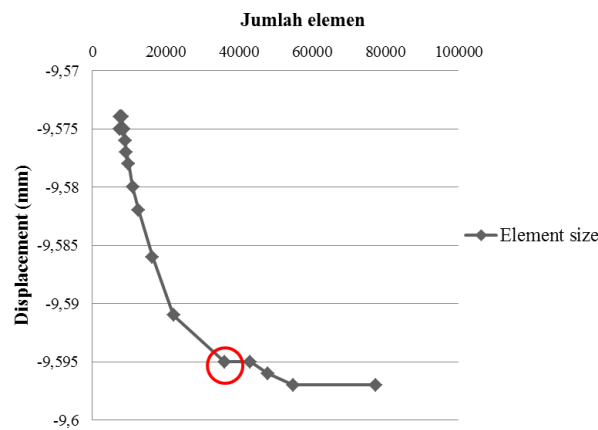
Setelah didapatkan hasil *running* pada tabel 5.5, 5.6, 5.7 dan 5.8 untuk profil 200x100x8x5,5 mm, selanjutnya dari tabel tersebut juga dibuat grafik hubungan antara *displacement* dan jumlah elemen pada setiap bentang sebagai berikut :



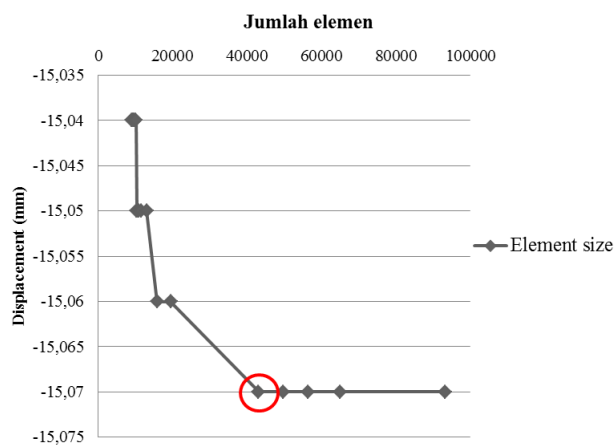
Gambar 5.5 Grafik hubungan *displacement* dan Jumlah elemen benda uji bentang 2 m



Gambar 5.6 Grafik hubungan *displacement* dan Jumlah elemen benda uji bentang 2,5 m



Gambar 5.7 Grafik hubungan *displacement* dan Jumlah elemen benda uji bentang 3 m



Gambar 5.8 Grafik hubungan *displacement* dan Jumlah elemen benda uji bentang 3,5 m

Dari hasil analisa grafik diatas juga didapat *element size* untuk profil 200x100x5,5x8 mm di setiap bentang yaitu 15 mm<sup>3</sup>.

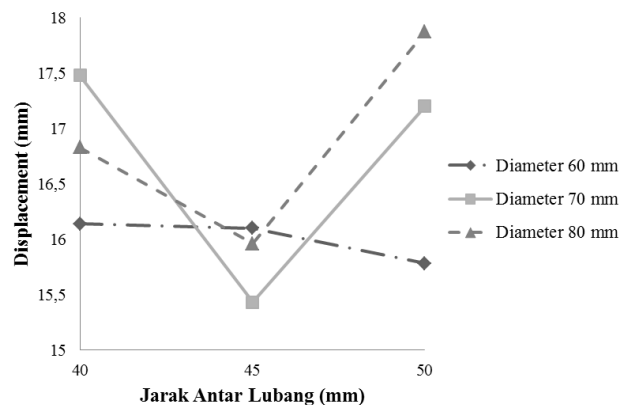
### 3. Analisis Pembebanan Profil 150x75x5x7 mm

Setelah diketahui parameter dari hasil konvergensi diatas maka digunakan nilai *element size* pada proses pembebanan disetiap bentang dengan nilai yang sama yaitu 15 mm<sup>3</sup>. Kemudian menentukan beban yang dapat diterima pada setiap bentang untuk semua variasi diameter lubang dan jarak antar lubang dengan diambil nilai *von mises stress* sebelum leleh yaitu  $f_y$  400 MPa.

