

ANALISIS KELAYAKAN KOLOM GEDUNG PDAM KABUPATEN HULU SUNGAI UTARA

Joni Irawan⁽¹⁾, M.Noor⁽²⁾, Edy Fahrin⁽²⁾
joniirawan@poliban.ac.id

⁽¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Banjarmasin

⁽²⁾ PLP Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Banjarmasin

Ringkasan

Pemerintah Kabupaten Hulu Sungai Utara pada Tahun 2012 merencanakan pembangunan kantor PDAM yang lebih representative, berupa gedung dua lantai. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan pelayanan terhadap masyarakat. Pembangunan dilakukan dengan 2 tahapan, yaitu tahap 1 berupa pelaksanaan struktur bawah yang meliputi pondasi dan kolom lantai 1. Sedangkan tahap 2 meliputi pekerjaan balok lantai 2, atap dan finishing. Setelah dilakukan pelaksanaan tahap 1, pembangunan tidak dilanjutkan langsung ke tahap 2. Selanjutnya pada Tahun 2015 PDAM Amuntai akan melanjutkan pembangunan tahap 2, tetapi harus dilakukan analisis dan desain terlebih dahulu terhadap kelayakan kolom lantai 1 tersebut.

Penelitian ini menggunakan rancangan deskriptif cross sectional (potong lintang) dengan subjek penelitian tahap 1 pembangunan Kantor PDAM Amuntai Hulu Sungai Utara. Pada penelitian ini, peneliti menganalisis kelayakan kolom lantai 1. Apabila kolom lantai 1 dinyatakan masih mampu menahan beban dari lantai 2, maka analisis dilanjutkan dengan mereview seluruh balok di lantai 2, kolom lantai 2 dan atap. Selanjutnya output penelitian ini berupa rekomendasi yang ditujukan kepada Pemerintah Hulu Sungai Utara khususnya PDAM Amuntai.

Struktur gedung ini dimodelkan dalam bentuk tiga dimensi dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB). Analisa struktur dilakukan dengan menggunakan program bantu software komputer. Berdasarkan hasil uji Hammer Test, kuat tekan beton kolom yang sudah terpasang rata-rata 286,46 kg/cm², hal ini menunjukkan mutu beton yang sangat baik. Data mutu beton tersebut selanjutnya dijadikan dasar untuk menghitung kekuatan kolom. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa momen nominal (M_n) atau kapasitas penampang balok, kolom dan pelat lebih besar dari momen ultimit (M_u). Hal ini menunjukkan bahwa kolom yang sudah terpasang tersebut masih bisa menahan beban-beban yang bekerja, dengan tingkat keamanan masih memenuhi kekuatan batas, sehingga pembangunan tahap kedua bisa diteruskan. Begitu juga dengan balok serta pelat lantai rencana, bisa diteruskan sampai pembangunan tahap akhir, dengan mutu beton sesuai dengan perencanaan awal.

Kata Kunci : cross sectional, pelat, balok

1. Pendahuluan

Kabupaten Hulu Sungai Utara merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Kalimantan Selatan. Ibukota kabupaten ini terletak di Amuntai. Kabupaten ini memiliki luas wilayah 915,05 km² atau 2,38% dari luas provinsi Kalimantan Selatan dan berpenduduk sebanyak 211.699 jiwa. Secara umum Kabupaten Hulu Sungai Utara terletak pada

koordinat 2' sampai 3' Lintang Selatan dan 115' sampai 116' Bujur Timur.

PDAM atau Perusahaan Daerah Air Minum merupakan salah satu unit usaha milik daerah, yang bergerak dalam distribusi air bersih bagi masyarakat umum. PDAM terdapat di setiap provinsi, kabupaten, dan kotamadya di seluruh Indonesia. PDAM merupakan perusahaan daerah sebagai sarana penyedia

air bersih yang diawasi dan dimonitor oleh aparat aparat eksekutif maupun legislatif daerah.

Perusahaan air minum yang dikelola negara secara modern sudah ada sejak zaman penjajahan Belanda pada tahun 1920an dengan nama Waterleiding sedangkan pada pendudukan Jepang perusahaan air minum dinamai Suido Syo.

