

Evaluasi Struktur Tandon Air di Kelurahan Sukaresmi Kecamatan Tanah Sareal Kota Bogor

Evaluation of Water Reservoir Structures in Sukaresmi Sub-District, Tanah Sareal District, Bogor City

Surina Astri Mujihutami^{1,a)} & Muhamad Lutfi^{1,b)}

¹⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun, Bogor

Koresponden : ^{a)}surinaastrimm@gmail.com & ^{b)}lutfim97@gmail.com

ABSTRAK

Penyediaan sarana infrastruktur air minum non PDAM merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan jumlah pelayanan air bersih bagi masyarakat di wilayah pedesaan dan pinggiran kota. Upaya peningkatan penyediaan air minum dilakukan dengan membangun tandon air berkapasitas 11.000 liter di RW 03 Kelurahan Sukaresmi, Kecamatan Tanah Sareal, Kota Bogor. Namun pada masa layannya struktur kolom tandon air mengalami defleksi sebesar 7cm pada bagian ujung atasnya. Maka perlu dilakukan evaluasi struktur bangunan tandon air eksisting dengan analisis ulang. Permodelan dan analisis struktur dilakukan dengan program ETABS v.9.7.2 merujuk kepada SNI 1727-2013, SNI 2847-2013, SNI 1726-2012. Hasil analisis struktur eksisting menunjukkan elemen struktur kolom yang miring mengalami *over strength* (O/S), dengan demikian struktur kolom tidak aman terhadap berbagai kombinasi pembebanan yang telah ditetapkan dan tidak mampu lagi menahan beban struktur di atasnya. Berdasarkan hasil analisis, alternatif metode perbaikan/perkuatan struktur dapat dilakukan dengan metode perkuatan *concrete jacketing* menggunakan mutu beton pembungkus 20,97 MPa, penambahan tulangan longitudinal diberikan 12D16 dengan sengkang Ø10-150, dan metode perkuatan dengan menambahkan profil baja WF 200.150.6.9 Estimasi biaya untuk pelaksanaan pekerjaan perkuatan dengan metode penambahan profil baja WF 200.150.6.9 lebih tinggi jika dibandingkan dengan metode *concrete jacketing* yaitu dengan kenaikan harga sebesar Rp 19,473,168 atau 52,47%.

Kata Kunci : manajemen infrastruktur, pemeliharaan infrastruktur, rehabilitasi infrastruktur, kolom miring, evaluasi struktur, perkuatan, ETABS

PENDAHULUAN

Prihadi, dkk (2019) memanfaatkan potensi air hujan sebagai sumber air minum dengan menggunakan metode Pemanenan Air Hujan (PAH), air yang jatuh pada luasan atap rumah ditampung pada tangki dan selanjutnya air difilter untuk dijadikan air minum. Untuk menghasilkan air bersih yang memenuhi persyaratan Permenkes tahun 2010, modifikasi filter air hujan di desain sesuai dengan kebutuhan tiap rumah di Dusun Mulyosari Kabupaten Malang. Selain itu, salah satu solusi dalam penyediaan prasarana dan sarana air bersih bagi masyarakat di wilayah pedesaan dan pinggiran kota adalah penyediaan Infrastruktur Air Minum Non PDAM. Fasilitas ini juga sudah diterapkan di Malang (Prihadi, Yulistiyorini & Mujiyono, 2019).

Badan Keswadayaan Masyarakat (BKM) yang difasilitasi pihak aparat Kelurahan Sukaresmi kemudian mengusulkan kepada Pemerintah Pusat dalam hal ini Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) untuk membangun sarana infrastruktur air minum non PDAM yang bertujuan untuk meningkatkan jumlah pelayanan air minum dan sanitasi yang berkelanjutan serta meningkatkan penerapan perilaku hidup bersih dan sehat dalam rangka mendukung pencapaian target *Millenium Development Goals* (MDGs) sektor air minum dan sanitasi melalui perluasan pendekatan pembangunan berbasis masyarakat.

Upaya peningkatan penyediaan air minum dilakukan dengan pembangunan tandon air berkapasitas 11.000 liter dan sumber air berasal dari sumur bor dengan kedalaman ± 80 m di Kelurahan Sukaresmi Kecamatan Tanah Sareal Kota Bogor, tepatnya berada di RT 03 RW 03. Pembangunan tandon air ini bertujuan untuk meningkatkan kebutuhan air minum di dua wilayah khususnya masyarakat di RT 03 dan RT 05 Kelurahan Sukaresmi. Berdasarkan data monografi Kelurahan Sukaresmi, luas wilayah RW 03 mencapai 15 Ha, dengan jumlah penduduk sebanyak 741 jiwa dengan jumlah keluarga tercatat sebanyak 184 Kartu Keluarga (KK). Tetapi hanya 65 KK yang dapat terlayani pelayanan air minum dari pembangunan tandon air tersebut.

Infrastruktur dan fasilitas ini harus selalu dioperasikan dan dijaga dengan baik, agar selalu bisa berfungsi dengan baik. Perbaikan yang barangkali harus dilakukan, harus dilakukan secara ekonomis dan efisien (Soemitro & Suprayitno, 2018; Suprayitno & Soemitra, 2018).

