



INVESTIGASI DAN PENILAIAN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG INDOMARET BASUKI RAHMAT KOTA SORONG

STRUCTURAL INVESTIGATION AND ASSESSMENT INDOMARET BUILDING BASUKI RAHMAT SORONG CITY

A. Didik S Purwantoro^{1*}, Asriadi², dan M. N. Fajar³

^(1,2,3) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sorong

Abstrak

Kegagalan struktur adalah kondisi bangunan yang apabila ditinjau dari segi teknis tidak berfungsi secara keseluruhan, terjadi apabila tidak mengikuti standart perencanaan dan pelaksanaan, kesalahan input data *preliminary design*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah observasi dan *Structural Analysis*, *Concrete Hammer Test (CHT)*, *Dutch Cone Penetrometer Test (DCP-T)*. Hasil penelitian menunjukkan, mutu beton (f_c') struktur pelat lantai 100% tidak terpenuhi, struktur portal kolom dan struktur balok rata-rata 40.95% mutu beton (f_c') tidak terpenuhi, *Soil-test* diperoleh nilai *conus resistance (qc)* 5-10 kg/cm² digolongkan jenis tanah lunak. Kapasitas dukung tanah dipakai nilai $q_a = 44,73$ kN/m², tegangan tanah maksimum pada dasar fondasi $q_{max} = 234,844$ kN/m, $q_{max} > q_a$, tidak aman. Rekomendasinya antara lain pengurangan beban, titik-titik pondasi lebar *foot-plat* ditarik menjadi plat menerus mengikuti balok sloof, dan dilakukan *improvement soil* atau *reinforced soil* dengan *consolidation grouting* atau *jet grouting*.

Kata Kunci: Struktur Gedung, Investigasi, Asesmen, *Concrete Hammer Test*, *Dutch Cone Penetrometer Test*.

Abstract

Structural failure is a building condition that when viewed from a technical point of view does not function as a whole, occurs when it does not follow the planning and implementation standards, preliminary design data input errors. The methods used in this research are observation and Structural Analysis, Concrete Hammer Test (CHT), Dutch Cone Penetrometer Test (DCP-T). The results showed that the concrete quality (f_c') of the floor slab structure was 100% unmet, the column portal structure and beam structure averaged 40.95% of the concrete quality (f_c') was not met, Soil-test obtained conus resistance (qc) value of 5-10 kg/cm² classified as soft soil type. Soil bearing capacity used value $q_a = 44.73$ kN/m², maximum soil stress at the base of the foundation $q_{max} = 234.844$ kN/m, $q_{max} > q_a$, unsafe. The recommendations include load reduction, foot-plat wide foundation points are pulled into a continuous plate following the sloof beam, and soil improvement or reinforced soil with consolidation grouting or jet grouting.

Keywords: Building Structure, Investigation, Assessment, *Concrete Hammer Test*, *Dutch Cone Penetrometer Test*.

PENDAHULUAN

Manajemen gedung adalah kegiatan konstruksi yang meliputi perencanaan teknik dan pelaksanaan konstruksi, serta kegiatan penggunaan, pemeliharaan, dan pembongkaran. (UU Nomor 28 Tahun 2002).

Pembangunan gedung bertingkat merupakan salah satu solusi untuk memenuhi kebutuhan infrastruktur hunian dan komersial di kawasan tertentu. Padahal, struktur gedung bertingkat harus dirancang untuk memberikan kekuatan dan kenyamanan yang cukup bagi penghuninya. Struktur bangunan harus kuat menahan beban untuk memenuhi fungsi bangunan dan mampu menahan gempa. Respon bangunan terhadap kombinasi beban juga harus dinilai untuk kenyamanan yang baik (M.

Abdillah Pratama, 2022).

Faktor utama penyebab kegagalan struktur bangunan adalah penyimpangan dari spesifikasi yang merupakan kejadian yang sangat luas cakupannya. Mulai dari tahap perencanaan (design), pelaksanaan dan pengawasan sampai dengan penggunaan dan penggunaan. Lebih khusus lagi, seperti kesalahan desain, pelaksanaan bestek yang tidak tepat, metode pelaksanaan yang salah dan kesalahan pembebanan berlebih, kurangnya perawatan, dan melebihi masa manfaat pekerjaan. Semua ini berpotensi menimbulkan masalah konstruksi/tekstur (Budi E Barrung, 2020).

Berdasarkan kasus kerusakan yang terjadi pada bangunan Indomaret eksisting, dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penyebab kerusakan struktur dan menganalisis kemungkinan bangunan dapat

(*)Corresponding author
Telp : 0811488045
E-mail : dje.satya68@gmail.com
<http://doi.org/xxx>
Received 17 Maret 2023; Accepted 20 Maret 2023; Available online 04 April 2023
E-ISSN: 2614-4344 P-ISSN: 2476-8928

kembali berfungsi setelah dilakukan perbaikan kerusakan, khususnya kerusakan struktur.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari, mengevaluasi dan menghitung kembali beban maksimum struktur eksisting serta membuat rekomendasi perbaikan dan penguatan cacat dan kerusakan pada pekerjaan konstruksi.

TINJAUAN PUSTAKA

Dasar Teori

1. Struktur Beton Bertulang

a) Beton Bertulang

Beton adalah material komposit yang tersusun dari kombinasi berbagai material seperti agregat halus, agregat kasar dan terikat secara kimiawi dengan hidrasi semen. SNI 03-2847-2002, tentukan modulus elastisitas beton dengan persamaan :

$$E_c = W_c^{1,5} * 0,043 \sqrt{f'_c} \quad (1)$$

dimana,

$$W_c = 1500-2500 \text{ kg/m}^3$$

Untuk beton normal, modulus elastisitas dapat ditentukan dengan:

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c}$$

Karena beton lemah menahan gaya tarik, maka dalam hal struktur diberikan tulangan baja untuk menyumbangkan gaya tariknya. Merujuk SNI 03-2847-2002, modulus elastisitas tulangan non-pratekan diambil nilai sebesar $E_s = 200.000 \text{ MPa}$.

