

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Sesuai dengan metode daya dukung Terzaghi (1943), nilai daya dukung seharusnya berubah-ubah sesuai dengan lebar fondasi. Oleh karena pada perencanaan umumnya nilai daya dukung tersebut tetap maka daya dukung tersebut dapat dikatakan kurang tepat atau kurang optimum. Program optimasi fondasi telapak menggunakan variabel lebar fondasi yang berubah-ubah sesuai metode daya dukung Terzaghi (1943) agar nilai daya dukung yang didapatkan lebih tepat dan optimum.

Berdasarkan uji coba yang telah dijalankan, banyak faktor-faktor yang mempengaruhi hasil dimensi optimum secara keseluruhan, yaitu: jenis tanah dan lapisan tanah, harga satuan, beban bangunan, momen pada fondasi, luas kolom, dan lain-lain. Selain dari faktor-faktor tersebut, terdapat beberapa faktor yang kurang dipertimbangkan misalnya fluktuasi harga satuan dan luas kolom sehingga desain fondasi yang dihasilkan kurang optimum.

Lima faktor yang mempengaruhi dimensi optimum secara keseluruhan di atas (beban bangunan, momen fondasi, jenis tanah, lapisan tanah, dan harga satuan), dengan faktor-faktor yang mempengaruhi fondasi yang optimum secara spesifik, adalah:

1. beban bangunan, apabila bertambah maka kedalaman, luas fondasi, dan seluruh dimensi fondasi lain bertambah,

2. momen fondasi, apabila bertambah maka kombinasi daya dukung dari kedalaman dan luas fondasi bertambah untuk memenuhi daya dukung. Pada momen yang sangat besar lebih menguntungkan menambah luas fondasi karena inersia fondasi bertambah, dengan demikian daya dukung didapatkan dari luas fondasi dan kedalaman fondasi dapat berkurang. Kombinasi ketebalan dan luas tulangan bertambah untuk memenuhi kuat lentur yang dibutuhkan akibat tegangan lentur bertambah.
3. sudut gesek dalam tanah, apabila bertambah maka kedalaman fondasi dan luas fondasi berkurang. Hal ini disebabkan oleh kapasitas daya dukung yang sudah terpenuhi oleh kedalaman dan luas fondasi yang kecil. Kombinasi ketebalan dan luas tulangan berkurang karena tegangan lentur berkurang,
4. lapisan tanah yang lebih baik, apabila letaknya cukup dekat maka kedalaman fondasi dapat mendekati atau bahkan dipindahkan ke kedalaman tersebut. Hal ini bergantung pada keuntungan yang didapatkan dengan memindahkan fondasi ke lapisan tersebut dibandingkan dengan penambahan harga untuk memindahkan fondasi ke lapisan tersebut,
5. harga satuan, dapat merubah variabel desain fondasi berdasarkan harga satuan yang berubah,
6. kedalaman fondasi, bertambah apabila beban dan momen bertambah, atau sudut gesek tanah berkurang. Apabila bertambah menyebabkan luas fondasi berkurang karena daya dukung sudah didapatkan dengan

memperdalam fondasi, dan faktor lain yang diakibatkan berkurangnya luas fondasi,

7. luas fondasi, bertambah apabila bertambah apabila beban dan momen bertambah, atau sudut gesek tanah berkurang, kedalaman fondasi berkurang. Apabila bertambah menyebabkan kedalaman berkurang (seperti penjelasan pada kedalaman), dan kombinasi ketebalan dan luas tulangan berkurang karena kuat lentur yang dibutuhkan berkurang, dan
8. ketebalan fondasi, apabila bertambah maka luas tulangan berkurang karena kuat lentur desain sudah didapatkan dengan menambah nilai lengan lentur fondasi.