Pemerintah Kabupaten Hulu Sungai Utara pada Tahun 2012 merencanakan pembangunan kantor PDAM yang lebih representative, berupa gedung dua lantai. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan pelayanan terhadap masyarakat. Pembangunan dilakukan dengan 2 tahapan, yaitu tahap 1 berupa pelaksanaan struktur bawah yang meliputi pondasi dan kolom lantai 1. Sedangkan tahap 2 meliputi pekerjaan balok lantai 2, atap dan finishing. Setelah dilakukan pelaksanaan tahap 1, pembangunan tidak dilanjutkan langsung ke tahap 2. Selanjutnya pada Tahun 2015 PDAM Amuntai akan melanjutkan pembangunan tahap 2, tetapi harus dilakukan analisis dan desain terlebih dahulu terhadap kelayakan kolom lantai 1 tersebut

Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah

1. Bagaimana kelayakan kolom struktur lantai 1 yang berada pada ruang terbuka selama 3 tahun.
2. Bagaimana kekuatan rencana balok, kolom dan pelat lantai 2 yang terdapat pada gambar rencana pembangunan tahap 2.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah

1. Mengetahui kelayakan struktur kolom lantai 1 yang berada pada ruang terbuka selama 3 tahun.
2. Mengetahui kekuatan rencana balok, kolom dan pelat lantai 2 yang terdapat pada gambar rencana pembangunan tahap 2.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

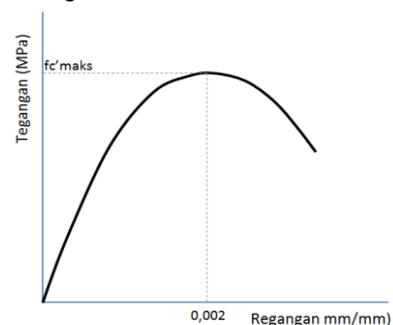
1. Bagi Pemerintah Kabupaten Hulu Sungai Utara
 - a. Mendapatkan jaminan keamanan terhadap kondisi kolom lantai 1
 - b. Pembangunan Kantor PDAM bisa dilanjutkan
 - c. Pelayanan terhadap masyarakat bisa ditingkatkan

2. Bagi peneliti
 - a. Menambah pengetahuan mengenai kelayakan kolom beton
 - b. Menambah pengetahuan mengenai analisis dan desain struktur bangunan di atas struktur tanah lunak.

2. Dasar Teori

Beton

Beton dibentuk oleh pengerasan campuran antara semen, air, agregat halus (pasir) dan agregat kasar (batu pecah atau kerikil). Bisa juga ditambahkan dengan campuran bahan lain (admixture) dengan tujuan memperbaiki kualitas beton. Campuran antara semen dan air akan membentuk pasta semen yang berfungsi sebagai bahan ikat. Sedangkan pasir dan kerikil merupakan bahan agregat yang berfungsi sebagai bahan pengisi dan sekaligus sebagai bahan yang diikat oleh pasta semen. Ikatan antara pasta semen dengan agregat ini menjadi satu kesatuan yang kompak dan akhirnya dengan berjalannya waktu akan menjadi keras serta padat yang disebut beton. Sifat dasar dari bahan beton yaitu sangat kuat untuk menahan gaya tekan tetapi tidak kuat untuk menahan gaya tarik. Oleh karena itu, diperlukan baja tulangan yang bertugas untuk memperkuat dan menahan gaya tarik. Komponen struktur beton dengan kerjasama seperti itu disebut beton bertulang.



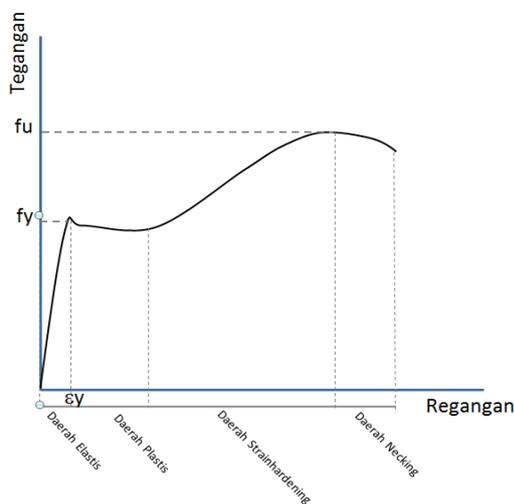
Gambar 1. Diagram Tegangan Regangan Beton