Paduan kinerja bahan antara beton dan baja disebut struktur beton bertulang, dimana beton menahan tegangan tekan (*compression*) dan tulangan menahan tegangan tarik (*tension*).

b) Struktur Pelat

Panel dua arah bila rasio bentang sisi panjang ke sisi pendek kurang dari atau sama dengan dua ($L_y/L_x \leq 2,0$) dan jika rasio ini lebih besar dari dua, pelat dianggap satu arah.

Ketebalan pelat dua arah di mana balok difokuskan pada keempat sisinya, jika lendutan tidak dihitung berdasarkan ketentuan SNI 03-2847-2002, Pasal 11.5. butir 3.3 sebagai berikut :

- Untuk $\alpha_m \leq 0,2$ mengacu pada pasal 11.5.3.(2)
- Untuk $0,2 < \alpha_m < 2,0$ ketebalan pelat minimum harus memenuhi nilai:

$$h = \frac{l_n(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9\beta(\alpha_m - 0,2)} \quad (2)$$

atau tebal pelat minimum 120 mm.

- Untuk $\alpha_m \geq 2,0$ ketebalan pelat tidak boleh kurang dari nilai:

$$h = \frac{l_n(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9\beta} \quad (3)$$

atau tidak boleh kurang dari 90 mm dimana,

l_n = panjang bersih bentang pelat (mm)

f_y = tegangan leleh tulangan baja (MPa)

$$\beta = \frac{\text{bentang bersih terpanjang}}{\text{bentang bersih terpendek}} = \frac{l_{ny}}{l_{nx}}$$

c) Struktur Balok

Untuk merencanakan penampang lentur struktur beton bertulang, berdasarkan SNI 03-2847-2002, digunakan kriteria desain kekuatan atau beban faktor, dimana kekuatan desain minimum sama dengan kekuatan yang diminta. Asumsi dasar teori tekukan penampang beton 12.2 diantara mereka; i) Deformasi tulangan dan beton sebanding dengan jarak dari sumbu netral; ii) Regangan pada serat beton terluar $\epsilon_c = 0,003$; iii) Tegangan yang bekerja pada tulangan dengan nilai kurang dari batas elastis f_y harus sama dengan E_s dikalikan dengan regangan baja ϵ_s . Untuk regangan yang lebih besar dari batas elastis terkait dengan f_y , tegangan tulangan diambil sebagai f_y ; iv) Saat menghitung kekuatan lentur penampang, abaikan kekuatan tarik beton. Semua traksi dilakukan oleh tulangan tarik. Distribusi tegangan tekan beton dapat dinyatakan sebagai balok ekuivalen persegi panjang dan memenuhi persyaratan bahwa tegangan beton adalah $0,85 f_c'$ yang terdistribusi secara merata di daerah tekan ekuivalen. Nilai c adalah jarak antara serat yang mengalami tegangan tekan maksimum $0,003$ dengan sumbu netral pada arah tegak lurus, dan koefisien $\beta_1 = 0,85$ untuk mutu beton f_c' sampai dengan 30 MPa . Jika lebih tinggi, nilai awal β_1 sebesar $0,85$ akan berkurang sebesar $0,05$ untuk setiap kelebihan 7 MPa di atas 30 MPa , tetapi tidak boleh lebih rendah dari $0,65$.

d) Struktur Kolom

Kolom adalah bagian struktur bangunan yang tugas utamanya adalah mendukung beban aksial dengan gaya dorong vertikal dengan ketinggian maksimum yang tidak didukung. tidak sama dengan tiga kali ukuran sisi terkecil. Jika perbandingan tinggi dengan ukuran sisi terkecil kurang dari tiga, maka disebut alas (Nasution, 2000). Kolom tidak hanya menerima beban aksial tetapi juga memikul momen lentur, sehingga dalam analisis struktur kolom dihitung memikul beban aksial dengan eksentrisitas tertentu.

Meningkatnya kebutuhan akan infrastruktur yang lebih tangguh telah menyebabkan peningkatan yang besar dalam jumlah penelitian yang dilakukan mengenai keruntuhan progresif dan ketahanan struktural bangunan. Mengingat peran penting kolom dalam jenis struktur ini, analisis pengaruh

kegagalannya terhadap sistem struktur telah muncul sebagai salah satu alat yang paling berguna untuk mempelajari kekokohan struktur (Nirvan Makoond et al, 2023).

e) Tanah dan Struktur Pondasi

Untuk mengetahui kondisi bawah permukaan tanah (*sub-soil condition*) yaitu sifat fisik atau mekanik dan karakteristik tanah, maka dilakukan penyelidikan geologi teknik. Selanjutnya dalam analisis dapat diketahui daya dukung tanah, tipe dan kedalaman pondasi rencana sesuai peruntukan struktur bangunan.

- Sondir/Dutch Cone Penetrometer Test (DCPT)

Dilakukan untuk mengetahui konsistensi dan kepadatan relatif dari tiap lapisan tanah atau untuk menganalisa dan mengetahui daya dukung tanah dasar, mengevaluasi /menganalisa kondisi lapisan tanah /batuan lebih detail sehubungan dengan adanya investigasi, kajian dan penilaian struktur gedung terlaksana. Mengetahui gambaran mengenai susunan tanah, sifat fisik dan ketebalan tiap lapisan tanah serta pengamatan sifat fisik tanah di lapangan dan mengetahui tinggi muka air tanah.

$$q_{max} = P_u/A + M_{ux}/W_x + M_{uy}/W_y + q \quad (4)$$

- Struktur Pondasi

Survei lapangan untuk menentukan daya dukung tiang beragam dan setiap metode survei memiliki beberapa rumus untuk menentukan daya dukung tiang (Suggesti TF., 2017). Hal ini tergantung dari parameter yang diperoleh dari uji tanah, jika pengujian dilakukan sebelum aplikasi dan data yang diperoleh adalah sifat-sifat tanah maka pengujian tersebut disebut rumus statis, dan pengujian dilakukan selama konstruksi dan data diperoleh oleh tes dalam bentuk pengaturan parameter, tes ini diklasifikasikan sebagai tes beban skala penuh.