Seluruh faktor yang mempengaruhi fondasi secara spesifik di atas terjadi dikarenakan berdasarkan seluruh uji coba fondasi telapak memiliki nilai kritis berupa daya dukung tanah dan kuat lentur fondasi. Pada kasus' dengan tanah yang sangat baik, daya dukung tanah memungkinkan untuk mencukupi sehingga nilai kritis hanya terjadi pada kuat lentur fondasi.

Seluruh dimensi fondasi perlu untuk dioptimalkan, namun dari semua dimensi fondasi, dimensi fondasi yang paling utama untuk dioptimumkan adalah kedalaman fondasi. Terdapat tiga alasan mengapa dimensi fondasi adalah dimensi yang paling utama untuk dioptimumkan. Pertama, kedalaman fondasi perlu ditentukan pertama dan menyesuaikan dengan tinggi lantai pertama pada program perancangan. Kedua, kedalaman fondasi mempengaruhi hasil optimum dari dimensi-dimensi yang lain. Ketiga, melakukan optimasi terhadap kedalaman fondasi sangat sulit karena banyak faktor-faktor yang mempengaruhi.

Prinsip untuk melakukan optimasi pada kedalaman fondasi secara sederhana adalah mempertimbangkan biaya untuk memperdalam fondasi dengan keuntungan yang didapat dengan memperdalam fondasi dan kebalikannya. Biaya untuk memperdalam fondasi ditentukan oleh banyak faktor, yaitu: volume beton fondasi, luas lantai kerja, luas galian, luas beton lantai kerja, biaya penambahan kolom, harga satuan, biaya galian yang meningkat seiring meningkatnya kedalaman, dan lain-lain. Keuntungan yang didapatkan dengan memperdalam fondasi adalah daya dukung fondasi meningkat, luas fondasi berkurang yang berdampak positif dengan: gaya geser berkurang, luas bekisting berkurang, volume fondasi berkurang, luas lantai kerja berkurang, dan berdampak negatif dengan: daya dukung berkurang, tegangan tanah meningkat. Masih terdapat lima fondasi telapak yang perlu dioptimalkan, yaitu lebar fondasi, ketebalan, tulangan arah-x, dan tulangan arah-y. Oleh karena faktor-faktor yang mempengaruhi optimasi fondasi telapak, proses pengoptimasian dengan algoritma program sangat diperlukan. Dalam hal ini, algoritma genetik digunakan untuk mengoptimalkan biaya fondasi telapak.

Program optimasi fondasi telapak menggunakan algoritma genetik menjadi program untuk melakukan optimasi fondasi telapak sekaligus program untuk menghasilkan desain fondasi telapak. Peran utama program optimasi fondasi telapak adalah menentukan kedalaman optimum agar didapatkan rentang kedalaman optimum. Setelah itu tinggi lantai hasil program optimasi disesuaikan dengan tinggi lantai pertama pada program perancangan. Peran sekunder program optimasi fondasi telapak adalah menyesuaikan dimensi fondasi yang lain sesuai

dengan kedalaman yang telah ditetapkan dan juga menjalankan program dengan dimensi-dimensi yang dibulatkan.

Penggunaan algoritma genetik, secara spesifik algoritma genetik riil yang menghasilkan dimensi fondasi berupa bilangan riil memiliki beberapa kelebihan dan kelemahan pada penggunaannya dalam optimasi fondasi telapak. Kelebihan tersebut adalah:

1. penggunaannya mudah dan hasil yang didapatkan cukup akurat,
2. waktu yang lama untuk menjalankan program relatif cepat, dan
3. memiliki cara untuk melakukan konvergensi optimum global sekaligus melepaskan diri dari optimum lokal.

