

Perbandingan penggunaan material batu belah dan blok beton untuk fondasi dangkal

Merisa Ayu Pramesti^{1*}, Setya Winarno¹, Hari Nuryanto¹, Hari Purnomo²

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

²Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Shallow Foundation
Rubble Stone
Concrete Block
Compression Test

Corresponding Author:

Merisa Ayu Pramesti
merisaayupramesti@gmail.com

Abstract

Using rubble stone for shallow foundations is common, but breaking down larger stones requires much manual labor and time. In areas like Pematangsiantar, North Sumatra, the availability of rubble stone can also be limited. Concrete blocks offer an efficient alternative for building shallow foundations. This study aims to determine the compression and shear strength of shallow foundations made from rubble stone and concrete blocks, and to evaluate their costs.

Experimental testing was conducted in a controlled lab setting using samples of both split stone and concrete block foundations. Each type had three samples, with thorough documentation of the personnel involved, installation procedures, and materials used, captured via videos and photographs. The cost of producing each sample was calculated based on available data. Compression testing was performed using a hydraulic machine in the Structural Laboratory, with samples tested to failure.

The results showed that the compressive strength of rubble stone foundations was 6.71% higher than that of concrete block foundations. Similarly, the shear strength of rubble stone foundations was 21.73% higher than that of concrete block foundations. Both foundation materials exhibited a high Safety Factor (SF), exceeding 45. The cost of producing a rubble stone foundation sample was IDR 809,416.70 per 0.864 m³, while a concrete block foundation sample cost IDR 475,810.45 per 0.435 m³.

Copyright © 2024 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Di Indonesia, material batu belah sudah lazim digunakan untuk fondasi dangkal pada pembangunan rumah tinggal sederhana. Meskipun material batu belah relatif banyak dijumpai, tetapi proses pembelahan batu agar sesuai dengan dimensi yang diinginkan ternyata membutuhkan energi tenaga kerja yang cukup besar serta waktu yang lama. Di samping itu, terdapat juga masalah terkait ketersediaan batu belah di beberapa wilayah dataran rendah, seperti yang pernah terjadi di Pematangsiantar, Sumatera Utara (Harian Mistar, 2022).

Sebagai alternatif, penggunaan material blok beton pada fondasi dangkal dapat meningkatkan efisiensi pelaksanaan fondasinya. Material blok beton dapat dibuat secara presisi dan seragam ukurannya sehingga penghitungan kebutuhan material dapat dihitung dengan lebih tepat dan efisien (lihat Gambar 1 dan Gambar 2). Selain itu, penelitian tentang penggunaan material blok beton telah dilaksanakan dan hasilnya adalah bahwa material blok beton juga lebih mudah dan cepat dibandingkan dengan pembangunan fondasi dengan material batu belah (Nuryanto et al., 2022).



Gambar 1. Pemasangan fondasi dengan batu belah



Gambar 2. Pemasangan fondasi dengan blok beton

Dua material fondasi dangkal, yaitu blok beton dan batu belah telah diimplementasikan pada pekerjaan fondasi dangkal di Grogolan Ngemplak Sleman.

Terdapat peningkatan produktivitas sebagai bukti adanya proses belajar pada pembangunan fondasi dangkal dengan kedua material ini. Produktivitas rerata pekerjaan fondasi dangkal dengan material blok beton adalah sebesar 0,697 m³ /jam, dan pada material batu belah adalah sebesar 0,563 m³ /jam, atau terdapat efisiensi waktu yang lebih cepat sebesar 23,80% (Nuryanto dkk, 2022). Selain itu, penggunaan material blok beton juga akan memiliki 4 manfaat yang tidak berwujud (intangible benefits), yaitu penghematan lahan penumpukan, material sisa sedikit, kemudahan pekerjaan, dan hasil pekerjaan yang lebih presisi.

Pada penelitian di atas, sampel fondasi dangkal dalam skala sampel di laboratorium dengan kedua material tersebut belum diuji kekuatan dan nilai ekonominya secara mendalam. Penelitian ini adalah dalam rangka untuk melanjutkan penelitian tersebut dengan melakukan pengujian desak dan geser pada dua sampel struktur fondasi dangkal dengan dua material berbeda secara terpisah, yaitu batu belah dan blok beton. Pengujian desak dan geser pada fondasi sangat penting untuk memastikan keamanan dan keandalan fondasi dalam menahan beban struktural yang diterapkan ke dalamnya. Pengujian ini dilakukan dengan cara menerapkan beban dan gaya pada fondasi untuk memeriksa kapasitas dan karakteristik fondasi pada kedua material

tersebut. Hal ini akan meminimalkan risiko kegagalan fondasi dan meningkatkan keamanan bangunan (Puri et al., 2016).