Tabel 5.9 Hasil *running* bentang 2 m

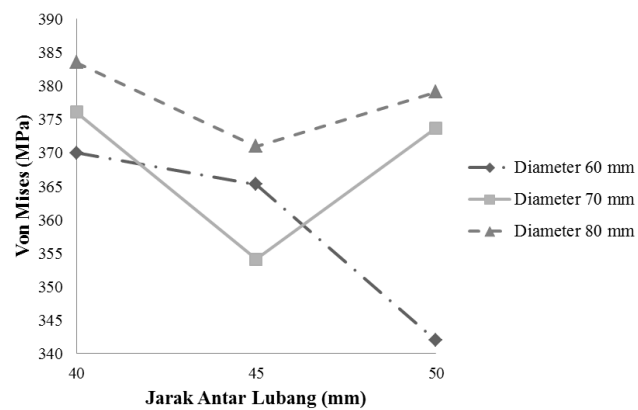
No	P. Bentang (mm)	Tinggi kiri (mm)	Tinggi kanan (mm)	Diameter (mm)	J. A Lubang (mm)	Von Mises (MPa)	Displacement (mm)	Beban (Ton)
1	2038,9	230	109,45	60	40	370	16,14	3,7
2	2039,1	230	109,52	60	45	365,3	16,1	3,7
3	2027,34	230	109,89	60	50	342	15,78	3,7
4	2019,14	230	119,23	70	40	376,1	17,48	3,7
5	2100	230	114,13	70	45	354,1	15,43	3,7
6	2089,09	230	113,54	70	50	373,7	17,2	3,7
7	2079,32	230	123,25	80	40	383,5	16,83	3,7
8	2044,31	230	123,44	80	45	371	15,96	3,7
9	2129,32	230	123,42	80	50	379,1	17,87	3,7

Dari Tabel 5.9 diperoleh beban maksimal yang dapat digunakan pada bentang 2 m yaitu 3,7 ton. Kemudian dari hasil *running* benda uji selanjutnya dibuat grafik hubungan *displacement* dan *von mises* sebagai berikut.



Gambar 5.9 Grafik hubungan *Displacement* dan jarak antar lubang benda uji bentang 2 m

Berdasarkan Grafik 5.9 terhadap nilai *displacement* yang diperoleh pada bentang 2 m, maka benda uji yang efektif digunakan yaitu pada diameter lubang 70 mm uji dengan jarak antar lubang 45 mm. Dimana diambil nilai *displacement* yang terkecil dari setiap variasi diameter lubang.

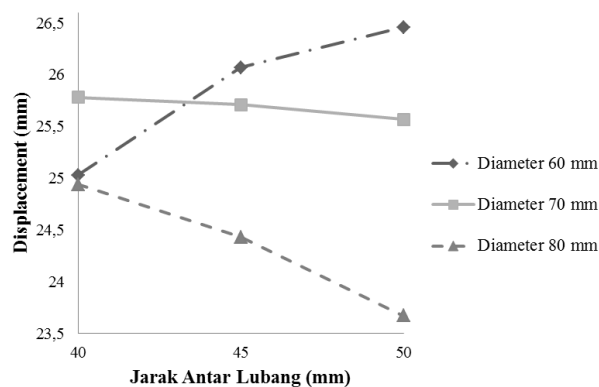


Gambar 5.10 Grafik hubungan *Von mises* dan jarak antar lubang benda uji bentang 2 m

Berdasarkan Grafik 5.10 terhadap nilai *von mises* benda uji yang efektif digunakan untuk variasi diameter lubang 60 mm dengan jarak antar lubang 50 mm.