a. Pengertian Pondasi Tiang Bor

Pondasi tiang bor adalah pondasi tiang pancang yang pemasangan fisiknya dilakukan dengan cara dibor ke dalam tanah pada awal pembangunan. Boring pile dipasang di dalam tanah dengan terlebih dahulu mengebor tanah, kemudian menimbun kembali tanah dengan tulangan dan menuangkan beton. Tiang ini biasanya digunakan pada tanah yang stabil dan keras, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan bor. Jika lokasinya lemah dan muka air tanahnya tinggi, diperlukan pipa pembuangan untuk menjaga dinding lubang dan pipa ini ditarik ke atas saat menuangkan beton. Pada tanah keras atau batuan lunak, kaki tiang dapat dinaikkan untuk meningkatkan daya dukung kepala tiang.

b. Pembebanan Pondasi Tiang Bor

Saat melakukan analisis desain struktur bangunan, diperlukan deskripsi terperinci tentang perilaku dan besarnya beban yang bekerja pada struktur.

Hal mendasar yang perlu dipahami adalah pemisahan antara beban-beban yang bersifat statis dan dinamis.

- Beban Statis

Sebuah beban yang besarnya bervariasi perlahan atau terus menerus dari waktu ke waktu. Beban mati ini meliputi beban mati dan beban hidup

- Beban Dinamik

Sebuah beban yang besarnya berubah dengan cepat dari waktu ke waktu. Beban dinamis ini meliputi beban seismik dan beban angin

2. Concrete Hammer Test (CHT)

Untuk menganalisis dan menentukan kualitas beton dilakukan tanpa merusak struktur yang dipertimbangkan. Dengan menggunakan metode CHT akan diperoleh banyak data dalam waktu yang relatif singkat. Metode pengujian dilakukan dengan menerapkan beban tumbukan (*impact*) pada permukaan beton dengan menggunakan massa yang diaktifkan oleh sejumlah energi tertentu. Jarak yang dipantulkan dari massa saat tumbukan dengan permukaan beton benda uji dapat memberikan indikasi kekakuan atau kuat tekan beton.

$$\sigma'_{bi} = \frac{\Sigma}{n} \quad (5)$$

$$S = \frac{\Sigma(\sigma'_{bi} - \sigma'_{mi})^2}{n-1} \quad (6)$$

$$\sigma'_{bi} = \sigma'_{bm} - 1,65 S$$

$$\sigma_{bk} > \sigma'_{bk} 80\%$$

dimana:

$$\sigma'_{bi} = \text{Kuat tekan beton/titik uji}$$

$$n = \text{Jumlah titik sample}$$

$$\sigma'_{bm} = \text{Kuat tekan beton rata-rata}$$

$$S = \text{Standar deviasi}$$

$$\sigma_{bk} = \text{Kuat tekan beton karakteristik pelaks.}$$

$$\sigma'_{bk} = \text{Kuat tekan beton karakteristik rencana}$$

Pengujian non-destruktif (NDT) memiliki peran penting dalam menemukan kekerasan permukaan beton. Kurva B-Proceq dapat menghitung kekuatan beton dengan memberikan korelasi statistik antara kekuatan destruktif dan non-destruktif. Kurva regresi berdasarkan uji laboratorium mungkin valid dalam batas-batas pelaksanaannya. Tidaklah layak untuk memperluas validitas kurva-kurva ini untuk uji in-situ (Hemraj R. Kumavat et al, 2021)

METODE

1. Umum

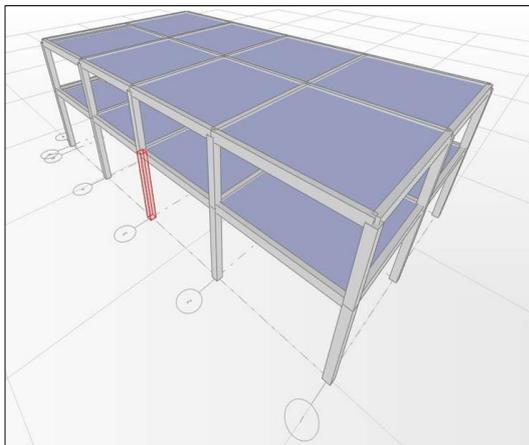
Penelitian menjelaskan kondisi struktur bangunan gedung eksisting, dimulai dari tahapan pemeriksaan struktur bawah (tanah dan pondasi) sampai dengan struktur atas bangunan terkait portal dan pendukung struktur lainnya serta mencari data tentang kelengkapan persyaratan secara teknis. Hasil dan data-data dari penelitian, selanjutnya diolah sebagai sebuah data riil dalam menjelaskan keandalan struktur gedung eksisting.

Studi kasus penelitian dilakukan pada Bangunan Gedung Indomaret Jl. Basuki Rahmat Kota Sorong Provinsi Papua Barat Daya. Koordinat bangunan (UTM) X-0754660.86 Y-9902009.61 Z-6.00. Luas bangunan 19x10.24 M (Lantai 1) dan 19x10.24 M (Lantai 2). Fungsi bangunan Rumah Toko (Ruko).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian
Sumber: Google Earth

Untuk mengetahui kondisi sebenarnya dari struktur bangunan, perlu dilakukan serangkaian penyelidikan pada setiap area dan bagian dari gerbang struktur, mulai dari penyelidikan visual, inspeksi hingga analisis struktur.



