

Optimalisasi biaya konstruksi pondasi RISHA melalui analisis perbandingan metode *precast* dan *cast-in-situ*

Nina Uskas Amin^{1,*}

¹Magister Teknik Sipil, Teknik Sipil, Universitas Persada Indonesia YAI, Jakarta, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

RISHA foundation,
Precast construction,
Cost optimization,
Geotechnical analysis,
Modular housing

Abstract

This study examines cost optimization strategies for RISHA (Simple Healthy Instant House) foundation construction through a comparative analysis of precast and cast-in-place methods. RISHA is an innovative modular housing technology developed by the Ministry of Public Works and Housing in 2004, equipped with a knock-down system and dry joints designed for earthquake resistance. This study uses a parallel comparison method to analyze three types of precast foundation pocket, foundation blocks, and knock-down—against conventional cast-in-place foundations under identical geotechnical conditions. The analysis includes geotechnical assessment using CPT tests, structural evaluation of load capacity ranging from 958-2406 kg per foundation point, and comprehensive cost estimates based on PERMEN PUPR No. 8/2023 guidelines. The results show that precast foundation systems, particularly the knock-down and block footing variants, achieve significant cost savings of up to IDR 1.1 million per housing unit compared to conventional methods, while maintaining structural integrity and meeting load capacity requirements in soft soil conditions. The knock-down system demonstrates superior advantages in large-scale RISHA projects by reducing production, installation, and connection costs. All types of foundations successfully support the load of RISHA panels and ensure shear stability. This study recommends the application of a precast knock-down foundation system for large-scale RISHA projects to optimize construction costs while maintaining geotechnical quality standards and accelerating installation time.

Corresponding Author:

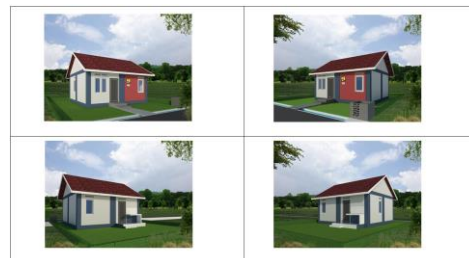
Nina Uskas Amin
uskasnina@gmail.com

Copyright © 2026 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

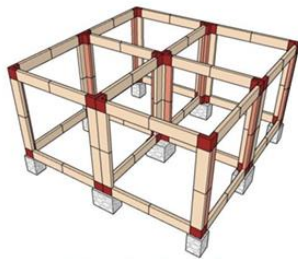
Pendahuluan

Teknologi RISHA adalah inovasi desain rumah sederhana dan sehat. Teknologi ini merupakan hasil penelitian Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat pada tahun 2004. RISHA merupakan rancangan konstruksi rumah tinggal dengan komponen kompak dan berukuran modular yang menggunakan sistem bongkar pasang (*knock down*) dan dapat disediakan secara fabrikasi. RISHA juga merupakan bangunan tahan gempa dengan sambungan kering (*dry joint*). Struktur ini dirancang sebagai rangka modular volumetrik yang terdiri dari tiga

jenis panel utama: Panel P1, P2, dan Panel P3. Panel P3 berfungsi sebagai simpul dan komponen penyambung antar panel menggunakan baut, pelat baja, dan angkur. Rumah RISHA yang dikaji dalam penelitian ini adalah RISHA standar Tipe-36, sebagaimana terlihat pada Gambar 1. berikut.



Gambar 1. Prototipe Risha Standar Tipe-36
Satu unit rumah RISHA tipe 36 terdiri dari 78 panel P1, 30 panel P2, dan 30 panel P3. Masing-masing panel memiliki berat yang berbeda, yaitu P1: 47 kg, P2: 35 kg, dan P3: 25 kg. Dengan bobot yang relatif ringan, panel-panel tersebut dapat dipikul atau diangkat secara manual oleh satu atau dua tenaga kerja saat pengangkutan dan perakitan, tanpa memerlukan bantuan alat berat. Modul panel struktur RISHA tipe 36 dapat dilihat pada Gambar 1.2 berikut.



Gambar 2. Modul Panel Struktur RISHA T-36

Bagian struktur bawah menggunakan metode konvensional jenis pondasi dangkal setempat dan/atau pondasi menerus pasangan batu belah, contoh pondasi setempat RISHA seperti terlihat pada gambar 3. berikut.



Gambar 3. Pondasi Setempat RISHA
(Sumber PT. Indocemen)

Pondasi konvensional yang dilakukan dengan pengecoran langsung di lokasi memiliki sejumlah kelemahan. Waktu pengerjaan relatif lama karena harus menunggu proses pengeringan (curing). Selain itu, metode ini tergantung pada kondisi cuaca dan memiliki biaya tenaga kerja yang tinggi. Selain itu, dalam pelaksanaan pembangunan sering muncul kendala berupa keterlambatan kemajuan akibat masalah pengiriman material, kualitas, dan pemborosan material. Dalam

konteks tersebut, pondasi pracetak (precast) menawarkan solusi yang efektif dan berpotensi signifikan untuk meningkatkan kinerja struktural, ketahanan, dan keamanan bangunan. Selain itu, pondasi pracetak juga memberikan efisiensi dalam hal biaya, waktu pengerjaan, dan penggunaan material. Namun demikian, fokus utama penelitian ini adalah mengkaji pengaruh penggunaan pondasi pracetak terhadap efektivitas dan efisiensi struktur RISHA dibandingkan pondasi konvensional. Aspek yang akan dikaji mencakup kinerja struktural (efektivitas), serta waktu, biaya, dan sumber daya (efisiensi). Hingga saat ini, peneliti belum melakukan studi komprehensif yang secara langsung membandingkan kinerja pondasi pracetak dengan pondasi konvensional dalam konteks penerapan RISHA. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat mengisi kekosongan tersebut serta mendukung peningkatan mutu dan percepatan pembangunan perumahan pascagempa di daerah rawan bencana, seperti di Provinsi Banten.