Namun saat ini kondisi struktur kolom tandon air kapasitas 11.000 liter pada saat masa layannya mengalami defleksi sebesar 7 cm pada bagian ujung atasnya, sehingga dikhawatirkan bangunan sudah tidak aman lagi sesuai fungsinya. Sehubungan dengan permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan evaluasi struktur bangunan tandon air dengan analisis ulang, apakah bangunan eksisting tandon air yang mengalami defleksi sebesar 7 cm pada bagian ujung atasnya masih aman dalam menerima beban saat ini. Proses analisis dilakukan dengan cara menghitung struktur bangunan eksisting dengan bantuan program ETABS v9.7.2 merujuk kepada SNI 1727-2013 (Pembebanan), SNI 2847-2013 (Persyaratan Beton Struktur) dan SNI 1726-2012 (Perencanaan Ketahanan Gempa) untuk mengambil keputusan mengenai kelayakan struktur bangunan tandon air.

Hasil evaluasi diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pengembangan dan optimalisasi Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) di RW 03 Kelurahan Sukaresmi.

TINJAUAN LITERATUR

Amri (2006) membagi beberapa klasifikasi tingkat kerusakan secara umum pada struktur bangunan gedung maupun non gedung yang dapat ditentukan dengan melakukan pengamatan di lapangan. Klasifikasi tingkat kerusakan bangunan bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tingkat Kerusakan Bangunan

No.	URAIAN	TINGKAT KERUSAKAN			
		RINGAN	SEDANG	BERAT	RUNTUH/ GULING
1	Berdasarkan nilai penurunan bangunan (s)	$s < 20 \text{ cm}$	$20 \text{ cm} < s < 100 \text{ cm}$	$s < 100 \text{ cm}$	
2	Berdasarkan nilai kemiringan bangunan (θ)	$\theta < (1/100)$ rad atau $\theta < 0,57^\circ$	$(1/100) \text{ rad} < \theta < (3/100) \text{ rad}$ atau $0,57^\circ < \theta < 1,72^\circ$	$(3/100) \text{ rad} < \theta < (6/100) \text{ rad}$ atau $1,72^\circ < \theta < 3,44^\circ$	$\theta > (6/100)$ rad atau $\theta > 3,44^\circ$
3	Berdasarkan kerusakan kompoen struktur (D)	$D < 5$	$5 < D < 10$	$10 < D < 50$	$D > 50$

(Sumber: Amri, 2006)

Darmasyah (2018) menyatakan sebelum memutuskan jenis perbaikan/perkuatan, maka perlu dilakukan identifikasi tingkat dan penyebab kerusakan yang terjadi pada struktur bangunan.

Perbaikan atau perkuatan struktur atau elemen-elemen struktur diperlukan apabila terjadi degradasi bahan yang berakibat tidak terpenuhinya lagi pesyaratan-persyaratan yang bersifat teknik, yaitu: kekuatan (*strength*), kekakuan (*stiffnes*), stabilitas (*stability*) dan ketahanan terhadap kondisi lingkungan (*durability*) (Triwiyono, 2006).

Christiawan (2011) menyatakan sebelum perbaikan/perkuatan dilaksanakan perlu dikaji terlebih dahulu terhadap aspek jenis dan biaya, ketersediaan material, alat, tenaga dan waktu. Disamping itu masih perlu dipertimbangkan, apakah perbaikan juga akan mengantisipasi adanya resiko yang akan datang misalnya terjadinya gempa, kebakaran atau memenuhi kriteria perencanaan terbaru.

Didalam Manajemen Aset Fasilitas, resiko ini harus bisa diidentifikasi dan dikelola dengan baik agar tidak terjadi atau walaupun terjadi, terjadi pada tingkat rendah terbatas (Soemitro & Suprayitno, 2018; Suprayitno & Soemitro, 2018).

Beberapa alternatif metode perkuatan yang dapat dilakukan diantaranya adalah metode perkuatan *concrete jacketing* dan metode perkuatan dengan menambahkan profil baja WF.