Gambar 2. Geometri Struktur Portal 3D

2. Metode Pengumpulan Data

Untuk menghasilkan keluaran yang baik, sangat diperlukan ketersediaan data atau informasi untuk

menunjang terlaksananya analisis yang tepat dalam investigasi dan penilaian struktur tersebut. Metode pengumpulan dan perolehan data (primer dan sekunder) dilakukan dengan cara:

a) Metode Studi Literatur

b) Metode Observasi

c) Metode Pengujian

Metode pengujian struktural bangunan didasarkan pada pengujian tak merusak (NDT), yaitu struktur tidak perlu dirusak untuk keperluan pengujian, tetapi dengan prinsip keteknikan dapat disesuaikan dengan kondisi struktur bangunan. Dengan uji NDT ini, jika kondisi struktur bangunan masih baik, tetap dapat beroperasi tanpa perlu melakukan perbaikan karena proses pemeriksaan

Metode pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Concrete Hammer Test (CHT)
- Software Structural Analysis
- Dutch Cone Penetrometer Test (DCP-T)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Tinjauan Luasan dan Dokumen Teknik

Penentuan masing-masing luasan pada setiap fungsi ruang (seperti **Tabel 1**), yang selanjutnya dari menentukan beberapa titik untuk pengujian, analisa, dan penilaian.

Tabel 1. Luasan dan Peruntukan Ruang

No	Ruang	Luas (M ²)
Lantai 1		
1	Ruang Akses Tangga	25.34
2	Ruang Penjualan / Area Toko	140.00
3	Ruang Lift	5.35
Lantai 2		
1	Storage	22.85
2	Hall Storage	119.08
3	Pantry Area	53.56
TOTAL		366.18

Sumber: Observasi dan Pengukuran

Tidak ditemukan dokumen teknik sebagai pembanding dan tinjauan struktur bangunan gedung existing, antara lain:

- Kontrak, Rencana Kerja dan Syarat (RKS);
- Hasil pengujian laboratorium material (agregate halus, agregate kasar dan air) yang digunakan sebagai unsur pembentuk beton, berikut sample dan uji kuat tekan beton;
- Foto dokumentasi pelaksanaan konstruksi terhadap komponen struktur bangunan atas dan bawah.

2. Pengamatan Visual Struktur Portal / Beton

Pengamatan Visual Terhadap Retak-Retak dan Kontrol Sumbu Vertikal

- Retak-retak pada dinding (non-struktur), terjadi pada pekerjaan finishing plesteran /aci;
- Retak-retak pada portal (main-struktur), terjadi pada pekerjaan finishing plesteran /aci;
- Terdapat selisih jarak sumbu vertikal 90 derajat 10-15 cm (bangunan miring) pada kolom utama di zona lantai 1.

Visual dan Pengukuran Tulangan (Existing) Besi Beton

- Tulangan pokok yang terpasang pada kolom utama (30x30cm) adalah 8Ø15 mm dengan tulangan sengkang /beugel Ø7.5-180 mm (diameter Ø7.5 adalah *non-structure* dan tidak memenuhi spesifikasi teknik);
- Tulangan pokok pada balok induk (28x40cm) adalah 8Ø15 mm dengan tulangan sengkang atau tulangan beugel Ø8-200 mm;
- Tulangan pokok pada plat lantai tebal 15 cm, Ø10-200 mm dan tulangan pembagi Ø8-200 mm.

Struktur kolom (*convensional-concrete*)

- Dimensi penampang kolom beton diambil sample 30x30 (cm) pada kolom lantai dasar, penampang terukur bersih (tanpa plesteren dan acian);
- Fisik beton dan tulangan struktur kolom terlaksana tidak sesuai dengan kaidah dasar perencanaan dalam Peraturan Beton Indonesia;
- Terlihat kondisi kolom pada lantai dasar keluar dari sumbu (As) kolom varian 5-15 cm

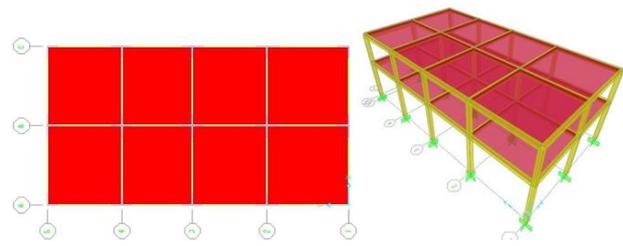
Struktur balok (*convensional-concrete*)

- Dimensi penampang balok beton diambil sample 28x40 (cm). Di lapangan penampang terukur bersih (tanpa plesteren dan acian);
- Fisik beton dan tulangan pokok struktur balok yang dipakai tidak mengalami pergeseran /lendutan dan gangguan;
- Fisik beton dan tulangan struktur kolom yang dipakai tidak sesuai dengan kaidah-kaidah dasar perencanaan dalam Peraturan Beton Indonesia dan Standar Nasional Indonesia (SNI).

Hasil Analisa Struktur Portal

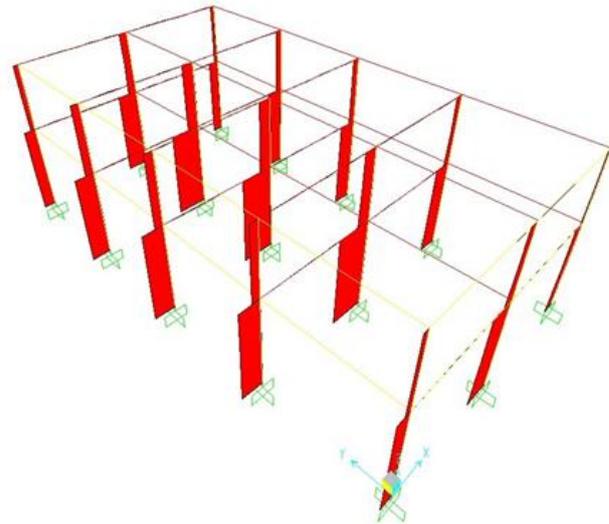
Struktur Beton Bertulang

Dari hasil analisa struktur dengan struktur software analisis, diperoleh hasil sebagai berikut :