Selain pengujian kekuatan, terdapat penambahan analisis terhadap biaya pembuatan dari kedua sampel fondasi tersebut yang dimulai dari biaya bahan susun dan biaya proses pembuatannya, sehingga dapat diambil kesimpulan mengenai efektivitas penggunaan material batu belah dan blok beton pada fondasi dangkal dari aspek kekuatan dan ekonominya.

Fondasi Dangkal

Fondasi dangkal adalah jenis fondasi yang terletak dangkal dibawah permukaan tanah, biasanya dengan kedalaman kurang dari 3 meter. Fondasi dangkal umumnya digunakan untuk bangunan yang ringan atau struktur yang tidak terlalu berat, seperti rumah tinggal, garasi, atau pagar. Fondasi dangkal dapat dibangun dengan berbagai cara, seperti menggunakan fondasi batu kali, fondasi beton bertulang, atau fondasi tiang. Fondasi dangkal yang baik harus mampu menopang beban bangunan dan menahan gerakan tanah, seperti gempa bumi atau perubahan suhu. Selain itu, fondasi dangkal juga harus dibangun di atas tanah yang cukup kuat dan stabil agar tidak terjadi kerusakan pada bangunan akibat penurunan tanah atau retak pada struktur bangunan.

Fondasi batu belah

Fondasi batu belah merupakan salah satu jenis fondasi dangkal yang sering digunakan pada bangunan sederhana. Umumnya

potongan melintang fondasi ini berbentuk trapezium dengan dimensi menyesuaikan beban bangunan. sebelum melakukan pembangunan fondasi batu belah, perlu dilakukan penyelidikan tanah untuk mengetahui kemampuan tanah untuk menopang beban bangunan. Batu belah yang dipilih harus memiliki sifat yang baik, seperti kekuatan, ketahanan terhadap air dan cuaca, dan minim retakan yang dapat mengurangi kestabilan fondasi. Pada pemasangannya sendiri, batu belah harus disusun secara rapi dan stabil serta harus memperhatikan posisi dan ketinggian masing-masing batu agar tidak ada rongga kosong.

Fondasi blok beton

Fondasi blok beton adalah jenis fondasi dangkal yang terdiri dari balok beton *precast*. Penggunaan material blok beton ini termasuk inovasi terbaru sebagai pengganti material batu belah yang memungkinkan digunakan masyarakat untuk pembangunan fondasi dangkal.

Penggunaan material blok beton pada fondasi dangkal memiliki beberapa keuntungan, dimulai dari perhitungan kebutuhan materialnya yang presisi sehingga dapat menghemat penggunaan lahan dan pengeluaran biaya pemilik proyek. Langkah pembuatannya pun dirasa mudah karena pada pengerjaannya fondasi blok beton sama halnya seperti pemasangan bata pada dinding bangunan. Dengan pemasangan seperti ini, pekerjaan dapat dilaksanakan dalam waktu yang singkat, karena dimensi materialnya yang sama membuat material mudah dipasang sesuai dengan dimensi rencana.

Nuryanto & Winarno (2021) menyatakan bahwa keuntungan dari blok beton ini adalah (1) dapat dibuat secara fabrikasi, (2) kebutuhan mortar perekat sedikit, (3) tidak memerlukan tempat penempatan yang luas di lokasi proyek, (4) waktu pemasangan yang lebih cepat, dan (5) material sisa sedikit. Keuntungan-keuntungan seperti ini

analog pada pemasangan material bata ringan untuk dinding rumah.

Kekuatan fondasi

Pada sampel fondasi dilakukan beberapa pengujian untuk menentukan kualitas dari tiap sampelnya.

1. Uji Desak

Pengujian kuat desak bertujuan untuk menilai kapasitas suatu benda uji dalam menahan beban. Pada tahap ini, sampel fondasi atau material yang diuji diberi beban secara perlahan sesuai prosedur yang telah ditetapkan, mengikuti pola pemberian beban vertikal seperti yang tergambar pada Gambar 3. Proses pengujian terus berlangsung hingga mencapai titik di mana sampel uji mengalami kegagalan atau keruntuhan seperti yang tergambar pada Gambar 4.



Gambar 3. Pengujian Kuat Desak



Gambar 4. Sampel Uji Desak Pada Beban Maksimum

Sampel uji desak dalam penelitian ini menggunakan sampel fondasi dangkal dengan skala 1:1. Berdasarkan SNI 03-1974-1990 besarnya kuat desak dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

σ = kuat desak (MPa),

P = beban maksimum (N), dan

A = luas permukaan bidang desak pada benda uji (mm²).