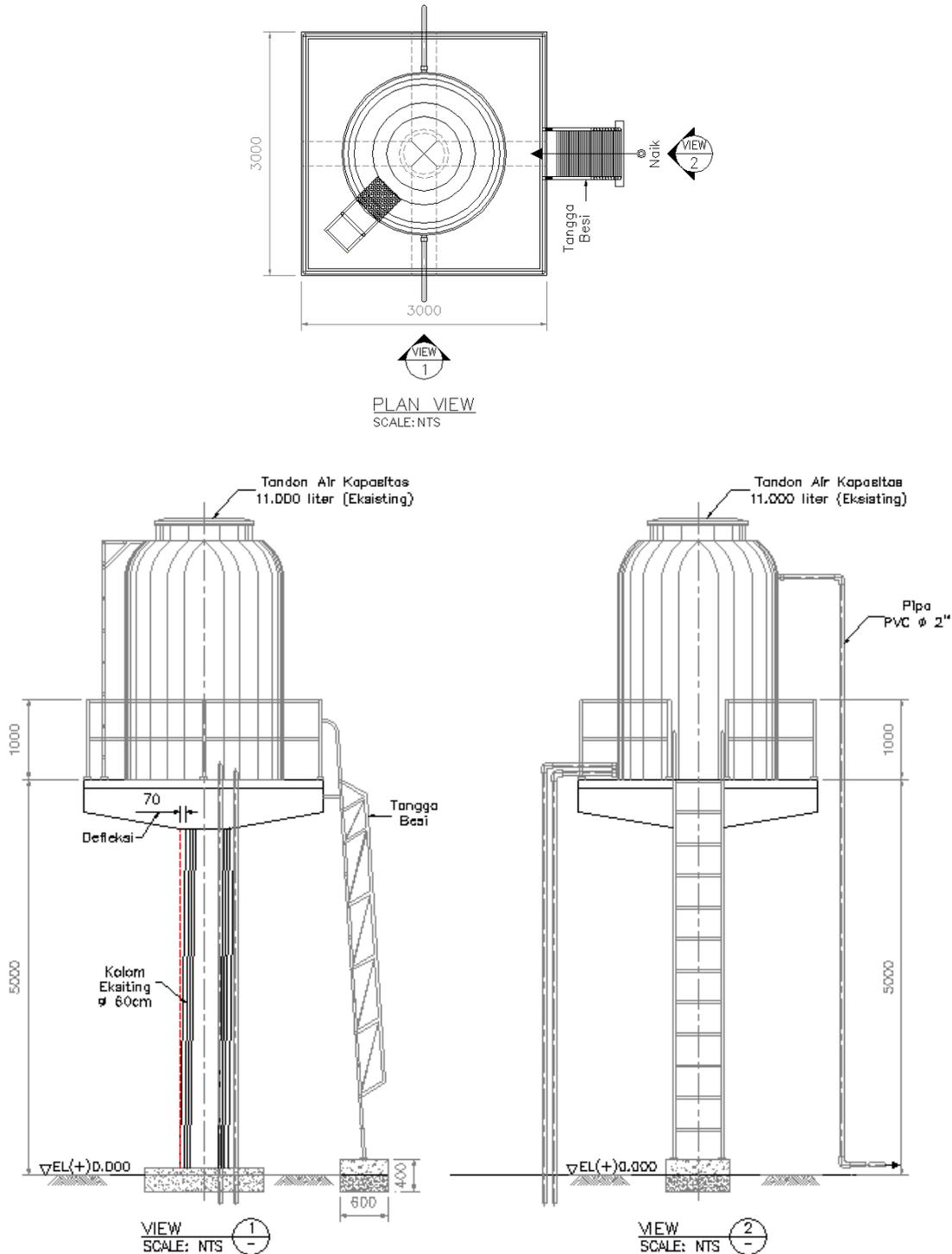
METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian dilaksanakan pada bangunan tandon air kapasitas 11.000 liter yang terletak di RT 03 RW 03 Kelurahan Sukaresmi, Kecamatan Tanah Sareal, Kota Bogor. Waktu penelitian dimulai dari bulan Oktober 2019 sampai dengan bulan Januari 2020. Metode yang digunakan dalam penelitian ini berupa evaluasi berdasarkan kondisi struktur kolom eksisting tandon air yang mengalami defleksi sebesar 7 cm pada bagian ujung atasnya. Tahapan penelitian yang pertama adalah studi literatur yaitu kegiatan yang berkenaan dengan pengumpulan data pustaka. Tahapan kedua berupa pengumpulan data sekunder dari instansi terkait yaitu Dinas PUPR Kota Bogor, Kelurahan Sukaresmi dan BKM Sukaresmi. Tahapan ketiga yaitu pengumpulan data primer mengenai kemiringan kolom struktur eksisting bangunan tandon air dan pengujian kuat tekan beton dengan *hammer test*. Langkah selanjutnya dilakukan analisis struktur dengan menggunakan bantuan program ETABS v9.7.2. Perencanaan dan permodelan struktur merujuk kepada SNI 1727-2013 (Pembebanan), SNI 2847-2013 (Persyaratan Beton Struktur) dan SNI 1726-2012 (Perencanaan Ketahanan Gempa).

ANALISIS PENELITIAN

Bentuk Struktur Tandon Air

Fungsi bangunan merupakan infrastruktur prasarana air bersih, dengan kolom tunggal berukuran Ø60cm, dengan ukuran balok 50x30 dan tebal pelat lantai 12cm. Saat ini kondisi struktur kolom mengalami defleksi sebesar 7 cm pada ujung atasnya. Kondisi struktur tandon air dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Struktur Tandon Air
(Sumber: gambar dokumen pribadi)



Gambar 2. Kondisi Struktur Tandon Air Eksisting
(Sumber: gambar dokumen pribadi)

Hasil Uji Hammer Test

Pemeriksaan mutu beton tanpa merusak beton diperoleh dengan metode *hammer test*, metode ini digunakan untuk menguji dan mengevaluasi kekerasan permukaan beton. Alat ini sangat peka terhadap variasi yang ada pada permukaan beton, oleh karena itu diperlukan pengambilan beberapa kali pengukuran disekitar lokasi, yang hasilnya kemudian dirata-ratakan. *British Standards* (BS) mengisyaratkan pengambilan antara 9 sampai 25 kali pengukuran setiap daerah pengujian seluas maksimum 300 mm² (Lutfi & Subtoni, 2017).