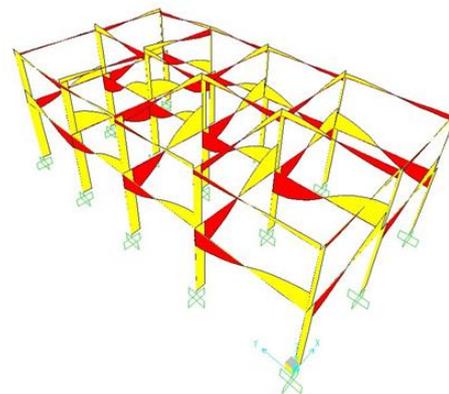
Gambar 2. Denah dan Geometri Portal 3D

Gaya axial yang terjadi pada masing-masing struktur kolom dapat divisualkan seperti Gambar 3, sebagai berikut:



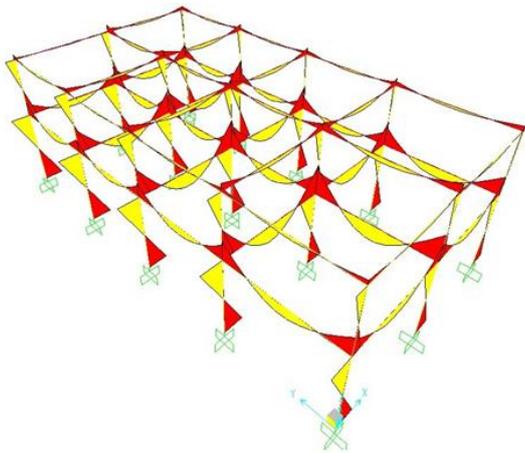
Gambar 3. Gaya Axial pada Kolom

Gaya geser yang terjadi pada struktur portal dapat ditampilkan seperti Gambar 4, sebagai berikut:



Gambar 4. Gaya Geser

Gaya momen total elemen struktur yang terjadi pada struktur kolom dapat ditampilkan seperti Gambar 5, sebagai berikut:



Gambar 5. Gaya Momen Total Elemen Struktur

Berikut **Tabel 2**, menjelaskan tingkat dan pemilaian struktur yang ditandai dengan warna, sebagai berikut:

Tabel 2. Tingkat Keamanan Struktur

No.	Warna	Keterangan
1	Putih	Sangat aman
2	Biru	Aman
3	Hijau	Sedang
4	Kuning	Sedang (disarankan)
5	Coklat	Batas ekonomis (disarankan)
6	Merah	Tidak aman

Dari hasil observasi, pengambilan data dan pengujian lapangan, maka dapat disimpulkan elemen-elemen struktur pada bangunan gedung tersebut yaitu seperti **Tabel 3**, aman pada batas ekonomis (disarankan).

Tabel 3. Hasil Penilaian Elemen Struktur

Struktur	Bag.	Warna	Penilaian
Kolom 30 x 30	5	Coklat	Batas ekonomis (disarankan)
Balok 28 x 40	3	Hijau	Sedang
Plat lantai 1 (t=120 mm)	2	Biru	Aman (rekom. pengurangan beban 60%*)
Plat lantai 2 (t=150 mm)	2	Biru	Aman (rekom. pengurangan beban 60%*)

Sumber: Analisa dan Asesmen Struktur

*) Keterangan: pengurangan beban akibat analisa mutu beton dan pondasi eksisting terkait nilai daya dukung tanah.

Dari tabel di atas harus menjadi perhatian, karena a) pada pengujian struktur plat lantai mutu beton (f_c') 40.95% tidak memenuhi dan b) dari hasil pengujian tanah mempunyai nilai *conus resistance* ($q_{c\text{rata2}}$) 10-20 kg/cm², sehingga beban pada lantai juga harus dibatasi yaitu tidak lebih dari 100 kg/m².

Struktur plat lantai (conventional-concrete)

- Struktur plat lantai secara keseluruhan tidak dilakukan pengujian, sample pengujian plat beton dilakukan pada plat atap, dimensi tebal 15 cm;
- Tulangan plat yang dipakai pada bagian permukaan (*surface*) atau bagian serat atas sebagian terlihat, dalam hal ini selimut beton

kurang terpenuhi syarat dan akibat yang ditimbulkan akan menyalurkan oksidasi dan pada akhirnya besi beton akan mengalami karat. Mengingat lokasi pekerjaan berada di daerah pesisir/pantai dengan udara yang sangat korosif maka tidak tertutup kemungkinan akan terjadi korosi beton, selanjutnya akan berpengaruh terhadap struktur plat atap;

- Sesuai prosedur pengendalian mutu beton, pelaksanaan cor beton terhadap luasan plat lantai dilakukan secara menerus (seperti disyaratkan oleh ACI, SNI maupun PBI), sambungan cor beton dalam satu struktur monolit;
- Permukaan beton pada struktur plat atap terjadi cacat /keropos beton, yang diprediksikan akibat dari kurangnya pengendalian mutu beton di lapangan (mulai dari size agregat, pemadatan saat cor beton sampai pada proses *curing*).

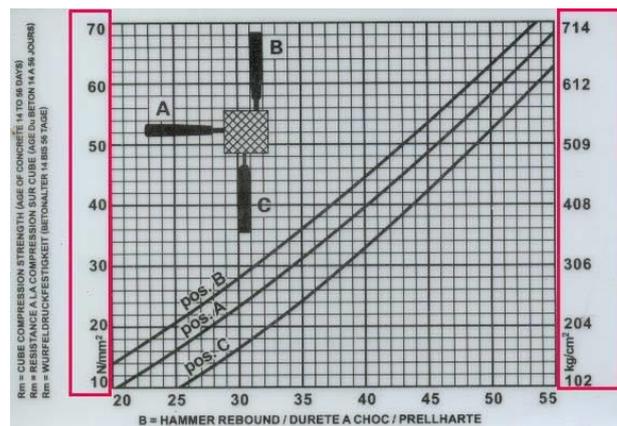
3. Pengujian Mutu Beton Struktur Portal dan Pelat Lantai

Metode pengujian dilakukan dengan memberikan beban impact pada permukaan beton dengan menggunakan hammer test

- Struktur kolom 53.33% tidak terpenuhi mutu beton
- Struktur balok 28.57% tidak terpenuhi mutu beton
- Struktur lantai 100% tidak terpenuhi mutu beton

Syarat struktur bangunan gedung untuk seluruh rangka /portal agar layak dioperasikan sesuai dengan peruntukannya, harus terpenuhi 100% mutu beton rencana sesuai spesifikasi teknis yang berlaku.