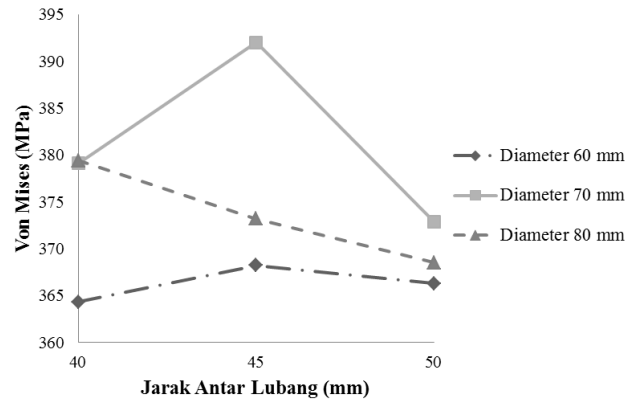
Tabel 5.10 Hasil *running* bentang 2,5 m

No	P. Bentang (mm)	Tinggi kiri (mm)	Tinggi kanan (mm)	Diameter (mm)	J. A Lubang (mm)	<i>Von Mises</i> (MPa)	<i>Displacement</i> (mm)	Beban (Ton)
1	2539,26	230	107,11	60	40	364,3	25,03	3
2	2564,02	230	102,75	60	45	368,2	26,07	3
3	2578,45	230	102,83	60	50	366,3	26,46	3
4	2569,32	230	112,64	70	40	379,1	25,78	3
5	2574,33	230	112,75	70	45	392	25,71	3
6	2569,13	230	112,86	70	50	372,9	25,57	3
7	2559,24	230	122,63	80	40	379,4	24,94	3
8	2544,24	230	177,75	80	45	373,2	24,43	3
9	2519,43	230	122,89	80	50	368,5	23,67	3



Gambar 5.11 Grafik hubungan *Displacement* dan jarak antar lubang benda uji bentang 2,5 m

Berdasarkan Grafik 5.11 dari segi *displacement* yang diperoleh pada bentang 2,5 m, maka benda uji yang efektif digunakan yaitu pada diameter lubang 80 mm dengan jarak antar lubang dan 50 mm.

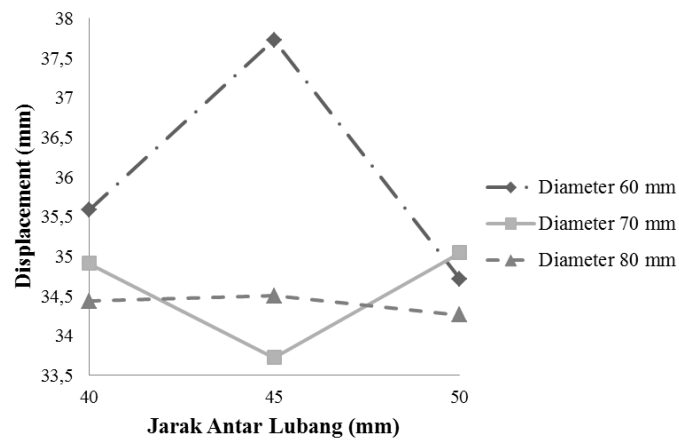


Gambar 5.12 Grafik hubungan *Von mises* dan jarak antar lubang benda uji bentang 2,5 m

Berdasarkan Grafik 5.12 dari segi *von mises* diperoleh benda uji yang efektif digunakan untuk variasi diameter lubang 60 mm dengan jarak antar lubang 40mm.