Hasil pengujian kuat tekan beton dengan *hammer test* menunjukkan hasil kuat tekan beton rata-rata 265 kg/cm². Berdasarkan hasil *hammer test* tersebut menunjukkan bahwa mutu beton masih memenuhi standart mutu beton struktur. Spesifikasi material pada konstruksi tandon air berupa lantai beton bertulang, balok dan kolom dengan kekuatan karakteristik beton berdasarkan hasil dari *hammer test* sebagai berikut:

Kuat tekan beton kolom	= f_c'	= 20,97 MPa
Kuat tekan beton balok	= f_c'	= 20,97 MPa
Kuat tekan beton pelat	= f_c'	= 20,97 MPa

Pengukuran Kemiringan Kolom

Pengukuran kemiringan pada struktur kolom tandon air menggunakan lot timbangan, benang bangunan, meteran, dan alat tulis. Tali benang yang telah diberikan pemberat diikat pada salah satu ujung atas, kemudian pemberat diturunkan secara perlahan. Bentangan tali dari atas kebawah inilah yang dijadikan patokan vertikal. Hasil pengukuran diperoleh ukuran jarak atas sebesar 12 cm dan jarak bawah 5 cm. Sehingga dipastikan kolom struktur tandon air tidak tegak lurus dan mengalami defleksi sebesar 7 cm pada bagian ujung atasnya. Proses pengukuran kemiringan dengan lot timbangan ditunjukkan pada Gambar 3.

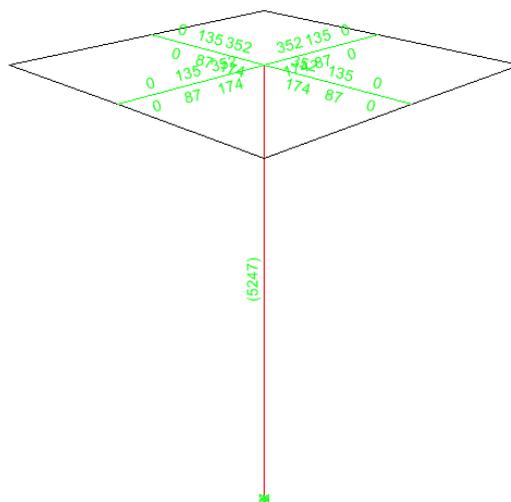


Gambar 3. Pengukuran Kemiringan Kolom dengan Lot Timbangan
(Sumber: gambar dokumen pribadi)

Analisis Struktur Eksisting Tandon Air

Fungsi bangunan merupakan infrastruktur prasarana air bersih, dengan kolom berukuran Ø60cm dengan mutu beton 20,97 MPa, ukuran balok 50x30 dengan mutu beton 20,97 MPa, tebal pelat lantai 12cm dengan mutu beton 20,97 MPa, tegangan leleh tulangan utama (f_y) 390 MPa, tegangan leleh tulangan geser (f_{ys}) 240 MPa. Pembebanan mencakup beban mati yang meliputi beban sendiri bangunan, berat tandon air dalam keadaan kosong 40,2 kg/m². Berat beban hidup pada struktur yang dapat dicapai dan dibebani oleh orang diambil minimum 100 kg/m², serta berat total fluida dalam tandon air sebesar 977 kg/m². Besarnya beban gempa pada lokasi zona gempa 4, faktor keutamaan gedung dengan tangki diatas menara (I) 1,5 dengan jenis tanah sedang dan faktor reduksi daktilitas struktur (R) 8,5 serta faktor skala gempa arah X 1,731, untuk faktor skala gempa arah Y 0,519.

Hasil analisis struktur eksisting tandon air berdasarkan dari perhitungan penulangan kolom dan balok dengan kombinasi pembebanan yang telah diinput pada program ETABS v9.7.2 menunjukkan elemen kolom yang telah mengalami mengalami defleksi sebesar 7 cm pada bagian ujung atasnya mengalami *over strength* (O/S) yang ditandai dengan warna merah pada elemen kolom. Aswin (2010) menyatakan *over strength* faktor merupakan nilai kekuatan lebih yang dihasilkan oleh elemen struktur beton bertulang akibat tercapainya kapasitas ultimit penampang yang dibandingkan terhadap kapasitas penampang saat leleh. Dari hasil analisis tersebut, dengan demikian struktur kolom pada tandon air yang mengalami kemiringan tidak aman terhadap berbagai kombinasi beban yang telah ditetapkan dan tidak lagi mampu menahan beban struktur di atasnya. Elemen struktur yang mengalami *over strength* ditunjukkan pada Gambar 4.