Pembacaan grafik dapat dilakukan seperti yang tertera pada fisik alat *concrete hammer test* (CHT) seperti **Gambar 6**, dan selanjutnya dianalisis kuat tekan beton setiap titik uji.



Gambar 6. Pembacaan Grafik CHT

Hasil analisa (**Tabel 2**) diperoleh nilai kuat tekan beton masing-masing struktur, sebagai berikut:

Tabel 2. Perolehan Nilai Kuat Tekan Beton

No.	Jenis Struktur / Dimensi (cm)	Mutu Beton		Keterangan Mutu Beton
		σ_{bk} (kg/mm ²)	f_c' (Mpa)	
A Struktur Kolom				
1	Kolom K5 (30 x 30)	215	17.49	Tidak terpenuhi
2	Kolom K9 (30 x 30)	259	21.07	Terpenuhi
3	Kolom K7 (30 x 30)	258	20.99	Terpenuhi
4	Kolom K11 (30 x 30)	264	21.48	Terpenuhi
5	Kolom K1 (30 x 30)	172	13.99	Tidak terpenuhi
6	Kolom K3 (30 x 30)	254	20.66	Terpenuhi
7	Kolom K15 (30 x 30)	214	17.41	Tidak terpenuhi
8	Kolom K13 (30 x 30)	275	22.37	Terpenuhi
9	Kolom K14 (30 x 30)	237	19.28	Tidak terpenuhi
10	Kolom K12 (30 x 30)	262	21.31	Terpenuhi
11	Kolom K8 (30 x 30)	206	16.76	Tidak terpenuhi
12	Kolom K6 (30 x 30)	278	22.62	Terpenuhi
13	Kolom K4 (30 x 30)	120	9.76	Tidak terpenuhi
14	Kolom K2 (30 x 30)	233	18.95	Tidak terpenuhi
15	Kolom K10 (30 x 30)	210	17.08	Tidak terpenuhi
B Struktur Balok				
1	Balok BH (28 x 40)	271	22.05	Terpenuhi
2	Balok I (28 x 40)	269	21.88	Terpenuhi
3	Balok BE (28 x 40)	339	27.58	Terpenuhi
4	Balok BD (28 x 40)	353	28.07	Terpenuhi
5	Balok BC (28 x 40)	342	27.82	Terpenuhi
6	Blk BE Lt 2 (28 x 40)	308	25.06	Terpenuhi
7	Balok G (28 x 40)	341	27.48	Terpenuhi
C Str. Pelat Lantai				
1	Pelat Lt 2 tebal 15	133	10.82	Tidak terpenuhi
2	Pelat D tebal 15	200	16.27	Tidak terpenuhi
3	Pelat H tebal 15	150	12.25	Tidak terpenuhi
4	Pelat I tebal 15	108	8.83	Tidak terpenuhi

Sumber: Pengujian dan Analisa

Hasil inventarisasi data, investigasi, dan penilaian (seperti **Tabel 3**) struktur bangunan gedung existing Indomaret cabang Jl. Basuki Rahmat Kota Sorong.

Tabel 3. Perolehan Nilai Kuat Tekan Beton

No.	Struktur /Non-Struktur	Uji Sample		Penilaian dan Status	Keterangan
		Metode	Hasil		
1	Kolom (30/30)	CHT	$f_c' = 18.75$ Mpa	Ops.	Rekonstruksi
2	Balok (28/40)	CHT	$f_c' = 25.71$ Mpa	Ops.	Pemeliharaan
3	Plat Lantai (t=15 mm)	CHT	$f_c' = 12.05$ Mpa	Ops.	Rekonstruksi
4	Stabilitas Tanah	DCPT	$qc/Cr 10$ kg/cm ²	Ops.	Rekonstruksi Perkuatan khusus
5	Dinding	Obsv.	Visual Fisik	Ops.	Pemeliharaan

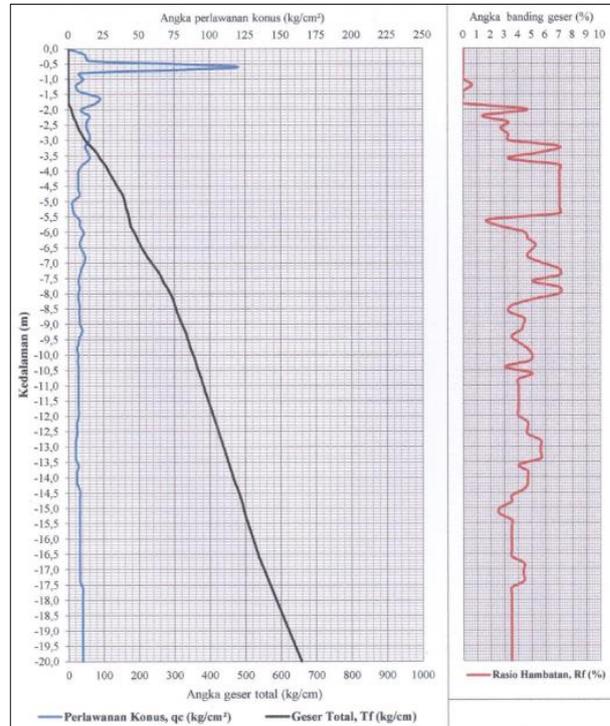
Sumber: Pengujian dan Analisa

4. Analisis struktur pondasi foot-plate

Chek stabilitas diambil sample dengan dimensi luasan telapak, A= (Bx=3.0 x By=3.0) m, kedalaman H= 2.0 m, tanpa micropile.