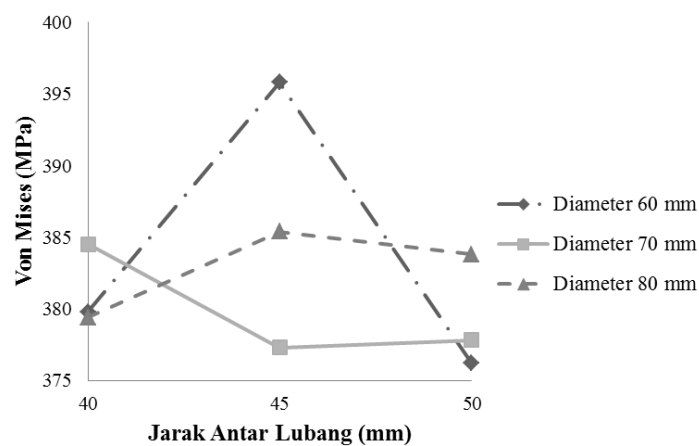
Tabel 5.11 Hasil *running* bentang 3 m

No	P. Bentang (mm)	Tinggi kiri (mm)	Tinggi kanan (mm)	Diameter (mm)	J. A Lubang (mm)	<i>Von Mises</i> (MPa)	<i>Displacement</i> (mm)	Beban (Ton)
1	3039,37	230	105,93	60	40	379,8	35,58	2,5
2	3089,34	230	102,28	60	45	395,8	37,73	2,5
3	3019,17	230	106,83	60	50	376,2	34,71	2,5
4	3009,46	230	116,32	70	40	384,5	34,91	2,5
5	3034,42	230	112,33	70	45	377,3	33,72	2,5
6	3019,17	230	106,83	70	50	377,8	35,04	2,5
7	3039,52	230	122,21	80	40	379,4	34,43	2,5
8	3044,52	230	122,29	80	45	385,4	34,5	2,5
9	3039,32	230	122,38	80	50	383,8	34,26	2,5



Gambar 5.13 Grafik hubungan *Displacement* dan jarak antar lubang benda uji bentang 3 m

Berdasarkan Grafik 5.13 dari segi *displacement* yang diperoleh pada bentang 3 m, maka benda uji yang efektif digunakan yaitu pada variasi diameter lubang 70 mm dengan jarak antar lubang 45 mm.

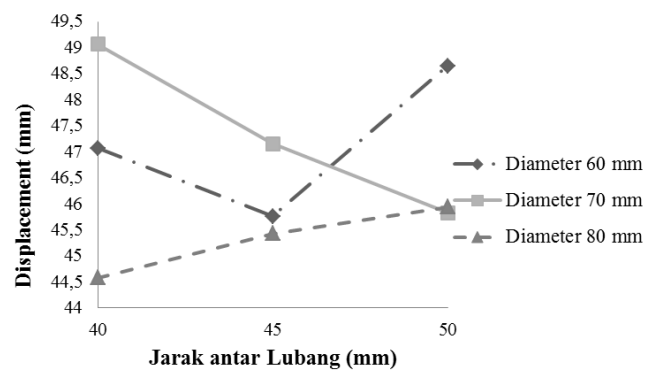


Gambar 5.14 Grafik hubungan *Von mises* dan jarak antar lubang benda uji bentang 3 m

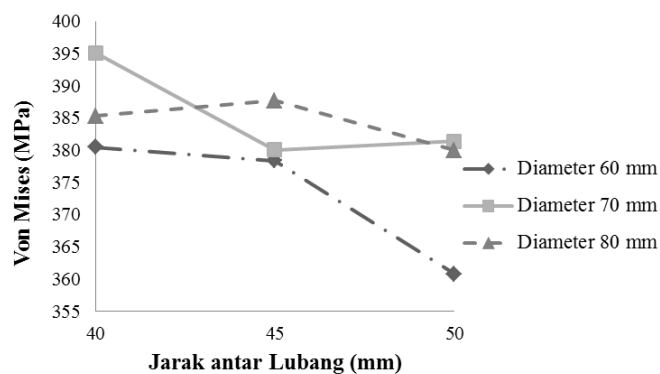
Berdasarkan Grafik 5.14 dari segi *von mises* benda uji yang efektif digunakan yaitu pada variasi diameter lubang 60 mm dengan jarak antar lubang 50 mm.