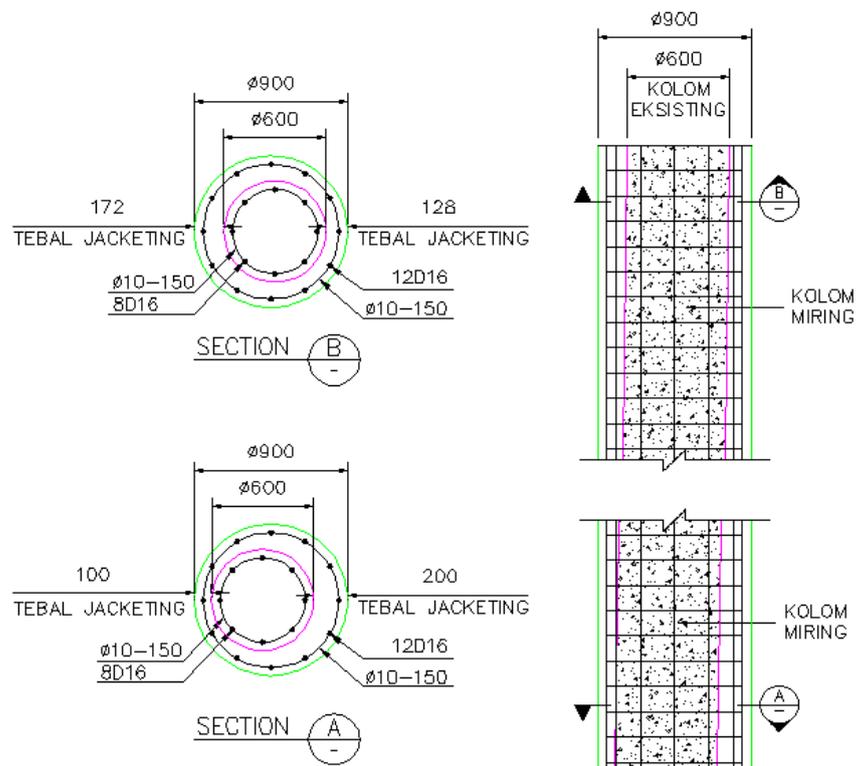
Gambar 4. Elemen Struktur Kolom Mengalami *Over Strength*
(Sumber: gambar dokumen pribadi)

Analisis Metode Perkuatan

Dari hasil permodelan struktur kolom eksisting menggunakan program ETABS, dapat disimpulkan bahwa kolom tidak dapat menahan beban yang bekerja, baik aksial maupun akibat momen. Dari hasil analisa tersebut, maka kolom harus dilakukan perkuatan. Beberapa alternatif metode perbaikan/perkuatan struktur yang dapat dilakukan diantaranya metode perkuatan *concrete jacketing*, dan metode perkuatan dengan menambahkan profil baja WF.

1. Metode perkuatan *concrete jacketing*

Concrete jacketing dilakukan dengan cara memperbesar penampang melintang beton bertulang yang telah ada dengan lapisan beton tambahan yang juga diperkuat dengan tulangan (Soenaryo, Taufik & Hendra, 2009). Permodelan kolom dengan *concrete jacketing* menghasilkan ukuran kolom menjadi $\varnothing 90\text{cm}$, dengan memperhatikan syarat SNI 2847-2013 mutu beton pembungkus digunakan 20,97 MPa, penambahan tulangan longitudinal diberikan 12D16 dengan sengkang $\varnothing 10-150$, karena kondisi kolom eksisting dalam keadaan miring, sehingga tebal *jacketing* tidak bisa di sama ratakan. Detail penulangan kolom dan tebal *jacketing* bisa dilihat pada Gambar 5. Setelah dilakukan analisis dengan menggunakan program ETABS v9.7.2 dilakukan pemeriksaan hasil output gaya-gaya dalam, sehingga diperoleh perhitungan *load* dan *moment* maksimal. Perhitungan dapat di lihat pada Tabel 2. Dengan metode perkuatan *concrete jacketing* menunjukkan struktur kolom aman terhadap berbagai macam kombinasi pembebanan yang telah ditetapkan.

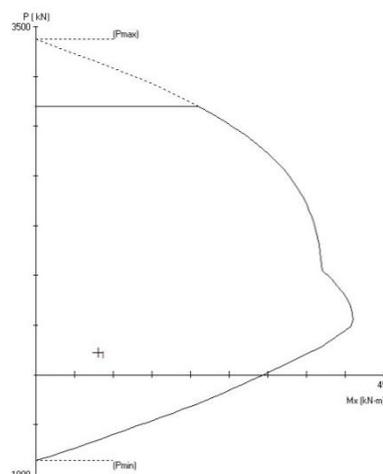


Gambar 5. Detail Penulangan Kolom
(Sumber: gambar dokumen pribadi)

Tabel 2. Load dan Moment Maksimal Kolom Ø80cm

Max Axial				
Maximum Axial Force	: - 23124,25	kg	= 226,78	kN
My	: 2452,14	kg.m	= 24,05	kN.m
Mz	: 8173,80	kg.m	= 80,16	kN.m
M	: 8533,69	kg.m	= 83,69	kN.m
Max Moment				
Axial Force	: - 23124,25	kg	= 226,78	kN
Maximum Mz	: - 8173,80	kg.m	= 80,16	kN.m
My	: 2452,14	kg.m	= 24,05	kN.m
Axial Force	: - 23124,25	kg.m	= 226,78	kN.m
Mz	: 8173,80	kg.m	= 80,16	kN.m
Maximum My	: -2452,14	kg.m	= 24,05	kN.m