Dalam perencanaan pondasi, berbagai faktor teknis harus diperhatikan. Faktor tersebut antara lain karakteristik tanah, beban struktural, dimensi dan desain pondasi, serta faktor tambahan seperti stabilitas terhadap geser, waktu konsolidasi tanah, dan umur layanan struktural.

Saat ini, metode precast sudah diterapkan pada berbagai pembangunan, baik bangunan gedung bertingkat maupun rumah tinggal. Metode ini juga digunakan pada infrastruktur lain, seperti jembatan, dermaga, bangunan komersial, dan rumah prefabrikasi.

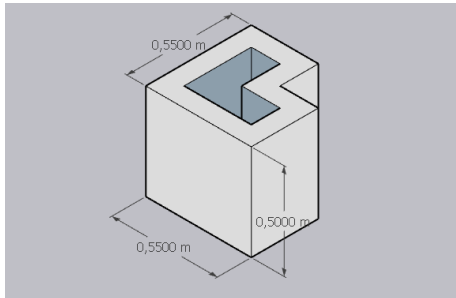
Metode precast untuk pondasi struktur RISHA yang dikembangkan meliputi beberapa tipe, antara lain:

1. Pondasi Pocket (Pondasi Kantong)

Pondasi pocket yang dikembangkan untuk struktur RISHA terdiri dari 3 tipe, yang disesuaikan dengan titik pondasi pada bangunan yaitu:

– Pondasi pocket tipe 1

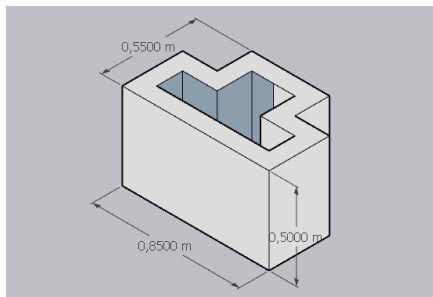
Tipe 1 terletak pada sudut atau pojok bangunan, yang berfungsi sebagai titik pondasi utama pada area tersebut. Desain pocket tipe 1 dapat dilihat pada gambar 4. berikut.



Gambar 4. Pondasi Pocket Tipe 1

– Pondasi pocket tipe 2

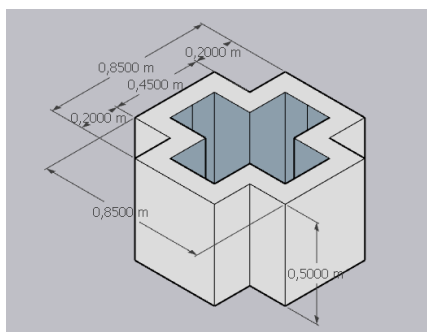
Tipe 2 pondasi terletak pada tepi tengah bangunan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Pondasi Pocket Tipe 2

– Pondasi pocket tipe 3

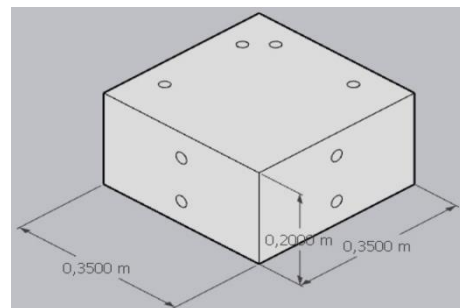
Tipe 3 pondasi berada di bagian tengah bangunan atau inti rumah, seperti terlihat pada Gambar 6 berikut.



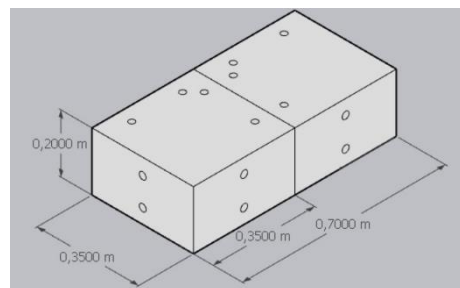
Gambar 6. Pondasi Pocket Tipe 3

2. Pondasi Blok Tapak

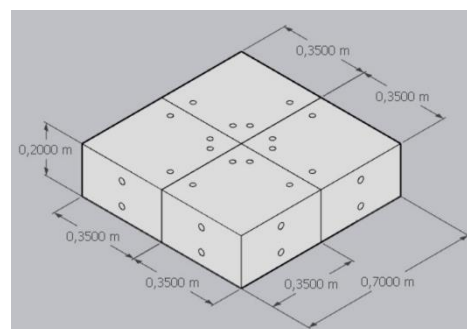
Pondasi jenis ini merupakan pondasi pracetak berbentuk persegi dengan ukuran 40 x 40 x 20 cm, yang memiliki lubang bagian samping kiri dan kanan yang berfungsi sebagai sambungan mekanis antar panel dan koneksi dengan struktur RISHA. Pondasi blok tapak juga terdiri dari tiga tipe, serupa dengan pondasi konvensional dan pondasi pocket yang telah dijelaskan sebelumnya. Masing-masing tipe pondasi tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 7. Pondasi Blok Tapak Tipe 1