Baja

Beton tidak dapat menahan gaya tarik melebihi nilai tertentu tanpa mengalami retak-retak. Karena itu, agar beton dapat bekerja dengan baik dalam suatu sistem struktur, perlu dibantu dengan memberinya perkuatan penulangan, terutama akan menerima tugas menahan gaya tarik yang akan muncul didalam struktur. Jenis baja tulangan yang biasa digunakan adalah baja tulangan polos

(BJTP) dan baja tulangan ulir atau deform (BJTD). Baja tulangan polos (BJTP) hanya digunakan untuk tulangan pengikat sengkang atau spiral, umumnya diberi kait pada ujungnya.

Sifat fisik pada batang tulangan baja yang paling penting untuk digunakan dalam perhitungan perencanaan beton bertulang ialah tegangan luluh (f_y) dan modulus elastisitas (E_s). Ketentuan SK SNI 2847:2013 pasal 8.5.2 menetapkan bahwa nilai modulus elastisitas baja adalah 200.000 MPa, sedangkan modulus intensitas untuk tendon perategang harus dibuktikan dan ditentukan melalui pengujian atau dipasok oleh pabrik produsen. Umumnya untuk tendon prategang nilai modulusnya lebih rendah, sesuai dengan penetapan ASTM A416 biasanya dipakai nilai 186.000 MPa.



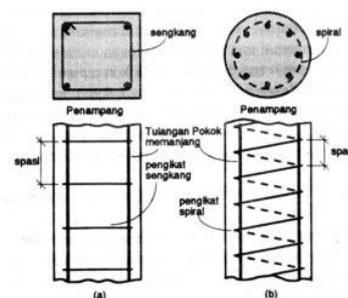
Gambar 2. Diagram Tegangan Baja

Kolom

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang fungsi utamanya adalah meneruskan beban dari sistem lantai ke fondasi. Sebagai bagian dari suatu kerangka bangunan dengan fungsi dan peran tersebut, kolom menempati posisi penting di dalam sistem struktur bangunan. Kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengannya, atau bahkan merupakan batas runtuh total keseluruhan struktur bangunan. Pada umumnya kegagalan atau keruntuhan komponen tekan tidak diawali dengan tanda peringatan yang jelas, bersifat mendadak.

Oleh karena itu, dalam merencanakan struktur kolom harus memperhitungkan secara cermat dengan memberikan cadangan kekuatan lebih tinggi daripada untuk komponen struktur lainnya. Selanjutnya, oleh karena penggunaan didalam praktek umumnya kolom tidak hanya bertugas menahan beban aksial vertikal, defenisi kolom diperluas dengan mencakup tugas menahan kombinasi beban aksial dan momen lentur. Atau dengan kata lain, kolom harus diperhitungkan untuk menyangga beban aksial tekan dengan eksentrisitas tertentu. Secara garis besar ada tiga jenis kolom bertulang, yaitu:

- Kolom menggunakan pengikat sengkang lateral. Kolom ini merupakan kolom beton yang ditulangi dengan batang tulangan pokok memanjang, yang pada jarak spasi tertentu terikat dengan pengikat sengkang ke arah lateral, sedemikian rupa sehingga penulangan keseluruhan membentuk kerangka.
- Kolom menggunakan pengikat spiral. Bentuknya sama dengan yang pertama hanya saja sebagai pegikat tulangan pokok memanjang adalah tulangan spiral yang dililitkan keliling membentuk *heliks* menerus disepanjang kolom.
- Struktur kolom komposit, merupakan komponen struktur tekan yang diperkuat pada arah memanjang dengan gelagar raja profil atau pipa, dengan atau tanpa diberi batang tulangan pokok memanjang. (Dipohusodo, Istimawan. 1994)