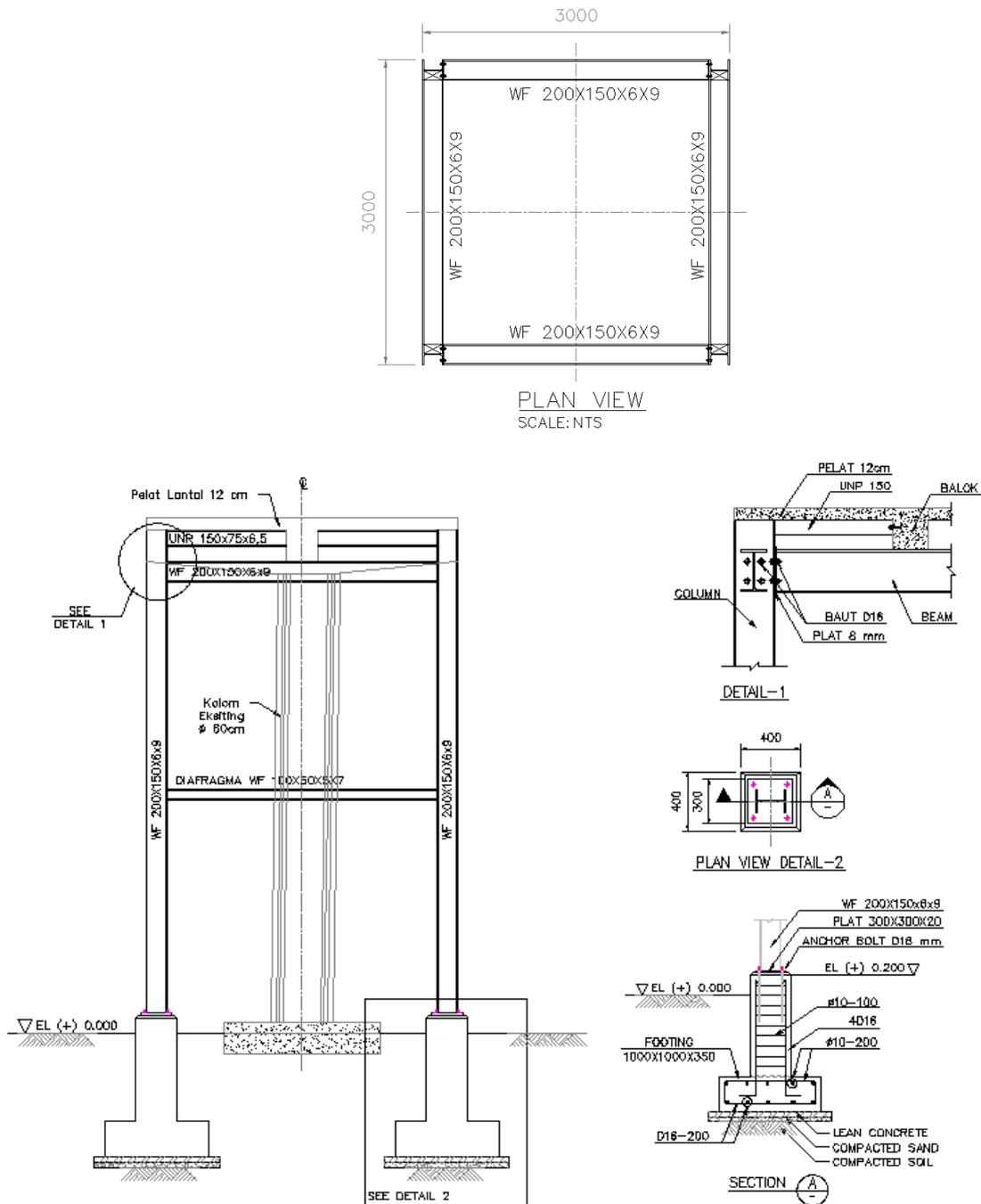
Untuk mencari nilai diagram interaksi kolom digunakan aplikasi *PCACOL*, dengan memasukan nilai hasil perhitungan berdasarkan Tabel 2. Dengan melihat hasil diagram interaksi pada Gambar 6 menunjukkan kolom Ø90cm yang direncanakan mampu menahan gaya aksial dan momen dan dinyatakan aman karena nilai μ dan P_u maksimum berada dalam kuat rencana.



Gambar 6. Diagram Interaksi Kolom Ø90cm
(Sumber: hasil analisis pribadi)

2. Metode perkuatan dengan menambahkan profil baja WF

Profil baja WF yang digunakan adalah WF 200.150.6.9. Penambahan profil baja WF dilakukan dengan menambahkan 4 kolom yang dihubungkan oleh balok di atasnya. Sambungan rangka plat tunggal 8 mm dibuat terhadap badan balok dan kemudian di las tegak lurus. Sambungan antara kolom dan balok di sambung menggunakan baut D16. Pada bawah pelat lantai diberikan baja profil UNP 150.75.6,5 dimaksudkan agar distribusi beban dari atas menjadi beban merata. Detail sambungan dapat dilihat pada Gambar 7 di Detail 1. Profil baja WF 200.150.6.9 berdasarkan hasil perhitungan interaksi gaya aksial dan momen lentur menurut SNI 1729-2015 menghasilkan nilai interaksi aksial tekan dan momen lentur 0,4339. Hasil ini menunjukkan bahwa $0,4339 < 1,0$. Sehingga profil baja WF 200.150.6.9 aman digunakan sebagai perkuatan untuk struktur tandon air yang mengalami kemiringan. Struktur bangunan tandon air yang mengalami perkuatan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Struktur Tandon Air di Perkuat dengan Profil WF
 (Sumber: gambar dokumen pribadi)

Analisis Perhitungan Estimasi Biaya

Perkiraan biaya adalah memperkirakan kemungkinan jumlah biaya yang diperlukan untuk suatu kegiatan yang didasarkan atas informasi yang tersedia (Soeharto, 2007). Dalam pelaksanaan suatu metode perbaikan, ada tiga hal penting yang perlu diperhatikan yaitu analisis biaya dan waktu perbaikan, serta mutu pekerjaan (Lutfi & Juniansyah 2017). Perencanaan analisis biaya material dilakukan guna dijadikan pembanding dan bahan pertimbangan pada perencanaan perkuatan struktur. Perhitungan estimasi biaya sebagai berikut :