Tabel 5.12 Hasil *running* bentang 3,5 m

No	P. Bentang (mm)	Tinggi kiri (mm)	Tinggi kanan (mm)	Diameter (mm)	J. A Lubang (mm)	Von Mises (MPa)	Displacement (mm)	Beban (Ton)
1	3539,45	230	105,08	60	40	380,5	47,07	2,1
2	3509,15	230	105,65	60	45	378,4	45,76	2,1
3	3569,23	230	102,05	60	50	360,8	48,65	2,1
4	3559,51	230	111,92	70	40	395,1	49,06	2,1
5	3609,32	230	111,94	70	45	380,1	47,15	2,1
6	3529,31	230	112,07	70	50	381,4	45,83	2,1
7	3519,29	230	121,89	80	40	385,3	44,58	2,1
8	3544,29	230	121,96	80	45	387,7	45,43	2,1
9	3559,59	230	122,03	80	50	380	45,94	2,1

Gambar 5.15 Grafik hubungan *Displacement* dan jarak antar lubang benda uji bentang 3,5 m

Berdasarkan Grafik 5.15 terhadap nilai *displacement* yang diperoleh pada bentang 3,5 m, maka benda uji yang efektif digunakan yaitu pada variasi diameter lubang 80 mm dengan jarak antar lubang 40 mm.

Gambar 5.16 Grafik hubungan *Von mises* dan jarak antar lubang benda uji bentang 3,5 m

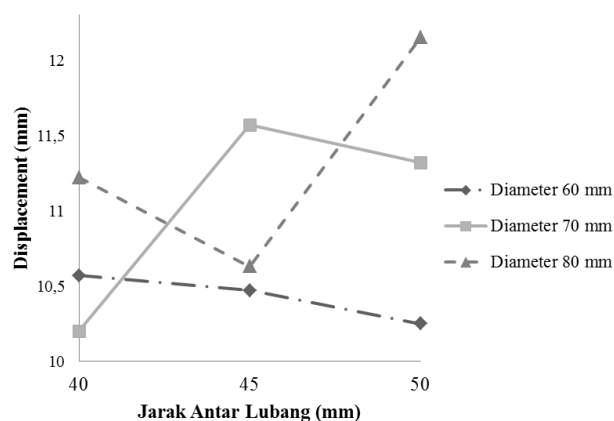
Berdasarkan Grafik 5.16 dari segi *von mises* diperoleh benda uji yang efektif digunakan yaitu pada variasi diameter lubang 60 mm dengan jarak antar lubang 50 mm.

#### 4. Analisis Pembebanan Profil 200x100x5,5x8 mm

Pada analisis ini terdapat 2 profil IWF yang digunakan. Dimana diambil profil yang lebih besar dari profil sebelumnya yaitu dengan ukuran 200x100x5,5x8 mm. Hasil dari analisis untuk profil 200x100x5,5x8 mm sama halnya dengan profil sebelumnya yaitu akan dicari benda uji yang efektif digunakan berdasarkan hasil dari nilai *displacement stress* dan *von mises stresses*. Setelah itu dari ke-2 profil tersebut akan dibandingkan terhadap perilaku pembebanan yang diperoleh pada setiap bentang berdasarkan *von mises*. Hasil *running* untuk semua bentang ditunjukkan pada tabel 5.13 dibawah berikut.

Tabel 5.13 Hasil *running* bentang 2 m

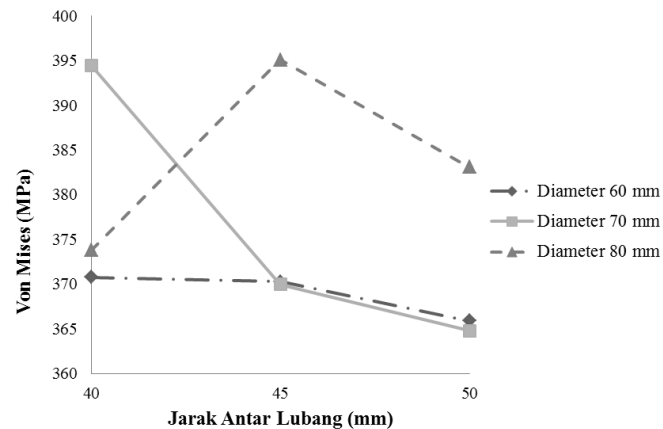
No	P. Bentang (mm)	Tinggi kiri (mm)	Tinggi kanan (mm)	Diameter (mm)	J. A Lubang (mm)	Von Mises (MPa)	Displacement (mm)	Beban (Ton)
1	2034,24	318	126,24	60	40	370,8	10,57	7,1
2	2031,3	318	126,95	60	45	370,3	10,47	7,1
3	2018,65	318	127,46	60	50	365,9	10,25	7,1
4	2017,86	318	137,41	70	40	394,5	10,2	7,1
5	2099,32	318	128,88	70	45	370	11,57	7,1
6	2083,82	318	127,83	70	50	364,8	11,32	7,1
7	2077,93	318	137,85	80	40	373,8	11,22	7,1
8	2042,94	318	138,18	80	45	395,1	10,63	7,1
9	2100	318	140,82	80	50	383,1	12,15	7,1