Gambar 3. Jenis kolom

Perbedaan kekuatan kolom spiral dengan sengkang baru terlihat pada kondisi pasca puncak. Untuk itu diperlihatkan perilaku kedua kolom tersebut berdasarkan kurva beban lendutan. Pada tahap awal sampai puncak, kedua kolom memperlihatkan perilaku yang sama. Setelah beban maksimum tercapai dan mulai mengalami kondisi plastis, maka terlihat bahwa kolom sengkang akan mengalami keruntuhan terlebih dahulu yang sifatnya mendadak (non daktail), sedangkan kolom

spiral masih bertahan (daktail). Kolom spiral digunakan jika daktilitas sangat dipentingkan atau beban yang besar sehingga cukup efisien untuk memanfaatkan nilai ϕ (faktor reduksi) spiral yang lebih tinggi, yaitu 0,70 dibandingkan ϕ pakai sengkang yaitu 0,65.

Beban

Beban yang bekerja pada bangunan terbagi dari beberapa jenis beban yang terdapat dalam Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung SNI 1727 : 2013 yaitu :

1. Beban mati ialah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung itu.
2. Beban hidup ialah semua beban yang terjadi akibat penggunaan suatu bangunan/gedung, dan didalamnya termasuk beban pada lantai yang berasal dari barang yang dapat berpindah, mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khusus pada atap di dalam beban hidup dapat termasuk yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air. Didalam beban hidup tidak termasuk beban angin, beban gempa, dan beban khusus.
3. Beban angin ialah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.
4. Beban gempa ialah semua beban statis ekuivalen yang bekerja pada gedung atau sebagian yang menirukan dari gerakan tanah akibat gempa itu.

3. Metode Penelitian

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan deskriptif potong lintang atau *cross sectional* dengan subjek penelitian kolom-kolom eksisting tahap 1 pembangunan Kantor PDAM Amuntai Hulu Sungai Utara. Pada penelitian ini, peneliti menganalisis kelayakan kolom lantai 1 tersebut. Apabila kolom lantai 1

dinyatakan masih mampu menahan beban dari lantai 2, maka analisis dilanjutkan dengan mereview seluruh balok di lantai 2, kolom lantai 2 dan atap. Selanjutnya output penelitian ini berupa rekomendasi yang ditujukan kepada Pemerintah Hulu Sungai Utara khususnya PDAM Amuntai.



Gambar 4. Skema Penelitian

Keterangan :

- Aman : apabila Momen Nominal > Momen Ultimit
- Tidak aman : apabila Momen Nominal < Momen Ultimit
- Outcome : berupa saran direkomendasikan

Populasi Penelitian

Populasi target penelitian ini adalah semua kolom yang sudah terpasang di Kantor PDAM Amuntai Hulu Sungai Utara.

Kriteria Inklusi

Kriteria inklusi pada penelitian ini adalah semua kolom eksisting yang sudah terpasang pada tahap 1.

Kriteria Eksklusi

Kriteria eksklusi pada penelitian ini adalah pondasi, kolom praktis dan rangka atap.

Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa prosedur yang harus dilalui oleh tim. Prosedur tersebut sebagai berikut :

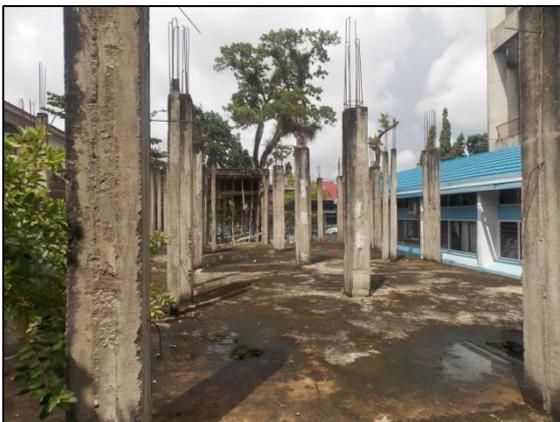
1. Direktur PDAM Amuntai Kabupaten Hulu Sungai Utara mengajukan permohonan untuk diadakan uji kelayakan kolom lantai 1, sebagai dasar untuk melanjutkan pembangunan tahap 2.
2. Tim mempelajari gambar shop drawing hasil perencanaan awal dari pihak PDAM Amuntai
3. Tim meninjau ke lokasi, melihat kondisi eksisting pembangunan tahap 1

- Melakukan pengujian terhadap mutu beton yang terpasang pada kolom lantai 1, dengan Hammer Test.
- Memodelkan dan melakukan analisa struktur kantor PDAM menggunakan software computer.
- Memberikan rekomendasi kepada pihak Kantor PDAM Amuntai Kabupaten Hulu Sungai Utara.