Kelemahan algoritma genetik riil adalah:

1. simpangannya cukup besar sehingga diperlukan hasil optimasi lebih dari satu sebagai pembanding,
2. untuk mengurangi simpangan hasil optimasi diperlukan jumlah populasi dan generasi yang besar yang dapat memperlambat waktu untuk menjalankan program,
3. hasil keluaran berupa bilangan riil yang perlu dibulatkan untuk penggunaan pada perencanaan di lapangan,
4. hasil keluaran berupa bilangan riil membuat kombinasi hasil menjadi sangat besar sehingga untuk mendapatkan hasil optimum sempurna sangat sulit, dan
5. algoritma genetik dapat menjadi bingung (hasil iterasi tidak mendekati konvergen) apabila terdapat variabel semu misalnya pembulatan luas

tulangan, dan apabila terdapat angka negatif yang mempengaruhi fungsi *fitness* langsung (bukan penalti), misalnya tinggi kolom negatif akibat sisi atas fondasi berada di atas permukaan tanah.

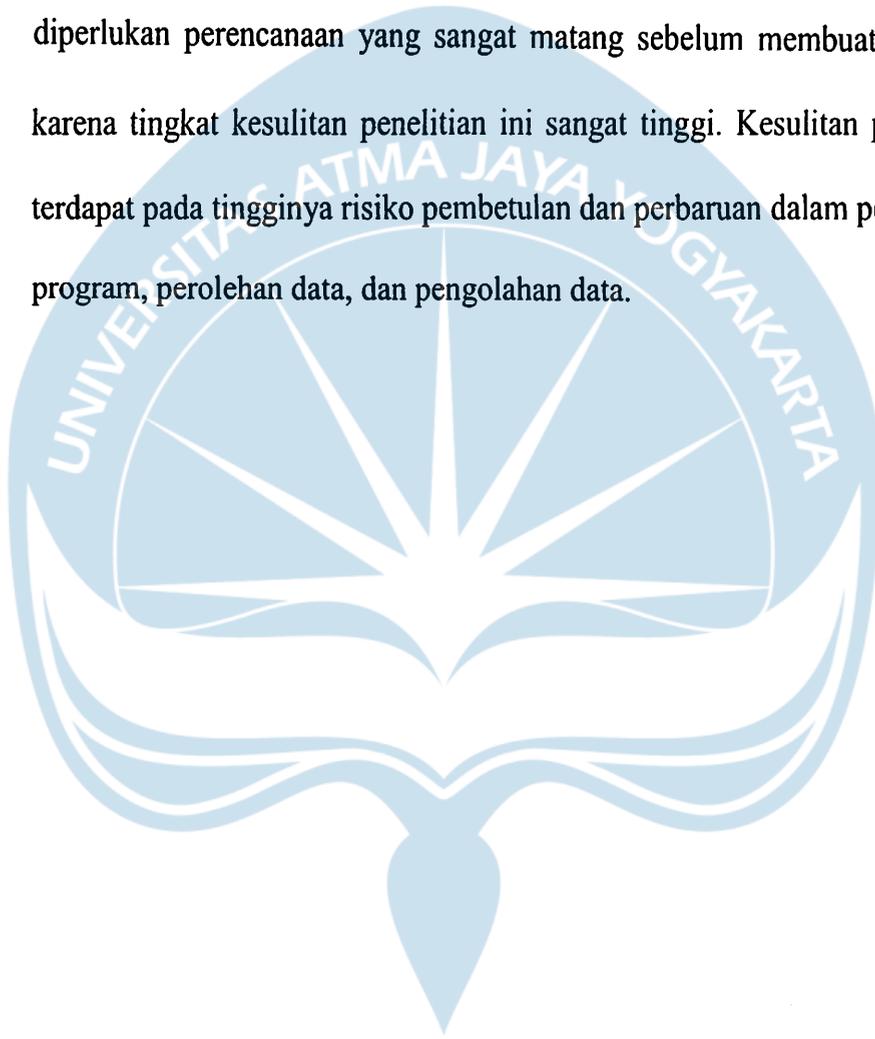
Berdasarkan uji coba yang telah penulis jalankan, letak perbedaan biaya fondasi antara hasil optimasi program dengan perhitungan/perencanaan manual dengan metode perhitungan daya dukung yang sama terletak pada penentuan dan asumsi perencanaan. Program optimasi mampu menghasilkan dimensi fondasi yang optimum dari segi biaya sedangkan perencana harus menentukan atau mengasumsikan beberapa dimensi fondasi. Apabila hasil dimensi dari penentuan atau asumsi perencana sama dengan hasil program maka tidak ada perbedaan biaya, sedangkan apabila berbeda maka biaya fondasi hasil perencanaan kurang optimum dan memiliki biaya yang lebih mahal.