2. Uji Geser

Pengujian kuat geser dilakukan untuk mengetahui kemampuan sampel uji dalam menahan pergeseran lateral. Metode kerja dalam pengujian ini hampir serupa dengan pengujian kuat desak, namun sebagai pembeda pada pengujian ini penekan hidrolis akan diposisikan dari arah samping dan memberikan gaya horizontal pada sampel seperti yang tergambar pada Gambar 5. Sementara itu, untuk menggambarkan kerusakan yang terjadi akibat gaya geser dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Pengujian Kuat Geser



Gambar 6. Pengujian Kuat Desak

Sampel uji geser dalam penelitian ini menggunakan sampel fondasi dangkal dengan skala 1:1. Berdasarkan SNI 2824:2011 untuk mengetahui nilai kuat

geser dari sampel yang diuji dapat dilihat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\tau = \frac{P}{A} \quad (1)$$

τ = kuat geser (MPa),

P = beban maksimum (N), dan

A = luas permukaan bidang geser pada benda uji (mm²).

3. Regangan

Alat pengukur regangan atau *Linear Variable Differential Transformer* (LVDT) digunakan untuk mengukur besarnya deformasi atau perpindahan suatu benda ketika diberi beban atau gaya tertentu. Dalam perancangan struktur bawah, fondasi tidak dibolehkan mengalami regangan terlalu besar, hal ini karena jika kemiringan terlalu besar akan membahayakan stabilitas jangka panjang bangunan yang didukungnya (Lamansari et al., 2019).

Biaya pekerjaan

Biaya pekerjaan konstruksi mengacu pada total biaya yang dikeluarkan untuk menyelesaikan proyek konstruksi, termasuk biaya langsung dan tidak langsung. Biaya langsung adalah biaya yang terkait langsung dengan pelaksanaan pekerjaan. Biaya ini meliputi biaya bahan bangunan, tenaga kerja, sewa atau pembelian peralatan, biaya jasa subkontraktor, dan semua biaya yang terkait langsung dengan pelaksanaan pekerjaan konstruksi. Sedangkan Biaya tidak langsung adalah biaya yang tidak terkait langsung dengan pelaksanaan pekerjaan konstruksi, namun tetap diperlukan untuk menyelesaikan proyek. Biaya ini juga dikenal sebagai biaya *overhead*, dan meliputi biaya administrasi, biaya sewa kantor, biaya asuransi, biaya hukum, biaya pemasaran, dan semua biaya yang tidak terkait langsung dengan pelaksanaan pekerjaan konstruksi, namun tetap diperlukan untuk menyelesaikan proyek.

Pada perhitungan biaya pekerjaan dalam penelitian ini mengacu pada SNI 2836:2008 tentang Tata Cara perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Fondasi untuk Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan dengan penggunaan analisis jam kerja efektif untuk tenaga kerja orang harian (OH) diperhitungkan 7 jam perhari. Selain itu, dalam menentukan biaya upah dan material yang digunakan mengacu pada Peraturan Walikota (PERWALI) Yogyakarta No.70 Tahun 2021 Tentang Standar Harga Jasa Pada Pemerintah Yogyakarta Tahun 2022.

Analisis angka aman

Analisis dan perencanaan struktur yang kokoh dan aman merupakan aspek krusial dalam bidang teknik sipil, khususnya rekayasa struktur. Dalam hal ini, faktor keamanan atau *safety factor* (SF) berperan penting sebagai tolok ukur ketahanan struktur terhadap beban yang bekerja.

Penerapan SF yang tepat dalam desain struktur memastikan struktur mampu menahan beban yang diprediksi tanpa mengalami kegagalan. Hal ini menjadikannya elemen penting dalam pertimbangan analisis dan perencanaan struktur secara keseluruhan.

Penelitian ini menggunakan Metode Perencanaan Plastis (Plastic Method) dan Metode Tegangan Ultimit (Ultimate Stress Method) untuk menentukan SF fondasi dangkal yang diuji dan dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$SF = \frac{P_u}{P_s} \quad (2)$$

Dimana:

SF = Safety Factor

P_u = beban ultimit

P_s = beban nyata

Metode

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan cara membandingkan kekuatan struktur dan

biaya langsung pembuatan sampel fondasi dangkal dari material batu belah dan blok beton di Laboratorium Struktur dan Mekanika Rekayasa Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.