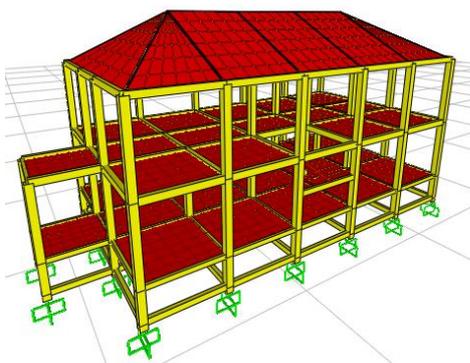
4. Hasil dan Pembahasan

Pemodelan Struktur dan Pembebanan

Struktur gedung ini dimodelkan dalam bentuk tiga dimensi dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB). Analisa struktur dilakukan dengan menggunakan program bantu software komputer. Pemodelan struktur gedung ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Kondisi Kolom Kantor PDAM



Gambar 6. Pemodelan 3 Dimensi Struktur Kantor PDAM Amuntai

Data-Data Struktur

Data-data perencanaan struktur utama :

1. Geometri bangunan

- Elevasi sloof = - 1,67 m
- Elevasi lantai 1 = + 0,00 m
- Elevasi lantai 2 = + 3,75 m
- Elevasi atap = + 7,78 m

2. Dimensi struktur utama

- Sloof :
- S1 (20/30) - 20 x 30 cm
- S2 (15/25) - 15 x 25 cm
- Balok :
- B1 (25/35) - 25 x 35 cm
- B3 (15/30) - 15 x 30 cm
- B4 (15/25) - 15 x 25 cm
- B5 (20/30) - 20 x 30 cm
- Kolom :
- K1 (35/35) - 35 x 35 cm
- N1 (35/35) - 35 x 35 cm
- Ring :
- Rb1 (20/30) - 20 x 30 cm
- Rb1 (20/30) - 20 x 30 cm

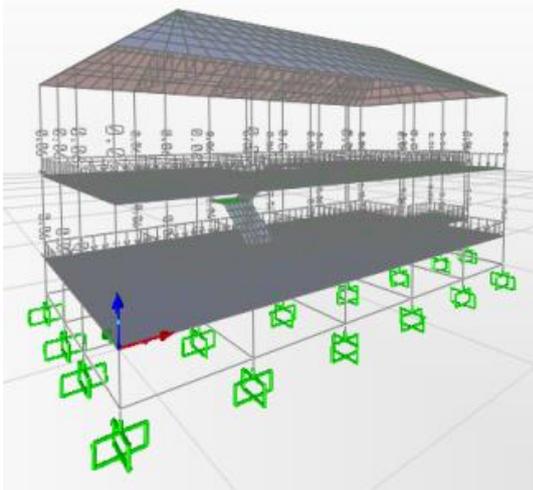
3. Mutu material

- Mutu beton : K250 ($f_c' = 20,75$ MPa)
- Mutu tulangan :
 - Tulangan polos = U24 ($f_y = 240$ MPa)
 - Tulangan ulir = U36 ($f_y = 360$ MPa)

4. Pembebanan struktur utama

Pembebanan pada balok yang berasal dari beban mati dan beban hidup pelat akan

terdistribusi dengan metode amplop secara otomatis oleh program *software computer*, sedangkan beban tembok terdistribusi dengan sistem uniform load pada balok dengan variabel tinggi tembok.



Gambar 7. Model Pembebanan Struktur

Adapun beban - beban yang bekerja pada struktur gedung ini diuraikan sebagai berikut:

Beban mati

Pelat lantai

Beban mati yang diperhitungkan pada perhitungan struktur gedung bertingkat dalam pekerjaan ini disajikan dalam daftar sebagai berikut :

- Beton Bertulang : 2400 kg/m³
- Adukan semen per cm tebal : 21 kg/m²
- Dinding pasangan bata : 250 kg/m²
- Penggantung plafond : 7 kg/m²

Berat sendiri

Berat sendiri yang meliputi berat pelat lantai, balok dan kolom sudah secara otomatis dihitung oleh *software computer*.