6.2 Saran

Saran yang dapat penulis berikan setelah melakukan penelitian ini adalah:

1. diperlukan penelitian lebih lanjut terkait optimasi fondasi telapak dengan menggunakan algoritma dengan hasil berupa bilangan bulat ataupun menggunakan algoritma optimasi lain,
2. diperlukan penelitian lebih lanjut terkait optimasi fondasi telapak dengan menggunakan metode daya dukung lain,
3. diperlukan penelitian lebih lanjut terkait faktor-faktor yang mempengaruhi fondasi telapak yang optimum,
4. diperlukan penelitian lebih lanjut terkait perbandingan fondasi telapak dengan salah satu jenis fondasi dalam pada bangunan dengan *basement*,

5. diperlukan pengetahuan bahasa program, logika program, pemanfaatan hasil program, dasar-dasar analisis struktur menggunakan komputer, dasar-dasar perencanaan struktur beton, dasar-dasar perencanaan ketahanan gempa, dan dasar-dasar estimasi biaya untuk melakukan penelitian ini, dan
6. diperlukan perencanaan yang sangat matang sebelum membuat program karena tingkat kesulitan penelitian ini sangat tinggi. Kesulitan penelitian terdapat pada tingginya risiko pembetulan dan perbaruan dalam pembuatan program, perolehan data, dan pengolahan data.



DAFTAR PUSTAKA

- Arfiadi, Y. 2016. Operator Kawin Silang pada Algoritma Genetik Riil untuk Variabel Rencana Selalu Positif. DOI: 10.14710/mkts.v22i2.12883.
- Arfiadi, Y., dan Hadi M.N.S. 2001. *Optimal Direct (Static) Output Feedback Controller Using Real Coded Genetic Algorithms*. DOI: 10.1016/S0045-7949(01)00041-4
- Bowles, J. E. 1997. *Foundation analysis and Design*. McGraw-Hill Book Co. Singapura.
- Dharmaysa, I. G. N. P. 2014. Analisis Daya Dukung Pondasi Dangkal pada Tanah Lunak di Daerah Dengan Muka Air Tanah Dangkal (Studi Kasus pada Daerah Suwung Kauh). PADURAKSA, Vol. 3, No. 2, ISSN: 2303-2693.
- Frans, R., dan Arfiadi, Y. 2014. *Sizing, Shape, and Topology Optimizations of Roof Trusses Using Hybrid Genetic Algorithms*. DOI: 10.1016/j.proeng.2014. 12.178.
- Peck, R. B., Hanson, W. E., dan Thornburn, T. H. 1973. Teknik Fondasi. *Gadjah Mada University Press*. Yogyakarta.
- SNI 2847:2013, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Badan Standarisasi Nasional (BSN). Jakarta.
- SNI 2835:2008, Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Tanah untuk Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan. Badan Standarisasi Nasional (BSN). Jakarta.
- SNI 1726:2012, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Badan Standarisasi Nasional (BSN). Jakarta.
- Terzaghi, K. 1943. *Theoretical Soil Mechanics*. DOI: 10.1002/9780470172766.
- Yang, Xin-She. 2014. *Nature-Inspired Optimization Algorithms*. DOI: 10.1016/B978-0-12-416743-8.00005-1.
- Yang, Xin-She, Deb, S., dan Mishra, S. K. 2018. *Multi-species Cuckoo Search Algorithm for Global Optimization*. DOI: 10.1007/s12559-018-9579-4.