1. Perhitungan biaya dengan metode perkuatan *concrete jacketing*

Perhitungan biaya material concrete jacketing meliputi perkuatan seluruh kolom dengan bahan berupa beton dan besi. Perhitungan biaya pekerjaan perkuatan dengan *concrete jacketing* bisa dilihat pada Tabel 3.

$$\varnothing \text{kolom} = 600 \text{ mm} = 0,6 \text{ m}$$

$$t_j = 150 \text{ mm} = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah kolom (nk)} = 1$$

$$\text{Tulangan utama tambahan} = 12 \text{ D16}$$

$$\text{Tinggi kolom} = 500 \text{ cm} = 5,00 \text{ m}$$

$$\text{Sengkang} = \varnothing 10 - 100$$

$$\gamma_{\text{D16}} = 1,552 \text{ kg/m}$$

$$\gamma_{\varnothing 10} = 0,56 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume beton} &= \pi \cdot \varnothing \text{kolom} \cdot \text{tinggi} \cdot t_j \cdot \text{nk} \\ &= 3,14 \cdot 0,6 \cdot 5,00 \cdot 0,15 \cdot 1 \\ &= 1,413 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume besi tulangan utama tambahan

$$\begin{aligned} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \text{panjang tulangan} \cdot \gamma_{\text{D16}} \cdot \text{nk} \\ &= 12 \cdot 5,00 \cdot 1,552 \cdot 1 \\ &= 93,12 \text{ kg} \end{aligned}$$

Volume besi sengkang

$$\begin{aligned} &= \text{keliling} \cdot \frac{\text{tinggi kolom}}{\text{jarak sengkang}} + 1 \cdot \gamma_{\varnothing 10} \cdot \text{nk} \\ &= 1,978 \cdot \frac{5,00}{0,15} + 1 \cdot 0,56 \cdot 1 \\ &= 66,49 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Total volume besi} = 93,12 + 66,49 = 159,61 \text{ kg}$$

Tabel 3. Perhitungan biaya material perkuatan dengan *concrete jacketing*

Nilai Pekerjaan					
No	URAIAN	Kuantitas	Satuan Ukuran	Harga Satuan (Rp.)	Total (Rp.)
I Pekerjaan Persiapan					
1	Pek. Papan Nama Proyek	1.00	bh	193,500.00	193,500.00
2	Pek. Pas. Bouwplank	41.00	m'	27,500.00	1,127,500.00
3	Pek. Mobilisasi bahan	1.00	ls	5,500,000.00	5,500,000.00
4	Pek. Bobok kolom eksisting	1.00	ls	200,000.00	200,000.00
II Pekerjaan Pengamanan Kolom					
1	Beton <i>Ready Mix</i> K250	1,413	m3	1,835,000.00	2,592,855.00
2	Besi D16	93.12	kg	20,000.00	1,862,400.00
3	Besi $\varnothing 10$	66.49	kg	20,000.00	1,329,800.00
4	Kawat Beton	0.35	kg	19,000.00	6,650.00
5	Pek. Bekisting	17.96	m2	35,000.00	628,600.00
	- Bekisting beton/circular kolom	17.96	m2	40,000.00	718,400.00
III Pekerjaan Pengecatan					
1	Tangga	4.51	m2	84,000.00	378,840.00
2	Relling selasar	2.80	m2	84,000.00	235,200.00
3	Kolom, Balok, dan Pelat+pagar	31.11	m2	36,000.00	1,119,960.00
Jumlah					16,037,705.00
PPN 10%					1,603,770.00
Jumlah Total					17,641,475.50

2. Perhitungan biaya dengan metode perkuatan penambahan baja WF 200.150.6.9

Perhitungan biaya material dengan penambahan baja WF 200.150.6.9 bisa dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut :

Tabel 4. Perhitungan biaya material perkuatan dengan penambahan baja WF

Nilai Pekerjaan					
No	URAIAN	Kuantitas	Satuan Ukuran	Harga Satuan (Rp.)	Total (Rp.)
I Pekerjaan Persiapan					
1	Pek. Papan Nama Proyek	1.00	bh	193,500.00	193,500.00
2	Pek. Pas. Bouwplank	41.00	m'	27,500.00	1,127,500.00
3	Pek. Mobilisasi bahan	1.00	ls	5,500,000.00	5,500,000.00
II Pekerjaan Galian dan Urugan					
1	Pek. Galian tanah 100x100x35	5.76	m3	90,000.00	518,400.00
2	Pek. Urugan tanah kembali	1,44	m3	26,000.00	37,440.00
III Pekerjaan Pasangan dan Beton					
1	Pek. Pondasi tapak, site mix K-250	1,93	m3	1,235,000.00	2,377,375.00
2	Pek. Tulangan pondasi plat	91,14	kg	20,000.00	1,822,800.00
IV Pekerjaan Pengamanan Kolom					
1	Pek base plat	10.00	kg	10,500.00	105,000.00
2	Rangka kolom baja WF 200.150.6.9	597,31	kg	15,500.00	9,258,336.00
3	Balok baja WF 200.150.6.9	317,75	kg	15,500.00	4,925,125.00
4	Diagfrahma WF 100.50.5.7	111.96	kg	15,500.00	1,735,380.00
5	UNP 150.75.6,5	170,47	kg	12,000.00	2,045,640.00
6	Pelat pengaku tebal 9 mm dan Penyambung tebal 8 mm	21.33	kg	10,500.00	223,965.00
7	Angker D16 mm	16.00	bh	45,000.00	720,000.00
8	Baut D 16	48.00	bh	15,000.00	720,000.00
9	Pek. Pemasangan baja	915,06	kg	2,000.00	1,830,124.00
10	Pek. Pengelasan	40.00	ttk	15,000.00	600,000.00
Jumlah					33,740,585.00
PPN 10%					3,374,058.50
Jumlah Total					37,114,643.50