Setelah dilakukan ¹) analisa struktur dengan fungsi peruntukan gedung bertingkat dan dimensi struktur atas sesuai spesifikasinya, selanjutnya di analisa terhadap ²)hasil investigasi tanah (sondir), yaitu:

- Pada kedalaman H= 2,0 m, nilai *conus resistance* $qc_{rata} = 10$ kg/cm².
- Pada kedalaman H= 20,0 m (dari hasil sondir), mempunyai nilai *conus resistance*, rata-rata lebih kecil (<) $qc_{rata} = 20,0$ kg/cm².



Gambar 7. Grafik Pengujian Sondir
Sumber: Geopam Soil Testing

Data Tanah

Kedalaman pondasi (asumsi), Df = 2,00 m
 Berat volume tanah, $\gamma = 17,60$ kN/m
 Sudut gesek dalam, $\phi = 34,00$
 Tahanan konus rata-rata, $qc = 10$ Kg/cm²

Dimensi Fondasi (asumsi)

Lebar fondasi arah x, Bx : 3,00 m
 Lebar fondasi arah y, By : 3,00 m
 Tebal fondasi, h : 0,5 m
 Lebar kolom arah x, bx : 0,3 m
 Lebar kolom arah y, by : 0,3 m
 Posisi kolom (dalam =40, tepi=30, sudut=20) : 40

Beban Rencana Fondasi

Gaya axial akibat beban terfaktor,
 Pu : 1628,00 kN
 Momen arah x akibat beban terfaktor,
 Mux : 214,00 kN/m²
 Momen arah y akibat beban terfaktor,
 Muy : 105,00 kN/m²

Kapasitas Dukung Tanah

Tahanan konus rata-rata hasil sondir pada dasar fondasi, q_c

$$q_a = q_c/33 * [(B+0.3) / B]^2 * K_d = 0,447 \text{ kg/cm}^2$$

Kapasitas dukung ijin tanah,

$$q_a : 0,447 \times 100 = 44,73 \text{ kN/m}^2$$

Kapasitas Dukung Tanah Yang Dipakai

Kapasitas dukung tanah menurut Terzaghi dan Peck,

$$q_a = 1012,65 \text{ kN/m}^2$$

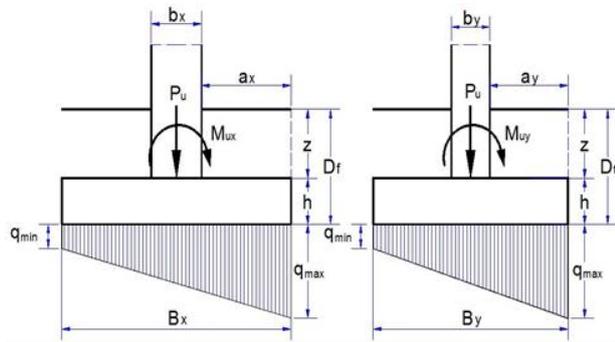
Kapasitas dukung tanah tanah menurut Meyerhof,

$$q_a = 44,73 \text{ kN/m}^2$$

Kapasitas dukung tanah yang dipakai,

$$q_a = 44,73 \text{ kN/m}^2$$

Kontrol Tegangan Tanah



Gambar 8. Tegangan Tanah

Luas dasar foot plat, $A \ B_x * B_y = 9,0000 \text{ m}^2$

Tahanan momen arah x, $W_x = \frac{1}{6} * B_y * B_x^2 = 4,5000 \text{ m}^2$

Tahanan momen arah y, $W_y = \frac{1}{6} * B_x * B_y^2 = 4,5000 \text{ m}^2$

Tinggi tanah di atas foot-plate, $z = D_f - h = 1,50 \text{ m}$

Eksentrisitas pada fondasi :

$$e_x = \frac{M_{ux}}{P_u} = 0,2294 \text{ m} < B_x / 6 = 0,5000 \text{ m, ok!}$$

$$e_y = \frac{M_{uy}}{P_u} = 0,0983 \text{ m} < B_y / 6 = 0,5000 \text{ m, ok!}$$

Dari analisis, kapasitas dukung tanah dipakai nilai $q_a = 44,73 \text{ kN/m}^2$. Tegangan tanah maksimum yang terjadi pada dasar fondasi,

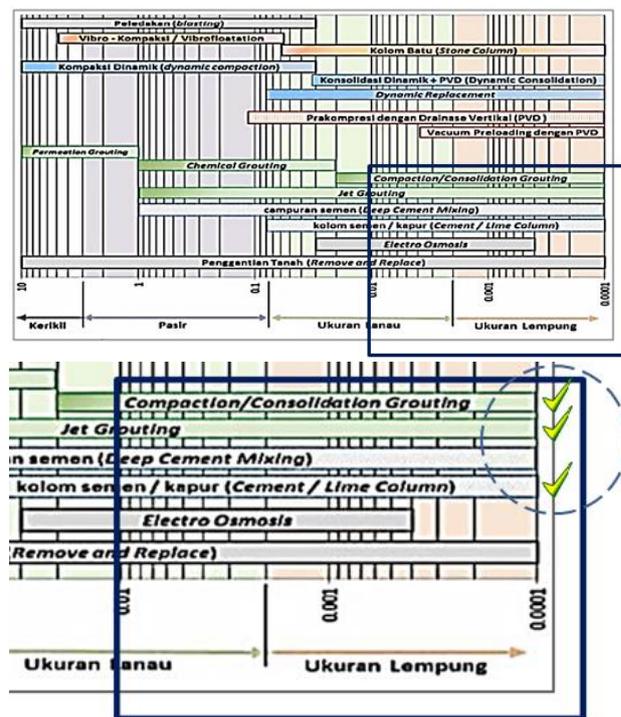
$$q_{max} = \frac{P_u}{A} + \frac{M_{ux}}{W_x} + \frac{M_{uy}}{W_y} + q = 234,844 \text{ kN/m}$$

$$q_{max} > q_a, \text{ tidak aman}$$

Telapak struktur secara keseluruhan tidak menunjukkan stabilitas yang baik terhadap nilai daya dukung tanah dari hasil sondir tersebut di atas.