ANALISA HARGA SATUAN PEKERJAAN

1 m³ Galian Tanah Biasa Sedalam 1 m							
Upah:	0,7500	OH	Pekerja	@	Rp	70.000,00	Rp 52.500,00
	0,0250	OH	Mandor	@	Rp	100.000,00	Rp 2.500,00
						JUMLAH	Rp 55.000,00
1 m³ Galian Tanah Biasa Sedalam 2 m							
Upah:	0,9000	OH	Pekerja	@	Rp	70.000,00	Rp 63.000,00
	0,0450	OH	Mandor	@	Rp	100.000,00	Rp 4.500,00
						JUMLAH	Rp 67.500,00
1 m³ Galian Tanah Biasa Sedalam 3 m							
Upah:	1,0500	OH	Pekerja	@	Rp	70.000,00	Rp 73.500,00
	0,0670	OH	Mandor	@	Rp	100.000,00	Rp 6.700,00
						JUMLAH	Rp 80.200,00
1 m³ Urugan Tanah Kembali							
Upah:	0,2500	OH	Pekerja	@	Rp	70.000,00	Rp 17.500,00
	0,0083	OH	Mandor	@	Rp	100.000,00	Rp 833,33
						JUMLAH	Rp 18.333,33
1 m³ Beton K-250							
Bahan:	384,0	kg	Portland Cement	@	Rp	1.548,00	Rp 594.432,00
	0,494	m ³	Pasir Beton	@	Rp	255.400,00	Rp 126.240,57
	0,770	m ³	Kerikil	@	Rp	218.268,00	Rp 167.985,52
	215,0	Ltr	Air	@	Rp	-	Rp -
upah:	0,2750	OH	Tukang Batu	@	Rp	80.000,00	Rp 22.000,00
	0,0280	OH	Kepala Tukang	@	Rp	90.000,00	Rp 2.520,00
	1,6500	OH	Pekerja	@	Rp	70.000,00	Rp 115.500,00
	0,0830	OH	Mandor	@	Rp	100.000,00	Rp 8.300,00
						JUMLAH	Rp 1.036.978,09
1 m³ Beton Lantai Kerja K-100							
Bahan:	230,0	kg	Portland Cement	@	Rp	1.548,00	Rp 356.040,00
	0,6379	m ³	Pasir Pasang	@	Rp	255.400,00	Rp 162.908,71
	0,7607	m ³	Kerikil	@	Rp	218.268,00	Rp 166.045,36
Upah	0,2000	OH	Tukang Batu	@	Rp	80.000,00	Rp 16.000,00
	0,0200	OH	Kepala Tukang	@	Rp	90.000,00	Rp 1.800,00
	1,2000	OH	Pekerja	@	Rp	70.000,00	Rp 84.000,00
	0,0600	OH	Mandor	@	Rp	100.000,00	Rp 6.000,00
						JUMLAH	Rp 792.794,07

1 kg Pembesian

Bahan	1,0500	kg	Besi Beton 400 MPa	@	Rp	10.600,00	Rp	11.130,00
	0,0150	kg	Kawat beton	@	Rp	30.500,00	Rp	457,50
Upah:	0,0070	OH	Tukang Besi	@	Rp	80.000,00	Rp	560,00
	0,0007	OH	Kepala Tukang	@	Rp	90.000,00	Rp	63,00
	0,0070	OH	Pekerja	@	Rp	70.000,00	Rp	490,00
	0,0004	OH	Mandor		Rp	100.000,00	Rp	40,00
					JUMLAH		Rp	12.740,50

1 m2 Bekisting untuk Beton Fondasi

Bahan:	0,0133	m3	Kayu Kelas 3	@	Rp	2.950.000,00	Rp	39.333,33
	0,1000	m3	Minyak Bekisting	@	Rp	7.500,00	Rp	750,00
	0,3000	kg	Paku	@	Rp	24.000,00	Rp	7.200,00
Upah:	0,2600	OH	Tukang Kayu	@	Rp	80.000,00	Rp	20.800,00
	0,0260	OH	Kepala Tukang	@	Rp	90.000,00	Rp	2.340,00
	0,5200	OH	Pekerja	@	Rp	70.000,00	Rp	36.400,00
	0,0260	OH	Mandor	@	Rp	100.000,00	Rp	2.600,00
					JUMLAH		Rp	109.423,33