Gambar 5.17 Grafik hubungan *Displacement* dan jarak antar lubang bentang 2 m



Berdasarkan Grafik 5.17 terhadap nilai *displacement* yang diperoleh pada bentang 2 m, maka benda uji yang efektif digunakan yaitu pada variasi diameter lubang 70 mm dengan jarak antar lubang 40 mm. Dimana diambil nilai *displacement* yang terkecil dari setiap variasi diameter lubang.

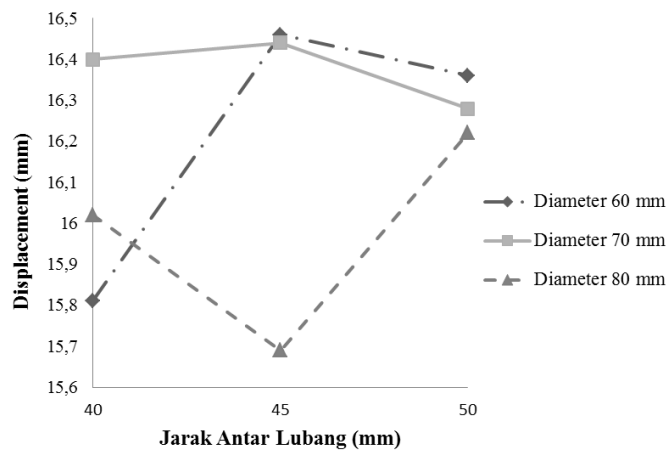


Gambar 5.18 Grafik hubungan *Von mises* dan jarak antar lubang bentang 2 m

Berdasarkan Grafik 5.18 dari segi *von mises* diperoleh benda uji yang efektif digunakan untuk variasi diameter lubang 70 mm dengan jarak antar lubang 50 mm.

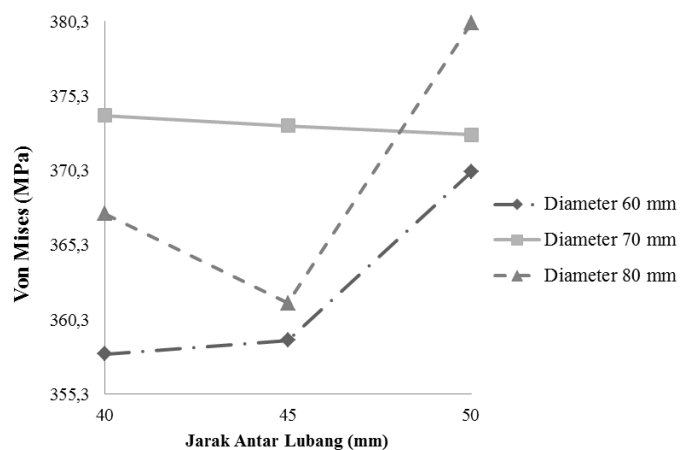
Tabel 5.14 Hasil *running* bentang 2,5 m