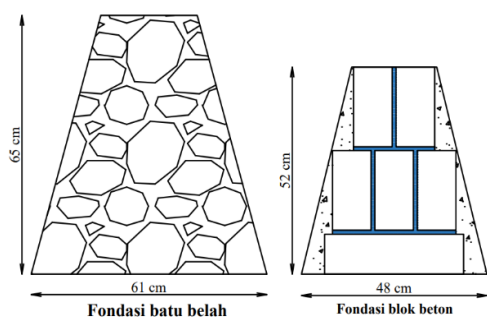
Pada penelitian ini terdapat dua jenis sampel fondasi dangkal dengan material yang berbeda yaitu dari batu belah dan blok beton. Terdapat 2 bentuk sampel pengujian di laboratorium, yaitu sampel uji desak dan uji geser. Secara umum, dimensi sampel disesuaikan dengan tiga faktor berikut: kapasitas alat uji, ukuran unit blok beton, dan kemampuan angkur untuk uji geser.

Material batu belah yang berukuran besar harus dibelah agar dapat diperoleh ukuran yang memadai dan mudah dipasang sesuai dengan ukuran fondasinya. Dimensi pada fondasi batu belah untuk uji desak memiliki nilai ukuran rata-rata dengan lebar dasar 52 cm x 61 cm, lebar atas 52 cm x 25 cm, panjang 52 cm, dan tinggi sebesar 65 cm (lihat Gambar 4.1). Ukuran lebar dasar, lebar atas, dan tinggi fondasi ini direncanakan setelah melakukan tanya jawab bersama 7 tukang di daerah Sleman terkait ukuran fondasi yang sering dipakai oleh masyarakat umum di daerah Sleman. Sedangkan panjang sampel fondasi ditetapkan sebesar 52 cm karena keterbatasan kemampuan mesin desak seperti yang disampaikan oleh teknisi di laboratorium. Sedangkan dimensi sampel uji geser dibuat dengan ukuran seperti pada Gambar 4 yang disesuaikan dengan kapasitas mesin geser dan angkur gesernya.

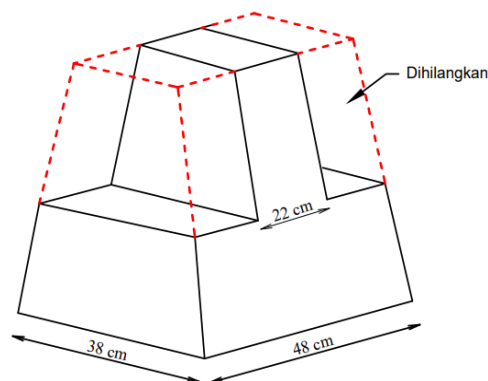
Fondasi blok beton untuk uji desak memiliki nilai ukuran rata-rata dengan lebar dasar 38 cm x 48 cm, lebar atas 38 cm x 22 cm, panjang 38 cm, dan tinggi sebesar 55 cm. Ukuran ini dibuat minimalis karena ukuran ini disesuaikan dengan ukuran satu unit blok betonnya (lihat Gambar 3). Ukuran fondasi blok beton tidak bisa disamakan dengan fondasi batu belah karena ukuran blok beton sudah tertentu sejak awal dan tidak mungkin dipotong-potong. Apabila terdapat proses pemotongan terhadap ukuran blok beton, biaya pembuatan fondasi menjadi sangat

malah. Sedangkan dimensi sampel uji geser dibuat dengan ukuran seperti pada Gambar 4 yang secara tipikal mengikuti ukuran sampel geser pada fondasi batu belah.

Dalam melakukan pengujian digunakan 6 sampel fondasi blok beton (3 buah untuk uji desak dan 3 buah untuk uji geser) dan 6 sampel fondasi batu belah (3 buah untuk uji desak dan 3 buah untuk uji geser), sehingga total sampel yang digunakan berjumlah 12 buah. Adapun ilustrasi dari sampel fondasi yang digunakan untuk uji desak dapat dilihat pada Gambar 7. Khusus sampel untuk uji geser, dimensi sampel dibuat seperti Gambar 8 yang disesuaikan dengan kapasitas alat uji geser atas hasil diskusi dengan teknisi di Laboratorium Struktur dan Mekanika Rekayasa UII.



Gambar 7. Sketsa Dimensi Fondasi Dangkal untuk Uji Desak



Gambar 8. Sketsa Dimensi Fondasi Dangkal untuk Uji Geser Setelah Dikurangi

Pembahasan

Pengujian desak

Hasil pengujian kuat desak dari fondasi blok beton dan batu belah dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil pengujian kuat desak fondasi