Gambar 8. Pondasi Blok Tapak Tipe 2

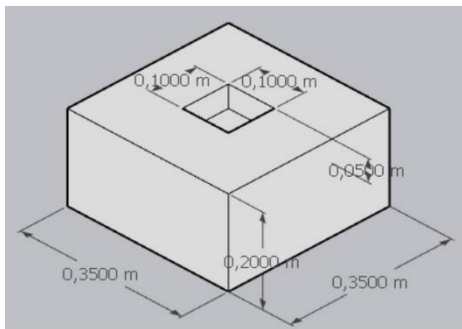


Gambar 9. Pondasi Blok Tapak Tipe 3

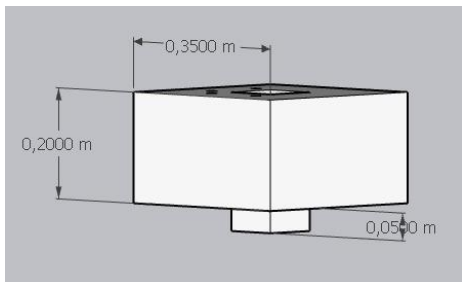
3. Pondasi *Knock Down*

Pondasi *knock down* ini terdiri dari 3 tipe. Masing-masing berbentuk persegi

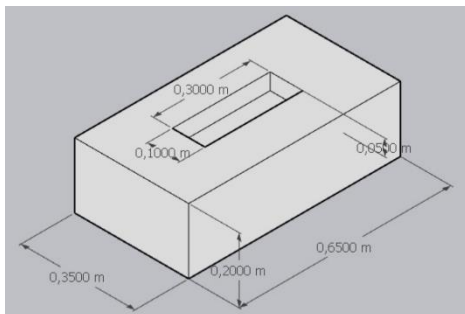
dengan ukuran yang berbeda sesuai titik pondasi pada bangunan RISHA. Setiap tipe pondasi terdiri dari 2 tumpuk dengan ketebalan 20 cm per pondasi, sehingga kedalamannya sekitar 40 cm dari permukaan tanah. Tujuan desain ini adalah untuk memudahkan proses mobilisasi pondasi di lapangan. Visualisasi pondasi tersebut dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 10. Pondasi Knock Down Tipe 1 (female)



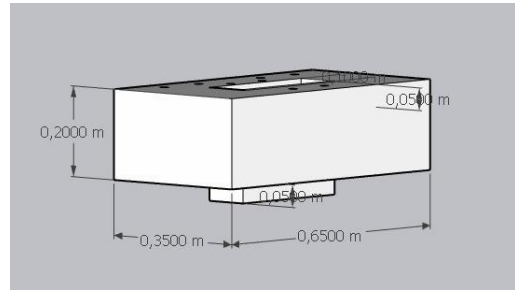
Gambar 11. Pondasi Knock Down Tipe 1 (male)



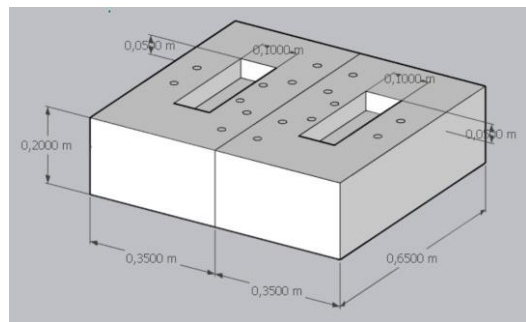
Gambar 12. Pondasi Knock Down Tipe 2 (Female)

Metode Pelaksanaan

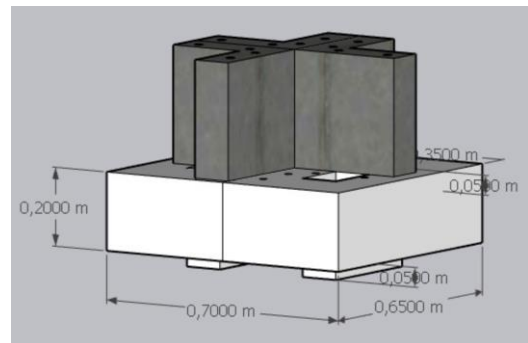
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode paralel komparatif dengan prototipe RISHA, baik untuk



Gambar 13. Podasi Knock Down Tipe 2 (Male)



Gambar 14. Pondasi Knock Down Tipe 3 (female)



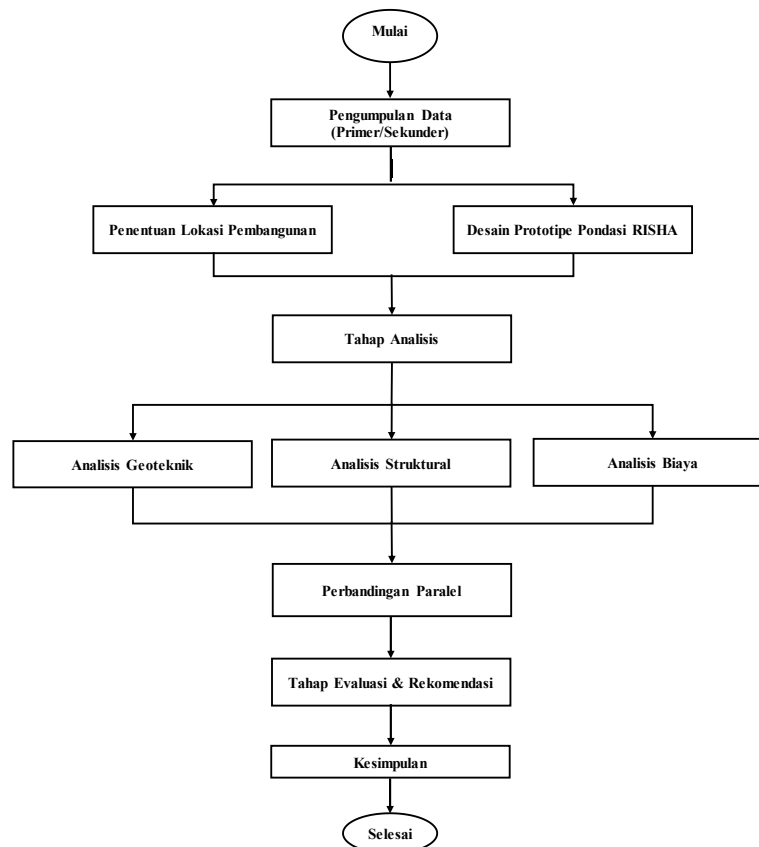
Gambar 15. Pondasi Knock Down Tipe 3 (male)

pondasi precast maupun cast in situ, pada area tanah dengan kondisi geoteknik yang sama. Metode ini bertujuan

meminimalkan distorsi atau kesalahan pada data yang dapat menyebabkan hasil tidak akurat, sehingga variabel pengganggu seperti fluktuasi harga

material atau kondisi lapangan dapat terkendali.