No	P. Bentang (mm)	Tinggi kiri (mm)	Tinggi kanan (mm)	Diameter (mm)	J. A Lubang (mm)	<i>Von Mises</i> (MPa)	<i>Displacement</i> (mm)	Beban (Ton)
1	2536,64	318	123,57	60	40	358	15,81	5,6
2	2558,98	318	116,1	60	45	358,9	16,46	5,6
3	2571,76	318	124,41	60	50	370,2	16,36	5,6
4	2567,99	318	126,54	70	40	374	16,4	5,6
5	2572,97	318	126,73	70	45	373,3	16,44	5,6
6	2566,28	318	126,81	70	50	372,7	16,28	5,6
7	2558,26	318	136,69	80	40	367,4	16,02	5,6
8	2543,33	318	136,9	80	45	361,4	15,69	5,6
9	2518,12	318	137,11	80	50	380,2	16,22	5,6



Gambar 5.19 Grafik hubungan *Displacement* dan jarak antar lubang bentang 2,5 m

Berdasarkan Grafik 5.19 dari segi *displacement* diperoleh benda uji yang efektif digunakan yaitu pada variasi diameter lubang 80 mm dengan jarak antar lubang 45 mm.

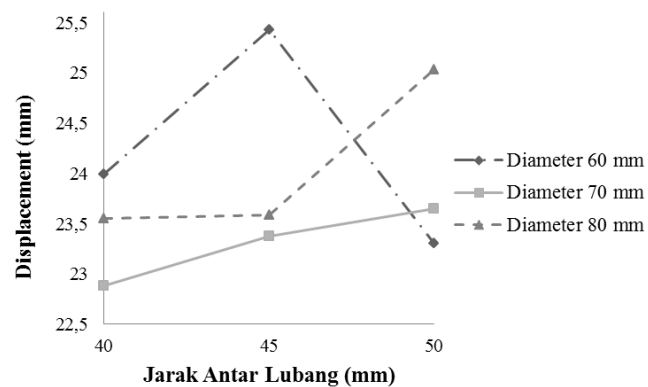


Gambar 5.20 Grafik hubungan *Von mises* dan jarak antar lubang bentang 2,5 m

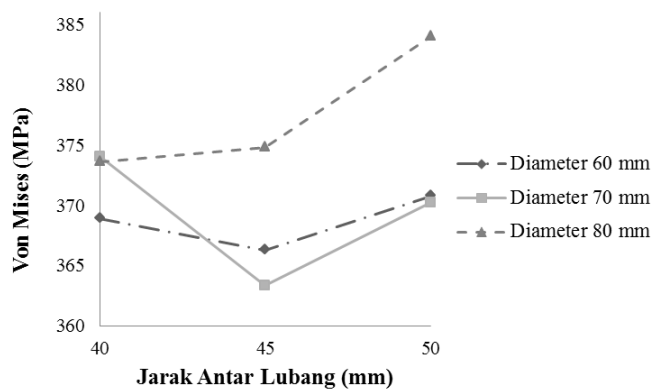
Berdasarkan Grafik 5.20 dari segi *von mises* diperoleh benda uji yang efektif digunakan yaitu pada diameter lubang 60 mm dengan jarak antar lubang 40 mm.

Tabel 5.15 Hasil *running* bentang 3 m

No	P. Bentang (mm)	Tinggi kiri (mm)	Tinggi kanan (mm)	Diameter (mm)	J. A Lubang (mm)	Von Mises (MPa)	Displacement (mm)	Beban (Ton)
1	3038,18	318	121,73	60	40	368,9	23,99	5
2	3085,67	318	115,63	60	45	366,3	25,43	5
3	3013,46	318	122,73	60	50	370,8	23,3	5
4	3008,34	318	132,47	70	40	374,1	22,88	5
5	3033,22	318	132,82	70	45	363,4	23,37	5
6	3048,25	318	133,2	70	50	370,3	23,65	5
7	3038,31	318	135,89	80	40	373,6	23,55	5
8	3043,32	318	136,04	80	45	374,8	23,59	5
9	3038,62	318	136,21	80	50	384	25,03	5