1 m3 Beton Kolom Beton Bertulang (300 kg besi + bekisting)

	0,133	m3	Kayu Kelas 3	@	Rp	2.950.000,00	Rp	393.333,33
	4,000	kg	Paku	@	Rp	24.000,00	Rp	96.000,00
	2,000	Ltr	Minyak Bekisting	@	Rp	7.500,00	Rp	15.000,00
	315,0	kg	Besi Beton 400 Mpa	@	Rp	10.600,00	Rp	3.339.000,00
	4,500	kg	Kawat Beton	@	Rp	30.500,00	Rp	137.250,00
	336,0	kg	Portland Cement	@	Rp	1.548,00	Rp	520.128,00
	0,5400	m3	Pasir Beton	@	Rp	255.400,00	Rp	137.916,00
	0,8100	m3	Kerikil	@	Rp	218.268,00	Rp	176.797,08
	0,0500	m3	Kayu Kelas 2 Balok	@	Rp	2.950.000,00	Rp	147.500,00
	0,9333	lbr	Plywood 9 mm	@	Rp	140.000,00	Rp	130.666,67
	5,3333	Btg	Dolken Kayu Galam	@	Rp	25.000,00	Rp	133.333,33
	7,0500	OH	Pekerja	@	Rp	70.000,00	Rp	493.500,00
	0,2750	OH	Tukang Batu	@	Rp	80.000,00	Rp	22.000,00
	1,6500	OH	Tukang Kayu	@	Rp	80.000,00	Rp	132.000,00
	2,1000	OH	Tukang Besi	@	Rp	80.000,00	Rp	168.000,00
	0,4030	OH	Kepala Tukang	@	Rp	90.000,00	Rp	36.270,00
	0,3530	OH	Mandor	@	Rp	100.000,00	Rp	35.300,00
					JUMLAH		Rp	6.113.994,41

*Harga satuan di bekisting beton fondasi dan kolom beton bertulang di atas menggunakan bekisting kayu tiga kali pakai

TABEL L.1 REKAPITULASI HASIL RUN

Uji Coba/Perhitungan Manual	Maxfit	Bx (m)	D (m)	Th ₁ (mm)	Asx (mm ²)	Asy (mm ²)	Biaya (juta rupiah)
1. uji coba pertama							
a. run terbaik	81,78	2,77	1,21	282,27	661,55	661,54	4,89
b. modifikasi beban							
0,5	159,72	2,20	0,98	221,99	428,80	429,21	2,50
1	81,78	2,77	1,21	282,27	661,55	661,54	4,89
2	39,26	3,47	1,52	407,01	876,83	876,21	10,19
4	17,99	4,37	1,91	597,22	1164,61	1163,45	22,23
c. modifikasi Ø							
0,6	29,30	4,38	1,70	295,69	679,15	679,06	13,65
0,8	51,42	3,43	1,40	284,41	687,29	687,21	7,78
1	81,78	2,77	1,21	282,27	661,55	661,54	4,89
1,2	115,80	2,30	1,14	290,13	605,17	604,72	3,45
1,4	156,03	1,98	1,05	274,47	620,82	621,01	2,56
1,6	206,75	1,71	0,95	275,28	583,57	583,19	1,93
2. uji coba kedua							
a. run terbaik	81,72	2,72	1,30	280,66	663,78	664,20	4,89
b. kedalaman optimum							
d 0,5 m	72,99	-	-	-	-	-	5,48
d 0,6 m	74,92	-	-	-	-	-	5,34
d 0,7 m	76,79	-	-	-	-	-	5,21
d 0,8 m	78,57	-	-	-	-	-	5,09
d 0,9 m	80,22	-	-	-	-	-	4,99
d 1 m	81,17	-	-	-	-	-	4,93
d 1,1 m	81,69	-	-	-	-	-	4,90
d 1,21 m	81,78	-	-	-	-	-	4,89
d 1,3 m	81,72	-	-	-	-	-	4,89
d 1,4 m	81,42	-	-	-	-	-	4,91
d 1,5 m	80,92	-	-	-	-	-	4,94
d 1,6 m	80,31	-	-	-	-	-	4,98
d 1,7 m	79,51	-	-	-	-	-	5,03
d 1,8 m	78,56	-	-	-	-	-	5,09
d 1,9 m	77,53	-	-	-	-	-	5,16