Flowcart metode pelaksanaan adalah sebagai berikut:



Gambar 16. Flowchart Metode Pelaksanaan

Persiapan awal penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data primer dan data sekunder sesuai kebutuhan analisis. Analisis yang dilakukan terdiri dari:

- Analisis Geoteknik

Data penyelidikan lapangan yang diperoleh melalui alat sondir dan pengujian CPT (Cone Penetration Test) digunakan untuk menentukan profil tanah, daya dukung izin (q_i), dan estimasi settlement pada kedalaman pondasi 0,5-1 m. Laporan penyelidikan tanah disusun oleh PT. Panca Guna Data, sedangkan pengujian laboratorium tanah dilakukan oleh PT. Inti Teknologi

Indonesia Utama Jl. Raya Puspitek, Kp. Kademangan No. 50 Kec. Setu-Tangerang Selatan -Banten 15320.

- Analisis Struktural

Analisis bertujuan untuk memastikan bahwa pondasi dapat menahan beban yang diberikan dan memenuhi syarat keamanan.

Dalam merencanakan suatu bangunan, baik gedung maupun infrastruktur lainnya, selain memperhitungkan daya dukung tanah izin (q_i) dan pembebanan berupa beban mati (DL) serta beban hidup (LL), faktor lain yang harus diperhatikan adalah penurunan

(settlement) tanah. Perhitungan bertujuan untuk memprediksi dan memastikan bahwa penurunan tanah akibat beban struktur (bangunan, jembatan, dll) berada dalam batas yang dapat diterima. Tujuan penelitian ini adalah mencegah keretakan atau kegagalan struktur serta menentukan waktu yang tepat untuk melanjutkan konstruksi, terutama pada tanah lunak. Hal ini dilakukan dengan membandingkan hasil teoritis dan pengukuran lapangan. Hasil akhirnya adalah menjamin kestabilan dan keamanan struktur jangka panjang melalui perhitungan dimensi pondasi.

- Analisis Biaya
Rencana Anggaran Biaya (RAB) dihitung menggunakan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP). Perhitungan ini berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PERMEN PUPR) No. 8 Tahun 2023 dan SNI 7832:2017 tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Beton Pracetak Insitu untuk Konstruksi Bangunan Gedung.

Hasil Pembahasan

Penelitian ini membahas perbedaan biaya total antara pondasi Precast (pondasi pracetak) dan *Cast-In-Situ* (pondasi cor di tempat) pada struktur RISHA.

– Analisa Geoteknik

Properti Fisik Tanah

Jenis tanah yang dikaji dalam penelitian ini adalah tanah lunak. Penyelidikan tanah dilakukan oleh PT. Panca Niaga Utama di lokasi proyek Coretim Embung, BIP, Kota Serang, Banten.

Tabel 1. Hasil Pengujian Tanah di Laboratorium

No	Parameter yang diuji	Satuan	Sample
1.	Kadar Air Tanah	%	35,04
2.	Batas-Batas Atterberg		
	- WL (Batas Cair)	%	83,13
	- PL (Batas Plastis)	%	29,3
	- IP (Indeks Plastis)	%	53,87
3.	Berat Volume Tanah (γ)	gr/cm ³	1,83
4.	Triaxial		
	- C (Kohesi)	Kg/cm ²	0,32
	- Φ (Sudut geser dalam)	°	9,6±10
	- Tangent f		0,17

– Analisa Struktur

Karena sudut geser tanah Φ nilainya kecil ($< 10^\circ$) dan diasumsikan tanah kurang padat, maka digunakan rumus Terzaghi pada kondisi "*local shear failure*"

Tiga jenis pondasi precast yang telah diuraikan semuanya berbentuk persegi dan persegipanjang, sehingga perhitungan daya dukung izin menggunakan rumus Terzaghi sebagai berikut:

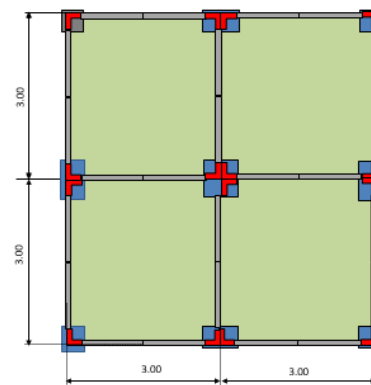
Dimana lebar B dan panjang L memenuhi $B/L = 1$. Maka digunakan rumus berikut:

$$q_u = 1,3 c N_c + \gamma D_f N_q + 0,4 \gamma B N_\gamma$$

Untuk pondasi persegipanjang

Dimana lebar B dan panjang $L > 1$, maka digunakan formula berikut:

$$q_u = c N_c S_c d_c + \gamma D_f N_q S_q d_y + 0,5 \gamma B N_\gamma S_\gamma d_y$$



Gambar 17. Denah Rumah RISHA Type-36

Hasil perhitungan daya dukung izin pada jenis pondasi precast yang diusulkan adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Ringkasan Dimensi Pondasi dan Daya Dukung yang Diizinkan