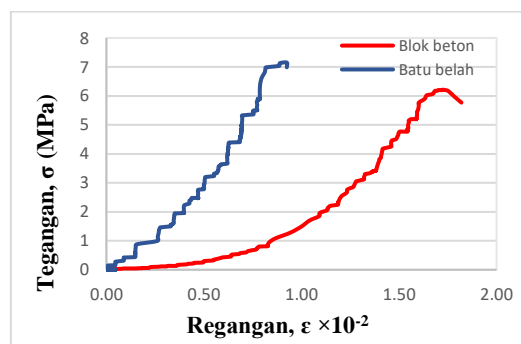
Sampel	Area Bidang Desak		Luas Bidang Desak (mm ²)	Beban		Kuat Desak, σ (MPa) (N/mm ²)
	Panjang (mm)	Lebar (mm)		(kN)	(N)	
Blok beton						
B1	380	150	57000	297	296890	5,21
B5	380	150	57000	354	354230	6,21
B6	380	150	57000	262	261870	4,59
			Rata-rata	304	304330	5,34
Batu belah						
K4	520	150	78000	466	465890	5,97
K5	520	150	78000	558	557740	7,15
K6	520	150	78000	316	315670	4,05
			Rata-rata	446	446433	5,72

Tabel 1 menguraikan hasil pengujian desak, di mana sampel fondasi batu belah menunjukkan nilai kekuatan desak yang lebih tinggi dengan rata-rata mencapai 5,72 N/mm², sedangkan sampel fondasi blok beton hanya memiliki rata-rata sebesar 5,34

N/mm². Hal ini menunjukkan bahwa fondasi batu belah memiliki kuat desak lebih tinggi 6,71% terhadap fondasi blok beton.

Hasil peninjauan tegangan dan regangan dipresentasikan dalam bentuk kurva pada

Gambar 9. Kekuatan desak tertinggi pada fondasi batu belah tercapai pada regangan 0,009, sedangkan pada fondasi blok beton tercapai pada regangan 0,018. Hal ini menunjukkan bahwa fondasi blok beton memiliki kemampuan meregang sampai kondisi runtuh yang lebih tinggi (atau lebih ulet) sebesar 47,22% dibandingkan dengan fondasi batu belah.



Gambar 9. Kurva Tegangan-Regangan Desak

Pengujian geser

Hasil pengujian kuat geser dari fondasi blok beton dan batu belah dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

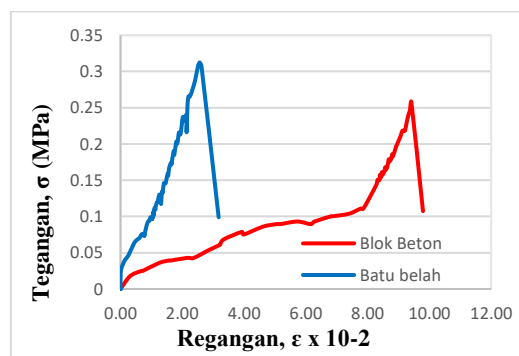
Tabel 2. Hasil Pengujian Kuat Geser Fondasi

Sampel	Area Bidang Desak		Luas Bidang Desak (mm ²)	Beban		Kuat Desak, τ (MPa) (N/mm ²)
	Panjang (mm)	Lebar (mm)		(kN)	(N)	
Blok beton						
B2	320	220	70400	18,14	18140	0,26
B3	320	220	70400	12,85	12850	0,18
B4	320	220	70400	9,58	9580	0,14
			Rata-rata	13,52	13523	0,19
Batu belah						
K1	440	220	70400	30,24	30240	0,31
K2	430	220	70400	17,14	17140	0,18
K3	420	220	70400	22,43	22430	0,24
			Rata-rata	23,27	23270	0,25

Tabel 2 memperlihatkan hasil pengujian kuat geser, dimana sampel fondasi dari batu belah menunjukkan kekuatan desak yang lebih tinggi dengan rata-rata mencapai 0,25 N/mm², sementara sampel fondasi dari blok beton hanya menunjukkan rata-rata sebesar 0,19 N/mm². Hal ini menunjukkan bahwa fondasi batu belah memiliki kuat geser lebih tinggi 21,74% terhadap fondasi blok beton.

Hasil peninjauan tegangan dan regangan dipresentasikan dalam bentuk kurva tegangan dan regangan pada Gambar 10. Kekuatan geser tertinggi pada fondasi batu belah tercapai pada regangan 0,03, sedangkan pada fondasi blok beton tercapai pada regangan 0,09. Hal ini menunjukkan bahwa fondasi blok beton memiliki kemampuan meregang sampai kondisi runtuh yang lebih tinggi (atau lebih ulet)

sebesar 72,77% dibandingkan dengan fondasi batu belah.



Gambar 10. Kurva Tegangan-Regangan Geser

Analisis angka aman

Angka aman dapat dihitung dari hasil pembagian antara kekuatan bahan dari hasil pengujian di laboratorium dibandingkan

dengan beban nyata yang harus dipikul oleh fondasi. Fondasi akan menerima beban nyata, yaitu beban vertikal dan beban horizontal atau beban geser yang dihitung per satuan panjang.