Uji Coba/Perhitungan Manual	Maxfit	Bx (m)	D (m)	Th ₁ (mm)	Asx (mm ²)	Asy (mm ²)	Biaya (juta rupiah)
c. cek kedalaman optimum							
d 0,98 m	81,00	-	-	-	-	-	4,94
d 1,49 m	80,94	-	-	-	-	-	4,94
3. perhitungan manual pertama							
a. hasil desain	78,92	2,70	1,40	300,00	604,26	604,26	5,07
4. uji coba ketiga							
a. run terbaik	78,48	2,73	1,28	287,30	756,04	740,59	5,10
b. modifikasi harga satuan							
kasus 1	77,20	2,75	1,25	299,81	714,45	700,13	5,18
kasus 2	78,64	2,76	1,24	320,81	650,74	637,84	5,09
5. perhitungan manual kedua							
a. hasil desain	76,38	2,70	1,40	300,00	710,90	696,40	5,24
b. pembulatan uji coba ketiga							
tipe 1	77,48	2,72	1,30	307,03	689,27	675,32	5,16
tipe 2	77,46	2,78	1,20	309,45	682,93	669,40	5,16
tipe 3	73,73	2,80	1,30	308,99	684,92	671,20	5,43
tipe 4	76,46	2,80	1,20	311,22	678,43	664,71	5,23
tipe 5	71,58	2,80	1,30	350,00	630,01	630,07	5,59
tipe 6	73,73	2,80	1,30	310,00	681,77	668,32	5,43
tipe 7	73,69	2,80	1,30	300,00	713,09	698,96	5,43
tipe 8	73,69	2,80	1,30	300,00	713,09	698,96	5,43
tipe 9	74,15	2,80	1,20	350,00	630,02	630,34	5,39
tipe 10	76,41	2,80	1,20	320,00	653,55	640,33	5,24
tipe 11	76,46	2,80	1,20	310,00	681,74	669,76	5,23
tipe 12	76,41	2,80	1,20	300,00	713,30	699,33	5,23
tipe 13	78,48	2,73	1,28	287,30	756,04	740,59	5,10
tipe 14	76,38	2,70	1,40	300,00	710,90	696,40	5,24
6. uji coba keempat							
a. run terbaik							
model pertama	44,57	3,31	5,50	400,45	1119,46	1090,50	8,98
model ke-2	82,60	2,04	5,99	379,57	1003,38	983,45	4,84
model ke-2, d 5,5 m	73,23	2,51	5,50	394,21	1026,91	1013,29	5,46
model ke-3	83,01	2,02	6,03	383,48	977,11	961,34	4,82
model ke-3 bulat	79,13	2,10	6,00	400,00	939,71	926,77	5,06

Uji Coba/Perhitungan Manual	<i>Maxfit</i>	Bx (m)	D (m)	Th ₁ (mm)	Asx (mm ²)	Asy (mm ²)	Biaya (juta rupiah)
b. pertanyaan, <i>run</i> terbaik							
1,5 x \emptyset	147,97	1,61	5,50	365,23	932,25	910,44	2,70
4 x \emptyset	148,05	1,61	5,50	364,72	934,02	912,23	2,70
7. perhitungan manual ketiga							
a. hasil desain	79,13	2,10	6,00	400,00	939,70	926,20	5,05