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Struktur kolom eksisting tandon air dapat dipastikan tidak tegak lurus dan mengalami defleksi sebesar 7 cm pada bagian ujung atasnya, hasil analisis menunjukkan kolom tidak mampu untuk menahan gaya aksial dan momen yang terjadi.
2. Beberapa alternatif metode perkuatan yang dapat dilakukan yaitu:
 - a. Metode perkuatan *concrete jacketing* dengan mutu beton pembungkus digunakan 20,97 MPa, penambahan tulangan longitudinal diberikan 12D16 dengan sengkang Ø10-150.
 - b. Metode perkuatan dengan menambahkan profil baja WF 200.150.6.9
3. Perbandingan biaya metode *concrete jacketing* dan penambahan profil baja WF 200.150.6.9 menunjukkan bahwa biaya penambahan profil baja WF 200.150.6.9 lebih tinggi jika dibandingkan dengan metode *concrete jacketing* yaitu dengan kenaikan harga sebesar Rp 19,473,168 atau 52,47%.

DAFTAR PUSTAKA

- Lutfi, M. & Subtoni. (2017). “Kajian Struktur Bangunan Akibat Penurunan Mutu Beton pada Kolom Terpasang (Studi Kasus: SDN 01 Cikaret Kabupaten Bogor)”. *Jurnal Rekayasa Sipil ASTONJADRO*. Vol. 6, No. 2, Desember 2017, Hal : 115-129.
- Lutfi, M. & Juniansyah, P.F. (2017). “Analisis Biaya dan Waktu Metode Retrofitting pada Struktur Bangunan Dua Lantai (Studi Kasus: SDN Cikaret 01 Kabupaten Bogor)”. *Jurnal Rekayasa Sipil ASTONJARDO*. Vol. 6, No. 1, Juni 2017, Hal: 15-17.
- Amri, Sjafei. (2006). *Teknologi Audit Forensik, Repair dan Retrofit untuk Rumah & Bangunan Gedung*. Yayasan Jonh H-Tech Idetama. Jakarta.
- Triwiyono, A. (2006). “Perbaikan dan Perkuatan Struktur Beton Pasca Gempa dengan FRP”. *Makalah Seminar Perkembangan Standard dan Methodologi Konstruksi Tahan Gempa. Himpunan Ahli Konstruksi Indonesia*. Medan.
- Christiawan, Ignatius (2011). “Perkuatan (Strengthening) Struktur Kolom Dengan Metoda Penambahan Tulangan”. *Gema Teknologi*. Vol. 16, No. 2, Hal. : 135-140.
- Tjitradi, Darmansyah (2018). “Penyelidikan Perbaikan Bangunan Miring (Studi Kasus Struktur Bangunan Rumah Tinggal di Kotabaru)”. *Buletin Profesi Insinyur*. Vol. 1, No. 1, Hal. : 1-4.
- Aswin, Muhammad. (2010). “Nilai Over Strength Factor pada Balok Beton Bertulang yang Menggunakan Serat Bendrat dan Tulangan Baja yang Sudah Mengalami Pembengkakan (Kajian Analitis dan Eksperimental)”. *Jurnal Rekayasa Struktur & Infrastruktur*. Vol. 4, No. 1, Hal: 44-54.
- Soemitro, R.A.A. & Suprayitno, H. (2018). “Preliminary Reflexion on Basic Principle of Infrastructure Asset Management”. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, Vol.2, No. 1, Maret 2018, Hal: 1-9.
- Soenaryo, A., Taufik, M.H., & Hendra, S. (2009). “Perbaikan Kolom Beton Bertulang Menggunakan Concrete Jacketing dengan Prosentase Beban Runtuh yang Bervariasi”. *Jurnal Rekayasa Sipil*. Vol. 3, No. 2, Hal. : 91-100.
- Suprayitno, H. & Soemitro, R.A.A. (2018). “Pemikiran Awal tentang Konsep Dasar Manajemen Aset Fasilitas”. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, Vol. 2, Sup. 1, Juni 2018, Hal: 1-14.
- Prihadi, L.R., Yulistyorini, A., & Mujiyono. (2019). “Desain Sistem Pemanenan Air Hujan Pada Rumah Hunian di Daerah Karst Kabupaten Malang. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, Vol. 3, No. 1, Maret 2019, Hal: 59-74.

- Soeharto, Iman. (1997). *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*. Erlangga. Jakarta.
- SNI 1726-2012. *SNI 1726-1012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*.
- SNI 2847-2013. *SNI 2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*.
- SNI 1727-2013. *SNI 1727-2013 tentang Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*.
- SNI 1729-2015. *SNI 1729-2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*.