Gambar 5.21 Grafik hubungan *Displacement* dan jarak antar lubang bentang 3 m

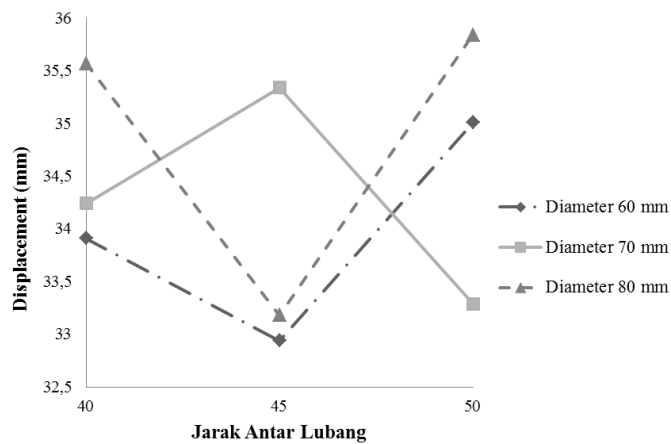
Berdasarkan Grafik 5.21 dari segi *displacement* yang diperoleh pada bentang 3 m, maka benda uji yang efektif digunakan yaitu pada diameter lubang 70 mm dengan jarak antar lubang 40 mm.

Gambar 5.22 Grafik hubungan *Von mises* dan jarak antar lubang bentang 3 m

Berdasarkan Grafik 5.22 dari segi *von mises* diperoleh benda uji yang efektif digunakan untuk variasi diameter lubang 70 mm dengan jarak antar lubang 45 mm.

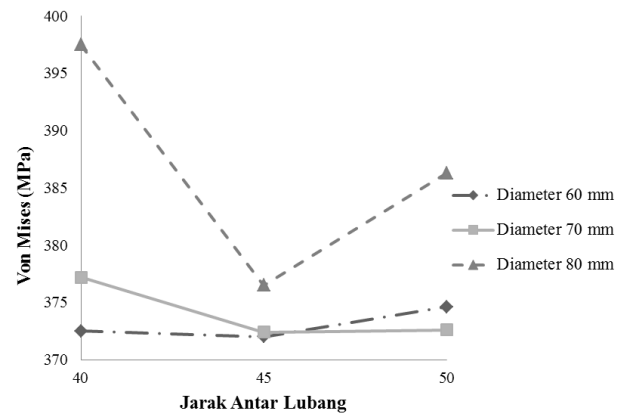
Tabel 5.16 Hasil *running* bentang 3,5 m

No	P. Bentang (mm)	Tinggi kiri (mm)	Tinggi kanan (mm)	Diameter (mm)	J. A Lubang (mm)	Von Mises (MPa)	Displacement (mm)	Beban (Ton)
1	3538,41	318	120,33	60	40	372,5	33,91	4,5
2	3507,34	318	121,04	60	45	372	32,94	4,5
3	3564,68	318	115,18	60	50	374,6	35,01	4,5
4	3558,45	318	125,21	70	40	377,2	34,24	4,5
5	3599,95	318	125,77	70	45	372,4	35,34	4,5
6	3528,65	318	125,53	70	50	372,6	33,29	4,5
7	3518,59	318	135,34	80	40	397,5	35,57	4,5
8	3543,51	318	135,43	80	45	376,5	33,18	4,5
9	3558,41	318	135,54	80	50	386,3	35,84	4,5



Gambar 5.23 Grafik hubungan *Displacement* dan jarak antar lubang bentang 3,5 m

Berdasarkan Grafik 5.23 dari segi *displacement* yang diperoleh pada bentang 3,5 m, maka benda uji yang efektif digunakan yaitu pada diameter lubang 60 mm dengan jarak antar lubang 45 mm.



Gambar 5.24 Grafik hubungan *Von mises* dan jarak antar lubang bentang 3,5 m

Berdasarkan Grafik 5.22 dari segi *von mises* diperoleh benda uji yang efektif digunakan yaitu pada variasi diameter lubang dengan jarak antar lubang 45 mm.