Parameter hasil penyelidikan tanah										
Cohesi, c	0,0320	ton/m ²								
Sudut Geser Dalam , Ø	10 °									
g Tanah	1,830	ton/m ³								
Jenis Pondasi	Dimensi Pondasi				Berat Pondasi			q _{allowed}	Sat	
	D _f	B	L	Sat	1 bh	2 bh	Sat			
Pondasi <i>Pocket</i>										
Tipe 1	0,5	0,55	0,55	m	408	-	Kg	0,735	kg/cm ²	
Tipe 2	0,5	0,55	0,85	m	720	-	Kg	0,729	kg/cm ²	
Tipe 3	0,5	0,85	0,85	m	1032	-	Kg	0,879	kg/cm ²	
Pondasi <i>Knock Down</i>										
Tipe 1	0,4	0,35	0,35	m	58,8	117,6	Kg	0,605	kg/cm ²	
Tipe 2	0,4	0,35	0,65	m	109,2	218,4	Kg	0,596	kg/cm ²	
Tipe 3	0,4	0,65	0,65	m	202,8	405,6	Kg	0,623	kg/cm ²	
Pondasi Blok Tapak										
Tipe 1	0,2	0,35	0,35	m	58,8	-	Kg	0,368	kg/cm ²	
Tipe 2	0,2	0,35	0,7	m	117,6	-	Kg	0,358	kg/cm ²	
Tipe 3	0,2	0,7	0,7	m	235,2	-	Kg	0,238	kg/cm ²	
Pondasi setempat Batu Belah										
Tipe 1	0,6	0,35	0,35	m	161,7	-	Kg	0,842	kg/cm ²	
Tipe 2	0,6	0,35	0,65	m	300,3	-	Kg	0,832	kg/cm ²	
Tipe 3	0,6	0,65	0,65	m	557,7	-	Kg	0,859	kg/cm ²	

Koreksi Daya Dukung

Berdasarkan data di atas, dilakukan koreksi nilai daya dukung pondasi setempat pada kedalaman 60 cm di bawah muka tanah. Koreksi ini mengacu pada tegangan izin hasil sondir (uji laboratorium).

Tabel 3. Koreksi Daya Dukung Izin Pondasi Setempat

Jenis Pondasi		Daya Dukung ijin (q _{allowed})		Daya Dukung ijin hasil sondir (q _c)		Keterangan
Pondasi Setempat batu belah	Tipe 1	0,842	Kg/cm ²	< 6.00	Kg/cm ²	ok
	Tipe 2	0,832	Kg/cm ²	< 6.00	Kg/cm ²	ok
	Tipe 3	0,859	Kg/cm ²	< 6.00	Kg/cm ²	ok

Berdasarkan data di atas, dilakukan koreksi nilai daya dukung pondasi pocket pada kedalaman 50 cm di bawah muka tanah terhadap tegangan izin hasil sondir (uji laboratorium).

Tabel 4. Koreksi Daya Dukung Pondasi Pocket pada Kedalaman 50 cm

Jenis Pondasi		Daya Dukung ijin (q_{allowed})		Daya Dukung ijin hasil sondir (q_c)		Keterangan
Pondasi <i>Pocket</i>	Tipe 1	0,735	Kg/cm ²	< 5,00	Kg/cm ²	ok
	Tipe 2	0,729	Kg/cm ²	< 5,00	Kg/cm ²	ok
	Tipe 3	0,879	Kg/cm ²	< 5,00	Kg/cm ²	ok

Berdasarkan data di atas, dilakukan koreksi nilai daya dukung pondasi blok tapak pada kedalaman 20 cm di bawah muka tanah terhadap tegangan izin hasil sondir (uji laboratorium).

Tabel 5. Koreksi Daya Dukung Izin Pondasi Blok Tapak

Jenis Pondasi		Daya Dukung ijin (q_{allowed})		Daya Dukung ijin hasil sondir (q_c)		Keterangan
Pondasi Blok Tapak	Tipe 1	0,368	Kg/cm ²	< 4,00	Kg/cm ²	ok
	Tipe 2	0,358	Kg/cm ²	< 4,00	Kg/cm ²	ok
	Tipe 3	0,238	Kg/cm ²	< 4,00	Kg/cm ²	ok

Berdasarkan data di atas, dilakukan koreksi nilai daya dukung pondasi knock down pada kedalaman 40 cm di bawah muka tanah terhadap tegangan izin hasil sondir (uji laboratorium)

Tabel 6. Koreksi Daya Dukung Izin Pondasi *Knock Down*

Jenis Pondasi		Daya Dukung ijin (q_{allowed})		Daya Dukung ijin hasil sondir (q_c)		Keterangan
Pondasi <i>Knock Down</i>	Tipe 1	0,605	Kg/cm ²	< 4,00	Kg/cm ²	ok
	Tipe 2	0,596	Kg/cm ²	< 4,00	Kg/cm ²	ok
	Tipe 3	0,623	Kg/cm ²	< 4,00	Kg/cm ²	ok

Perhitungan Pembebanan:

Pembebanan yang dihitung pada rumah RISHA meliputi beberapa komponen berikut::

1. Berat panel RISHA tipe-36
2. Berat dinding bata ringan
3. Berat sendiri pondasi

Struktur RISHA tipe 36 telah diuji di laboratorium PU (sertifikat pengujian

terlampir). Berdasarkan penilaian teknik, material atap yang digunakan adalah asbes dan metal roof dengan kemiringan 12,5°. Kondisi ini menimbulkan gaya horizontal relatif kecil. Angkur-angkur sepanjang 40 cm yang menghubungkan panel RISHA dengan dinding berfungsi sebagai penahan beban horizontal pada bangunan. Oleh karena itu, beban akibat gempa dan angin (gaya horizontal) dapat diabaikan pada rumah satu lantai.

Beban hidup juga dapat diabaikan pada bangunan satu lantai karena beban tersebut langsung ditopang oleh lantai.