Dari analisa diatas, dan sesuai spesifikasi perencanaan struktur gedung harus didesain dengan pondasi dalam (pancang, bor-pile dsb.) atau dilakukan perencanaan *improvement soil* dan /atau *reinforced soil*. Tetapi pada kondisi existing tidak memungkinkan, karena posisi pondasi dalam harus berada dalam luasan *A foot-plate*.

Jenis metode perbaikan tanah menurut Standar Nasional Indonesia, SNI 8460-2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik, 2017.



Gambar 9. Jenis *Improvement Soil* atau *Reinforced Soil* yang Diusulkan

KESIMPULAN

Dari hasil investigasi dan penilaian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Struktur atas

a) Struktur kolom dan struktur balok (*sloof, ring-balk, balok anak/induk*), rata-rata 40.95% mutu beton (f_c') tidak terpenuhi (min. nilai $f_c' \geq 27 \text{ MPa}$), dan struktur pelat lantai, tercatat rata-rata 100% mutu beton (f_c') tidak terpenuhi;

b) Hasil penilaian elemen struktur pada sistem portal masih aman tetapi harus dipertimbangkan terhadap umur rencana (UR) bangunan, dengan beban rencana awal, yaitu dari beban hidup perencanaan awal 250 kg/m^2 menjadi $(80-100) \text{ kg/m}^2$, berikut pelat lantai pembebanan harus disesuaikan, diluar analisis beban mati. Penilaian elemen struktur kolom pada batas ekonomis yang disarankan, dan balok sedang dengan perkuatan khusus.

2. Geoteknik dan Struktur Bawah

Hubungan daya dukung terhadap konsistensi tanah pada pelaksanaan investigasi dan pengujian tanah, diperoleh nilai *conus resistance* (q_c) kecil rata-rata 5-10 kg/cm², sehingga digolongkan jenis tanah lunak (*soft-clay*). Dari analisa struktur, selanjutnya hasil investigasi tanah (sondir), kedalaman 2,0 m nilai *conus resistance* ($q_{c\text{rata2}}$) = 10 kg/cm², pada kedalaman 20,0 m mempunyai nilai lebih kecil $q_{c\text{rata2}}$ = 20,0 kg/cm². Telapak struktur secara keseluruhan tidak menunjukkan stabilitas yang baik terhadap nilai daya dukung tanah.

Dari hasil diatas perlu dilakukan perencanaan *improvement soil* dan /atau *reinforced soil* dengan *consolidation grouting*, *jet grouting*, atau *cement /lime column*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana atas kerja sama team dengan pihak Indomaret dalam rangka investigasi dan penilaian kelayakan struktur gedung bertingkat, dengan anggaran Rp.46,897,500.00. Tidak lupa ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam revisi dan publikasinya dalam Jurnal Teknik Sipil : Rancang Bangun.

REFERENSI

- AJ Sumajouw, dkk., (2018), *Perbandingan Kuat Tekan Menggunakan Hammer Test pada Benda Uji Portal Beton Bertulang dan Menggunakan Mesin Uji Kuat Tekan pada Benda Uji Kubus*, Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.11, November 2018 (941-948) ISSN: 2337-6732, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Anggara et al (2010), *Analisis Pondasi Tiang Bor pada Proyek Jembatan Tambalan II*, Yogyakarta.
- Anwar & Saepul (2014), *Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang pada Proyek Pembangunan Central Natural Gas (Studi kasus: Stasiun Gas Induk Bitung)*, Cilegon.
- Burak Yön (2021), *Identification of failure mechanisms in existing unreinforced masonry buildings in rural areas after April 4, 2019 earthquake in Turkey*, Journal of Building Engineering Volume 43, November 2021, 102586.
- Enden Mina et al (2014), *Perencanaan Pondasi Bore Pile Pada Proyek Pembangunan Central Natural Gas (Studi Kasus Stasiun Gas Induk Pertamina Bitung-Tangerang)*, Jurnal Fondasi Volume 3 Nomor1 Pp 79-89. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Hemraj R. Kumavat, Narayan R. Chandak, Ishwar T. Patil (2021), *Factors influencing the performance of rebound hammer used for non-destructive testing of concrete members: A review*, Case Studies in Construction Materials Volume 14, June 2021, e00491, Civil Engineering Department, MPSTME, NMIMS, Shirpur, India.
- Mirza A. Pratama (2022), *Analisis Kinerja Bangunan Gedung Tinggi Dengan Penambahan Dinding Geser*, p-ISSN 2443-1729 e-ISSN 2549-3973, Vol.7, No.2, Pp.26- 37.
- Ngoc-Hien Nguyen et al (2022), *Efficient estimating compressive strength of ultra-high performance concrete using XGBoost model*, Journal of Building Engineering, Volume 52, 15 July 2022, 104302, CIRTECH Institute, HUTECH University, Ho Chi Minh City, Viet Nam.
- Nirvan Makoond et al (2023), *Corner-column failure scenarios in building structures: Current knowledge and future prospects*, Structures Volume 49, March 2023, Pages 958-982, ICITECH, Universitat Politècnica de València. Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, Spain.
- Standar Nasional Indonesia (2017), *Persyaratan Perancangan Geoteknik*, Komite Teknis 91-01-S2 Rekayasa Jalan dan Jembatan, ICS 91.010.01, SNI 8460:2017, Badan Standardisasi Nasional.
- Taozhi Xu, Jie Li (2018), *Assessing the spatial variability of the concrete by the rebound hammer test and compression test of drilled cores*, Construction and Building Materials Volume 188, 10 November 2018, Pages 820-832, School of Civil Engineering, Tongji University, 1239 Siping Road, Shanghai 200092, PR China.
- Víctor R.-Cuesta et al (2022), *Hammer Rebound Index as an Overall-Mechanical-Quality Indicator of Self-Compacting Concrete Containing Recycled Concrete Aggregate*, Construction and Building Materials, Department of Civil Engineering, University of Burgos, Spain
- Wismantarharjo, M.T., Gandi, S. and Sarie, F., 2020. Analisis Daya Dukung Dan Penurunan. *Jurnal Teknika*, 3(2), pp.198–207.