Beban hidup

- Pelat lantai = 100 psf (4,79 kN/m²)
- Balkon = 50 lb/ft (0,73 kN/m)

Beban angin

Beban angin diambil sebesar 40 kg/m²

Beban gempa

Pembebanan gempa secara dinamis menggunakan bantuan program *software computer* dengan analisa dinamis respons spektrum. Respon spektrum yang dimaksudkan diambil dari SNI 03-2847-2013 dan diinputkan kedalam Sap untuk selanjutnya dianalisa.

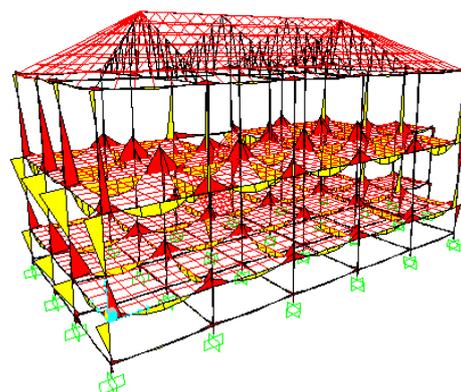
Kombinasi Pembebanan

Kekuatan yang dibutuhkan suatu komponen struktur atau kuat perlu, dapat dinyatakan sebagai beban rencana atau momen, gaya geser, dan gaya-gaya lain yang berhubungan dengan beban rencana. Beban rencana atau beban berfaktor didapat dari mengalikan beban kerja dengan faktor beban. Faktor beban dimaksudkan agar komponen struktur mampu memikul beban lebih dari beban yang diharapkan bekerja. Dalam perhitungan struktur dengan metode kekuatan batas diambil beban maksimum dari pembebanan berdasarkan pada SNI 1727:2013 Pasal 2.3.2 sebagai berikut :

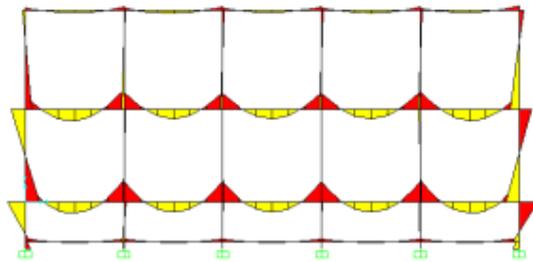
- Akibat beban mati
 $U = 1.4 D$
- Akibat beban mati dan beban hidup
 $U = 1.2 D + 1.6 L$ (L atau S atau R)
- Akibat beban mati, beban hidup dan gempa
 $U = 1.2 D + 1.0 L + 1.0 E + 0,2 S$
 $U = 0.9 D + 1.0 E$
- Akibat beban mati, beban hidup dan beban angin
 $U = 1.2 D + 1.0 L + 1.0 W + 0.5 L$ (L atau S atau R)

Analisa gaya dalam struktur utama

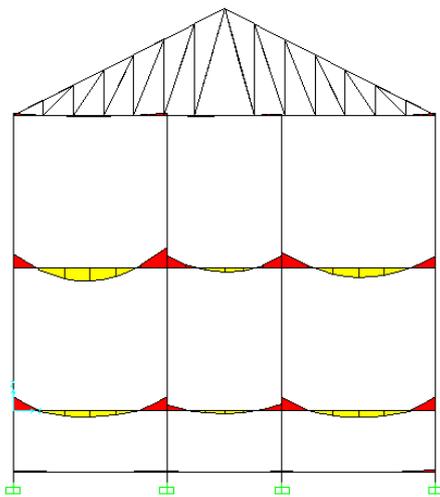
Untuk mendapatkan gaya-gaya dalam dari struktur utama, maka sistem lantai yang terdiri dari balok induk harus berhubungan rigid pada titik pertemuan antara balok satu dengan yang lainnya. Sistem rangka ruang 3 dimensi merupakan sistem yang mempunyai enam derajat kebebasan pada setiap pertemuan antar joint. Dengan perletakan jepit pada pangkal kolom. Analisa struktur utama dilakukan dengan menggunakan bantuan *software computer*. Analisa gaya dalam seperti terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Analisis Gaya Dalam Tiga Dimensi