Tabel 7. Rekapitulasi Perhitungan Pembebanan

No	Tipe Pondasi	Beban Panel RISHA (kg)	Beban dinding bata ringan (kg)	Berat sendiri Pondasi (Kg)	Total Beban (kg)
1	Pond. <i>Pocket</i>				
	Tipe 1	408	576	308,4	1292,4
	Tipe 2	720	864	358,8	1942,8
	Tipe 3	1032	1152	660	2844
2	Pond. <i>Knock Down</i>				
	Tipe 1	408	576	117,6	1101,6
	Tipe 2	720	864	218,4	1802,4
	Tipe 3	1032	1152	405,6	2589,6
3	Pond. Blok Tapak				
	Tipe 1	408	576	58,8	1042,8
	Tipe 2	720	864	117,6	1701,6
	Tipe 3	1032	1152	235,2	2419,2
4	Pond. setempat bt belah				
	Tipe 1	408	576	161,7	1145,7
	Tipe 2	720	864	300,3	1884,3
	Tipe 3	1032	1152	557,7	2741,7

Data tersebut menunjukkan perbandingan pembebanan antar tipe pondasi. Pondasi Pocket memiliki kapasitas pembebanan struktural yang meningkat signifikan seiring bertambahnya dimensi dan tipe. Pondasi Block Tapak lebih efisien untuk beban ringan hingga menengah dengan konstruksi sederhana. Sedangkan Pondasi Knock Down menawarkan fleksibilitas modular dengan konsekuensi berat sendiri yang lebih besar. Perbedaan karakteristik pembebanan ini menjadi dasar penting untuk memilih tipe pondasi yang sesuai dengan kebutuhan struktur RISHA dan kondisi tanah setempat.

Penurunan (Settlement)

Perhitungan penurunan tanah (settlement) untuk setiap tipe pondasi memerlukan data sebagai berikut:

- Dimensi pondasi untuk menentukan luas pondasi (A) dan kedalaman pondasi (Df)
- Beban sendiri pondasi (P)
- Parameter pada jenis tanah Lokasi Pembangunan seperti nilai kohesi (c), sudut geser ϕ , serta γ tanah;

Hasilnya berupa tekanan kerja pada pondasi (q) seperti tercantum pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Rekapitulasi Penurunan (*Settlement*) Tanah

Jenis Pondasi	Tekanan Kerja Pondasi (kPa)	Estimasi Penurunan (mm)	Faktor Koreksi	Settlement final (mm)
Pondasi <i>Pocket</i>				
Tipe 1	49,234	15,00	1,5	22,50
Tipe 2	50,137	15,00		22,50
Tipe 3	50,667	15,00		22,50
Pond. <i>Knock Down</i>				
Tipe 1	89,927	26,927	1,5	40,47
Tipe 2	79,226	23,766		35,65
Tipe 3	61,290	18,39		27,58
Pond. Blok Tapak				
Tipe 1	85,127	25,538	1,5	38,31
Tipe 2	69,453	20,85		31,28
Tipe 3	49,371	15,00		23,00
Pond. setempat bt belah				
Tipe 1	93,527	28,06	1,5	42,10
Tipe 2	82,826	27,545		41,32
Tipe 3	64,892	22,467		33,70

Nilai penurunan tanah (settlement) pada masing-masing pondasi di atas dikonversi menjadi milimeter (mm) dengan cara interpolasi. Estimasi penurunan ini menggunakan data dari Tabel 9 berikut.

Table 9. Estimasi Penurunan Tanah(*settlement*) izin

Tekanan kerja pondasi Kpa	Tanah Kaku	Tanah sedang	Tanah Lunak
50 -100	< 5 mm	5 - 15 mm	15 - 30 mm
100 -200	5 - 10 mm	15 - 30 mm	30 - 60 mm
200 -300	10 - 20 mm	30 - 50 mm	> 60 mm

Sumber: Bowles - *Foundation Analysis and Design*; Terzaghi & Peck, *Soil Mechanics in Engineering Practice*; Peck, Hanson & Thornburn, *Foundation Engineering*; NAVFAC DM-7 (*Manual Angkatan Laut AS*).

Catatan:

Tabel di atas tidak terdapat dalam satu buku tunggal, namun valid secara profesional. Dapat dipakai untuk desain bangunan sederhana dan bangunan tidak kritis

Pada tahap evaluasi, diperlukan faktor koreksi tambahan untuk penurunan (*settlement*) akibat kondisi lapangan. Faktor koreksi tersebut meliputi pondasi setempat kecil (+20%), jenis tanah lunak (+20%), dan pondasi pracetak (+10%), sehingga total koreksi konservatif mencapai 50%. Estimasi *settlement* akhir disajikan pada Tabel 10 berikut:

Tabel 10. menyajikan evaluasi kinerja pondasi precast RISHA pada kondisi tanah lunak dengan ketebalan antara 15–30 cm. Evaluasi menggunakan parameter tekanan kerja, penurunan dan penilaian kesesuaian berupa kategori 'ok' atau 'catatan'. Seluruh tipe pondasi layak digunakan meskipun penurunan bervariasi antara 22,5 hingga 42,1 mm. Hal ini konsisten dengan analisis sebelumnya mengenai optimalisasi desain pondasi pada kondisi geoteknik lemah di Serang.

Data ini melengkapi tabel sebelumnya dengan menghitung penurunan berdasarkan tekanan dan luas untuk validasi geoteknik.

Perhitungan dilakukan berdasarkan model sederhana: $\text{penurunan} = SF \times (\text{tekanan} \times \text{faktor tanah})$, yang relevan untuk optimasi desain RISHA. Dimana *Safety Factor*/Faktor Keamanan adalah rasio antara kapasitas ultimate terhadap beban kerja actual dalam analisa geoteknik.

Faktor tanah merepresentasikan koefisien deformasi tanah secara spesifik atau mengonversi tekanan (kPa) menjadi penurunan (mm)

Kinerja pondasi pocket tipe 1 dan 2 mencatat tekanan kerja antara 40,24 hingga 50,67 kPa dengan penurunan stabil sebesar 22,5 mm, sehingga dinilai sepenuhnya baik untuk tanah lunak dangkal.