1. Beban Vertikal Fondasi

Beban vertikal yang akan diterima oleh fondasi di antaranya berasal dari: beban atap, ring balok, dinding, dan sloof. Pada perhitungan beban atap diasumsikan beban genteng (tanah liat) adalah 50 kg/m², beban rangka atap (kayu) adalah 50 kg/m², luas saluran air adalah 1 m²,

lebar bentang 5 m dengan panjang fondasi batu belah 0,52 m dan fondasi blok beton 0,38 m.

Beban atap untuk fondasi batu belah adalah $((0,52 \text{ m} \times 5 \text{ m}) + 1 \text{ m}^2) \times (50 \text{ kg/m}^2 + 10 \text{ kg/m}^2) = 216 \text{ kg}$ (2160 N) dan beban atap untuk fondasi blok beton adalah $((0,32 \text{ m} \times 5 \text{ m}) + 1 \text{ m}^2) \times (50 \text{ kg/m}^2 + 10 \text{ kg/m}^2) = 174 \text{ kg}$ (1740 N). Sementara itu untuk menghitung beban ring balokn, dinding, dan sloof dihitung dengan menggunakan Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Perhitungan Asumsi Beban Nyata Pada Ring Balok, Dinding, dan Sloof

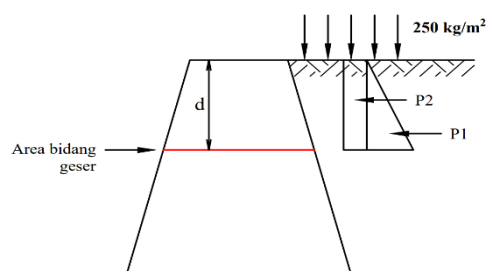
Keterangan	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Berat Volume (kg/m ³)	Beban (kg)	
					(kg)	(N)
Fondasi batu belah						
Ring balok	0,52	0,15	0,15	2400	28,1	280,8
Dinding			4	2000	624,0	6240,0
Sloof			0,2	2400	37,4	374,4
				Total	689,5	6895,2
Fondasi blok beton						
Dinding	0,38	0,15	0,15	2400	20,5	205,2
Dinding			4	2000	456,0	4560,0
Sloof			0,2	2400	27,4	273,6
				Total	503,9	5038,8

Sehingga didapatkan nilai beban vertikal yang akan diterima pada fondasi batu belah (K) adalah 2160 N + 280,8 N + 6240 N + 374,4 N = 9055,2 N dan pada fondasi blok beton adalah 2160 N + 205,2 N + 4560 N + 273,6 N = 5038,8 N.

2. Beban Horizontal Fondasi

Sampel pengujian geser memiliki lebar geser dan kedalaman (d) yang sama, yaitu 22 cm, bik untuk fondasi batu belah dan blok beton. Diasumsikan bahwa terdapat beban merata karena ada berat vertikal lantai sebesar 250 kg/m² (SNI 1727:2020) dan berat volume tanah 1800 kg/m³, maka didapatkan beban akibat tanah (P1) adalah $0,5 \times 1800 \text{ kg/m}^3 \times 0,22 \text{ m} \times 0,22 \text{ m} \times 0,22 \text{ m} = 9,58 \text{ kg}$ (95,8 N) dan beban merata (P2) adalah $250 \text{ kg/m}^2 \times 0,22 \text{ m} \times 0,22 \text{ m} = 12,11 \text{ kg}$ (121,1 N). Sehingga nilai $P_{\text{total}} = 95,8 \text{ N} + 121,1 \text{ N} = 216,8 \text{ N}$. Adapun skema perhitungan gaya geser nyata yang harus

didukung oleh fondasi disajikan dalam Gambar 11 berikut.



Gambar 11. Skema Perhitungan Beban Geser Nyata Fondasi

Perhitungan angka mana disajikan dalam Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Analisis Angka Aman Fondasi

No	Kekuatan Hasil Uji Lab. (N)		Beban Nyata (N)		Angka Aman	
	Uji Tekan	Uji Geser	Uji Tekan	Uji Geser	Uji Tekan	Uji Geser
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(2)/(4)	(7)=(3)/(5)
Blok Beton						
B1	296890	18140	6778,8	216,8	43,80	83,67
B2	354230	12850	6778,8	216,8	52,26	59,27
B3	261870	9580	6778,8	216,8	38,63	44,19
Rata-rata					44,89	62,38
Batu Belah						
K1	465890	30240	9055,2	216,8	51,45	139,48
K2	557740	17140	9055,2	216,8	61,59	79,06
K3	315670	22430	9055,2	216,8	34,86	103,46
Rata-rata					49,30	107,33

Berdasarkan Tabel 5.3 di atas, angka aman untuk semua jenis fondasi sudah di atas 1, sehingga penggunaan fondasi dengan batu belah ataupun blok beton dapat disimpulkan sebagai konstruksi yang aman.