a. Bidang X-Z



b. Bidang Y-Z

Gambar 9. Diagram Bidang Momen 2 Dimensi

Hasil Hammer Test

Hasil uji beton dengan metode hammer test menunjukkan hasil kuat tekan beton yang sangat baik, didapatkan mutu beton rata-rata 286,46 kg/cm², seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



a). Penomeran Kolom



b) Uji Hammer Test Kolom

Gambar 10. Foto Pelaksanaan Hammer Test

LABORATORIUM UJI BAHAN JURUSAN TEKNIK SIPIL POLITEKNIK NEGERI BALIKPAPAN Jl. Brigadir 4, Inpres Darul Banjarmasin 70122 Telp. 0811-368881 Fax. 0811-368882			
SUMMARY CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST HAMMER			
NOMOR	17K16.14 LAB STRUKTUR/2015	SAMPLING FROM	PERUSAHAAN DAERAH AIR MINUM KAB. HUU
QUANTITY	10 (SEPULUH)	PROJECT	PENYELESAIAN BANGUNAN KANTOR PERUSAHAAN DAERAH AIR MINUM KABUPATEN HULLU BANGUN UTARA
NO	CODE LOKASI	COMPRESSIVE STRENGTH (kgf / CM ²)	REMARKS
1	KOLOM 35/35	252,35	
2	KOLOM 35/35	330,66	
3	KOLOM 35/35	365,47	
4	KOLOM 35/35	278,45	
5	KOLOM 35/35	258,84	
6	KOLOM 35/35	348,06	
7	KOLOM 35/35	281,05	
8	KOLOM 35/35	234,94	
9	KOLOM 35/35	304,56	
10	KOLOM 35/35	280,19	
Rata-rata		286,46	

Gambar 11. Hasil Hammer Test Kolom Beton

Momen Ultimit dan Nominal

Momen ultimit dan momen nominal kapasitas penampang pada balok dan kolom adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Momen Ultimit (Mu) dan Momen Nominal (Mn)

No	Elemen	Dimensi	Mu (kN.m)	Mn (kN.m)
1	Kolom	35/35	18,31	73,27
2	Balok B1	25/35	Tumpuan = 27	Tumpuan = 33,75
			Lapangan = 21	Lapangan = 26,25
3	Balok B2	15/30	Tumpuan = 15	Tumpuan = 18,75
			Lapangan = 11	Lapangan = 13,75
4	Balok B3	20/30	Tumpuan = 5	Tumpuan = 6,25
			Lapangan = 2	Lapangan = 2,5
5	Pelat	4m x 4m	Lx = Ly = 2,363	Lx = Ly = 3,929
			Tx = Ty = 4,821	Tx = Ty = 8,019

kapasitas penampang balok, kolom dan pelat lantai 1 dan 2 lebih besar dari momen ultimit.

5. Kesimpulan

1. Kolom lantai 1 pembangunan tahap 1 Kantor PDAM Amuntai yang sudah terpasang selama 3 (tiga) tahun masih layak untuk digunakan.
2. Dimensi dan tulangan balok, kolom dan pelat lantai 2 pada gambar rencana, bisa digunakan pada pembangunan tahap 2.

6. Daftar Pustaka

Badan Standarisasi Nasional (BSN) 2013. *SNI 1727:2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktural Lain*, Jakarta

Badan Standarisasi Nasional (BSN) 2013. *SNI 03-2847-2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, Jakarta

³ Schodek, Daniel L. 1991. *Struktur*. Bandung: PT. Eresco.

⁴ W.C, Vis dan Gideon H Kusuma. 1995. *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang SK SNI T-15-1991-03*. Jakarta: Erlangga.

⁵ Dipohusodo, Istimawan. 1994. *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI*. Jakarta : PT. Gramedia.

⁶ Nawi, Edward G. 1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung PT. Rafika Aditama.