Kondisi maksimum pada kelompok ini dengan tekanan hingga 50,67 kPa dan penurunan 22,5 mm mendapatkan penilaian baik. Hal ini menegaskan efisiensi sistem precast dalam menghadapi kondisi tertentu tanpa risiko signifikan. Blok tapak menunjukkan tekanan kerja yang lebih tinggi, yaitu antara 49,37 hingga 89,52 kPa. Penurunan berkisar antara 23,0 hingga 38,1 mm.

Perbandingan biaya:

Tabel 11. menunjukkan rekapitulasi perbandingan biaya per-unit pondasi.

Pondasi blok tapak dan knock down sangat efisien dari segi biaya. Pondasi blok tapak berharga Rp 1.188.337,- sedangkan *knock down* Rp 1.327.725,-. Kedua pondasi ini dapat menjadi alternatif pilihan pada struktur RISHA.

Dari biaya keseluruhan 1 unit rumah RISHA, pondasi knock down unggul dibandingkan jenis pondasi lain dengan nilai Rp 154.206.836,-.

Penelitian ini membandingkan pondasi konvensional cast-in-situ dengan tiga jenis pondasi pracetak (pocket, blok tapak, knock-down) untuk struktur RISHA pada tanah lunak di Serang-Banten. Fokus penelitian meliputi biaya, waktu pelaksanaan, penurunan (*settlement*), dan daya dukung. Matriks trade-off dari hasil pembahasan tersebut tersaji pada Tabel 12 berikut.

Tabel 9. Estimasi Penurunan Tanah (*Settlement*) Akhir

Jenis Pondasi	Tekanan Kerja Pondasi (kPa)	Penurunan (konversi) (mm)	Jenis Tanah	Estimasi <i>Settlement</i> (mm)	Catatan
Pondasi <i>Pocket</i>					
Tipe 1	49,234	22,5	Tanah Lunak	(15 - 30)	ok
Tipe 2	50,137	22,5			ok
Tipe 3	50,667	22,5			ok
Pond. <i>Knock Down</i>					
Tipe 1	89,927	40,47	Tanah Lunak	(15 - 30)	<i>note</i>
Tipe 2	79,226	35,65			<i>note</i>
Tipe 3	61,290	27,58			ok
Pond. Blok Tapak					
Tipe 1	85,127	38,31	Tanah Lunak	(15 - 30)	<i>note</i>
Tipe 2	69,453	31,28			<i>note</i>
Tipe 3	49,371	23,00			ok
Pond. setempat bt belah					
Tipe 1	93,527	42,10	Tanah Lunak	(15 - 30)	<i>note</i>
Tipe 2	82,826	41,32			<i>note</i>
Tipe 3	64,892	33,70			<i>note</i>

Tabel 11. Rekapitulasi perbandingan biaya per-unit pondasi

No	Tipe Pondasi	Biaya Produksi	Biaya Erection	Biaya Joint	Total Harga
1. Konvensional					Rp 1.633.674,26
					Rp 1.633.674,26
2. <i>Pocket</i>					
	Pondasi <i>Pocket</i> Ti	Rp 164.187,46	Rp 32.880,00	Rp 72.819,00	Rp 269.886,46
	Pondasi <i>Pocket</i> Ti	Rp 226.606,26	Rp 55.660,00	Rp 145.638,00	Rp 427.904,26
	Pondasi <i>Pocket</i> Ti	Rp 267.394,18	Rp 65.760,00	Rp 240.325,05	Rp 573.479,23
	Lansir		Rp 871.423,20		Rp 871.423,20
					Rp 2.142.693,15
3. Blok Tapak					
	Blok Tapak Tipe 1	Rp 44.280,99	Rp 9.490,75	Rp 52.101,90	Rp 105.873,64
	Blok Tapak Tipe 2	Rp 75.346,18	Rp 11.008,50	Rp 144.253,80	Rp 230.608,48
	Blok Tapak Tipe 3	Rp 136.432,68	Rp 32.408,00	Rp 318.807,60	Rp 487.648,28
	Lansir		Rp 364.207,20		Rp 364.207,20
					Rp 1.188.337,61
4. <i>Knock Down</i>					
	<i>Knock Down</i> Tipe	Rp 45.086,51	Rp 8.102,00	Rp 50.490,57	Rp 103.679,08
	<i>Knock Down</i> Tipe	Rp 45.578,42	Rp 14.178,50	Rp 199.890,57	Rp 259.647,49
	<i>Knock Down</i> Tipe	Rp 45.720,42	Rp 30.256,25	Rp 150.090,57	Rp 226.067,24
	Lansir		Rp 738.331,20		Rp 738.331,20
					Rp 1.327.725,01

Tabel 12. Menunjukkan Rekapitulasi Perbandingan Harga untuk 1 unit rumah.

Tipe Pondasi	Persiapan	Struktur	Arsitektur	MEP	Total Harga
Konvensional	Rp 1.480.338,50	Rp 55.937.890,67	Rp 88.843.884,98	Rp 8.320.622,00	Rp 154.582.736,15
Pocket	Rp 1.480.338,50	Rp 58.012.563,15	Rp 88.843.884,98	Rp 8.320.622,00	Rp 156.657.408,63
Blok Tapak	Rp 1.480.338,50	Rp 55.972.480,26	Rp 88.843.884,98	Rp 8.320.622,00	Rp 154.617.325,74
Knock Down	Rp 1.480.338,50	Rp 55.561.990,59	Rp 88.843.884,98	Rp 8.320.622,00	Rp 154.206.836,06