Analisis anggaran biaya pembuatan sampel

Tenaga kerja yang melaksanakan pemasangan fondasi adalah 6 orang dengan 2 tukang dan 4 pekerja. Selama pembuatan sampel, seluruh aktivitas tukang dan pekerja direkam dengan video dan foto-foto pendukung dari awal sampai akhir, sehingga dapat diketahui penggunaan bahan dan jam

kerja aktifnya. Untuk menentukan besaran volume pekerjaan, dilakukan perhitungan dengan mengalikan luas penampang dengan panjang keseluruhan sampel, sehingga didapatkan hasil volume pekerjaan fondasi batu belah adalah 0,864 m³ dan fondasi blok beton sebesar 0,435 m³. Selanjutnya, penghitungan upah pekerja ditentukan dengan menggunakan tarif standar dari Satuan Harga Barang dan Jasa (SHBJ) Kota Yogyakarta dengan satuan orang harian (OH), sehingga untuk menghitung biaya upah diperlukan data mengenai waktu pekerjaan seperti yang tercantum pada Tabel 5 serta jumlah pekerja.

Tabel 5. Waktu Pembuatan Sampel

Sampel	Hari	Sesi	Mulai	Selesai	Durasi (jam)	
					Per sesi	Kumulatif
Blok Beton	1	Pagi	08:22	11:58	3,60	
		Siang	13:10	16:00	2,83	
		Jumlah			6,43	6,43
Batu Belah	1	Pagi	08:00	11:34	3,57	
		Siang	13:10	16:00	2,83	
		Jumlah			6,40	6,40
	2	Pagi	08:25	11:50	3,42	
		Siang	13:00	15:00	2,00	
Jumlah			5,42	11,82		

Berdasarkan data dalam Tabel 5 terlihat bahwa waktu kumulatif untuk membuat 6 sampel fondasi blok beton adalah 6,43 jam, sementara pada sampel fondasi batu belah membutuhkan waktu 11,82 jam. Fondasi dengan material batu belah relatif memerlukan waktu yang lebih lama karena membutuhkan penyesuaian ukuran batu yang awalnya besar untuk dibelah atau

diperkecil agar memudahkan pekerja dalam menyusun pasangan fondasi. Selain itu, pada fondasi blok beton, kebutuhan mortar relatif lebih sedikit, sehingga dapat menghemat waktu pengerjaan. Dengan data pendukung tersebut, dilakukan perhitungan biaya upah dan material yang tercantum dalam Tabel 6 dan 7.

Tabel 6. Perhitungan Biaya Upah dan Material Fondasi Batu Belah untuk Semua Sampel

No	Uraian	Satuan	Index	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Tenaga					
A	Kerja			127.000,0	162.693,0
	Pekerja	OH	1,28	0	9
	Tukang batu	OH	0,64	127.000,0	81.347,00
				Jumlah Harga Tenaga Kerja	244.040,9
					9
B Bahan					
	Batu belah	m ³	1,02	282.000,0	289.006,0
				0	2
					149.883,4
	PC	kg	99,92	1.500,00	4
				270.000,0	129.360,9
	PP	m ³	0,48	0	4
					568.250,4
				Jumlah Harga Bahan	0
C Peralatan					
				Jumlah Harga Bahan	-
	Jumlah				812.219,3
D	(A+B+C)				8

Tabel 7. Perhitungan Biaya Upah dan Material Fondasi Blok Beton untuk Semua Sampel

No	Uraian	Satuan	Index	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Tenaga					
A	Kerja			127.000,0	
	Pekerja	OH	0,65	0	82.569,48
	Tukang batu	OH	0,33	127.000,0	41.284,74
				Jumlah Harga Tenaga Kerja	123.854,2
					2
B Bahan					
	Blok beton	Bij i	42,00	4.100,00	172.200,0
				0	0
	PC	kg	54,10	1.500,00	81.152,94
				270.000,0	
	PP	m ³	0,31	0	83.958,49
				135.000,0	
	Abu Batu	m ³	0,11	0	14.644,80
					351.956,2
				Jumlah Harga Bahan	3
C Peralatan					
				Jumlah Harga Bahan	-
	Jumlah				475.810,4
D	(A+B+C)				5

Data dalam Tabel 6 dan 7 menunjukkan bahwa biaya fondasi batu belah untuk semua sampel (volume = 0,864 m³) mencapai Rp812.291,38, sedangkan biaya fondasi blok beton untuk semua sampel (volume = 0,435 m³) adalah Rp475.810,45. Analisis menunjukkan bahwa biaya fondasi batu

belah lebih tinggi dibandingkan dengan fondasi blok beton. Hal ini disebabkan oleh perbedaan volume antara kedua jenis fondasi tersebut.