Tabel 13. Matrik Trade-Off Pondasi

Aspek	Konvensional (Cast-in-Situ)	Pocket Precast	Blok Tapak Precast	Knock-Down Precast
Biaya per Unit Rumah (Rp)	154.582.736,-	156.657.408,- (lebih tinggi)	154.617.326,- (hemat Rp 965.000)	154.206.836 (hemat = Rp 1.1 jt, terbaik)
Settlement Akhir (mm, rata-rata)	23-42 (note, tertinggi)	22.5 (ok, stabil)	23-40 (note-ok)	22.5-33 (ok-note, modular)
Daya Dukung (kg/titik)	958-2406 (cukup)	408-1032 (ok)	58.8-405.6 (efisien ringan)	58.8-235.2 (fleksibel)
Waktu & Instalasi	Lama (curing, cuaca)	Cepat (fabrikasi)	Sangat cepat	Tercepat (knock-down mudah)
Kelemahan Utama	Biaya tinggi, lambat	Biaya erection tinggi	Tekanan kerja tinggi	Berat sendiri lebih besar

Rekomendasi berdasarkan data menunjukkan bahwa pondasi *knock-down unggul* untuk proyek besar karena hemat biaya dan cepat. Sementara itu, pondasi *pocket* cocok untuk tanah stabil.

Kesimpulan

Sistem pondasi pracetak RISHA, terutama varian blok tapak dan knock down, menunjukkan keunggulan dalam penghematan biaya keseluruhan. Penghematan dapat mencapai Rp1,1 juta per unit rumah dibandingkan metode konvensional. Selain itu, sistem ini juga menawarkan kecepatan instalasi dan kemudahan perpindahan pada tanah lembek yang kapasitas dukungnya cukup setelah penyesuaian berdasarkan uji sondir dan laboratorium.

Evaluasi struktural mengonfirmasi bahwa seluruh jenis pondasi mampu menahan beban panel RISHA dan menjamin kestabilan terhadap gaya geser. Beban pada setiap titik tumpuan berkisar antara 958 hingga 2406 kg.

Saran yang direkomendasikan: gunakan sistem pracetak knock down untuk pelaksanaan proyek RISHA berskala besar agar dapat menekan biaya pembuatan, pemasangan, dan penyambungan sambil

tetap mempertahankan standar kualitas geoteknik.

Pondasi tipe pocket menunjukkan tekanan kerja dalam rentang rendah hingga sedang. Tekanan ini berkisar antara 40,24 kPa pada Tipe 1 hingga 50,67 kPa pada Knock Down Tipe 3. Estimasi penurunan tanah berada pada kisaran 15,00 hingga 26,92 mm." *Settlement* akhir berada pada kisaran 22,50 hingga 25,00 mm setelah dikalibrasi dengan faktor korosi 1,5, sehingga pondasi ini sangat sesuai digunakan pada tanah keras hingga sedang dalam proyek RISHA.

Pondasi blok tapak menunjukkan tekanan kerja yang lebih tinggi, yaitu antara 58,92 hingga 89,52 kPa. Estimasi penurunan tanah berkisar antara 18,78 sampai 26,92 mm, dengan penurunan akhir (*settlement*) antara 31,70 hingga 40,47 mm, Tipe 1 dan 2 menunjukkan penurunan tanah (*settlement*) antara 38,31 hingga 40,47 mm. Oleh karena itu, perlu perhatian khusus pada lapisan tanah lunak untuk mencegah deformasi berlebihan.

Pondasi setempat memiliki variasi tekanan kerja mulai dari 49,37 kPa (Tapak Tipe 3) hingga 95,26 kPa (Tipe 2), dengan estimasi penurunan tanah 15,00 hingga 28,46 mm dan *settlement* akhir pada kisaran 23,00 hingga 42,10 mm. Tipe 2 merupakan yang paling kritis dengan *settlement* sebesar 42,10 mm, sehingga sangat ideal untuk distribusi beban yang luas pada tanah lunak, sesuai dengan standar precast RISHA.

- Pekerjaan, K., Dan, U., & Rakyat, P. (n.d.-a). Pedoman Teknis Perakitan Dan Pemeliharaan Panel Struktural Rumah Instan Sederhana Sehat (Risha) Direktorat Jenderal Cipta Karya Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan.
- Pekerjaan, K., dan, U., & Rakyat, P. (n.d.-b). Pedoman Teknis Spesifikasi Panel Struktural Rumah Instan Sederhana Sehat (RISHA) Direktorat Jenderal Cipta Karya Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan.

Daftar Pustaka

- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2013). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 08/PRT/M/2013 tentang Pedoman Teknis Perencanaan Bangunan Gedung*. KementerianPUPR. <http://jdih.pu.go.id>
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 7832:2017 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Beton Pracetak Insitu untuk Konstruksi Bangunan Gedung*. BSN.
- Cahyadi Dani, S.T., M.T. Dkk. (2021), Pedoman Teknis Spesifikasi Panel Struktural Rumah Instan Sederhana Sehat (RISHA). Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Cipta Karya Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan.
- Grzegorz Ludwik Golewski, "The Specificity of Shaping and Execution of Monolithic Pocket Foundations (PF) in Hall Buildings," February 8, 2022 Building 2022, 12(2), 192
- Aninthaneni, P. K., & Dhakal, R. P. (2014). Analytical and numerical investigation of "dry" jointed precast concrete frame sub-assemblies with steel angle and tube connections. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 17(9), 4961–4985. <https://doi.org/10.1007/s10518-019-00663-8>
- Golewski, G. L. (2024). Shaping and assembly of structural systems of pocket foundations with prefabricated columns. *Structural Engineering and Mechanics*, 92(3), 307–317. <https://doi.org/10.12989/sem.2024.92.3.307>
- Wesley, L. D. (2011). *Mekanika tanah* (Edisi ke-2). Andi
- Hari, D. I. N. N. (2024). Kegiatan Pencetakan Instruktur (Training of Trainer) Pemberian Kompetensi Tambahan (Pkt) Batch 2. September.
- Dinariana Dwi. (2020) Penerapan SNI Pracetak SNI 7832:2017 Analisis Harga Satuan Pekerjaan Beton Pracetak Insitu untuk Konstruksi Bangunan Gedung.