Perbedaan dimensi antara kedua sampel penelitian ini dikarenakan penelitian ini merupakan kelanjutan dari penelitian sebelumnya yang membandingkan kekuatan fondasi batu belah dan blok beton dengan ukuran yang sama. Pada penelitian sebelumnya, fondasi blok beton terbukti lebih unggul dibandingkan fondasi batu belah. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan uji coba dengan mengurangi dimensi blok beton untuk mengetahui kekuatannya dan menghitung biaya yang diperlukan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis di atas, kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Hasil penelitian pada tahap pengujian struktur fondasi dangkal yang melibatkan uji kuat desak dan kuat geser menunjukkan bahwa fondasi batu belah memiliki kekuatan yang lebih besar daripada fondasi blok beton. Secara khusus, rata-rata nilai kuat desak fondasi batu belah lebih tinggi 6,71% dari fondasi blok beton, dengan fondasi batu belah mencapai 5,72 N/mm², sedangkan fondasi blok beton hanya mencapai 5,34 N/mm². Demikian juga pada pengujian kuat geser, fondasi batu belah menunjukkan nilai kuat geser 21,73% lebih tinggi dari fondasi blok beton, dengan fondasi batu belah mencapai 0,25 N/mm², sedangkan fondasi blok beton hanya mencapai 0,19 N/mm². Meskipun fondasi batu belah menunjukkan keunggulan dalam hal kekuatan, fondasi blok beton tetap layak digunakan dalam konstruksi karena memiliki nilai angka aman di atas 1. Fondasi blok beton memiliki nilai rata-rata angka aman desak sebesar 60,40 dan geser sebesar 62,38, sementara fondasi batu belah

memiliki angka aman uji desak sebesar 49,30 dan uji geser sebesar 107,33.

2. Biaya pengeluaran untuk fondasi batu belah dan blok beton di laboratorium didapatkan untuk semua sampel fondasi batu belah (volume = 0,864 m³) mencapai Rp812.291,38, sedangkan biaya fondasi blok beton untuk semua sampel (volume = 0,435 m³) adalah Rp475.810,45.

Daftar Pustaka

- Badan Standardisasi Nasional. (2008b). Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Pondasi untuk Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan. SNI 2836:2008.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). Cara Uji Geser Langsung Batu. In Badan Standardisasi Nasional. SNI 2824:2011.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990). Metode Pengujian Kuat Desak Beton, SNI 03-1974-1990.
- Lamansari, F. S., Balamba, S., & Manaroinsong, L. D. K. (2019). Analisis Pengaruh Jarak dan Konfigurasi Tiang Pada Tanah Lempung Terhadap Defleksi Tiang Pancang Kelompok Akibat Beban Lateral. *Jurnal Sipil Statik*, 7(11), 1557–1568.
- Mistar, H. (2022). Material Pasir dan Batu di Siantar Sulit Dicari, Ternyata ini Penyebabnya. <https://mistar.id/siantar/material-pasir-dan-batu-di-siantar-sulit-dicari-ternyata-ini-penyebabnya/>
- Nuryanto, H., & Winarno, S. (2021a). Analisis Perbandingan Produktivitas Pekerjaan Fondasi Dangkal Dengan Material Blok Beton Dan Produktivitas Pekerjaan Sesuai SNI 2836:2008. *Teknisia*, 26(2), 73–80. <https://doi.org/10.20885/teknisia.vol26.iss2.art2>
- Nuryanto, H., & Winarno, S. (2021b). Kurva Belajar pada Pekerjaan Pondasi Dangkal dengan Menggunakan Material Blok Beton. *Simposium Nasional Teknologi Infrastruktur*, 1–6.
- Nuryanto, H., Winarno, S., & Teguh, M. (2022). Efisiensi Penggunaan Material Blok Beton terhadap Batu Belah pada Pekerjaan Fondasi Dangkal. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 28(1), 67–78. <https://doi.org/mkts.v28i1.37541>
- Puri, A., Hardiyatmo, H. C., Suhendro, B., & Rifa, A. (2016). Differential Settlement of Rigid Pavement of 3-Pile Row Nailed-slab System on Soft Clay Sub Grade Due to Monotonic and Repetitive Loadings. *International Conference on Technology, Innovation, and Society (ICTIS)*, 377–388. <https://doi.org/10.21063/ICTIS.2016.1059>