

PENDAMPINGAN PERENCANAAN DESAIN STRUKTUR ATAS DAN BAWAH MASJID PUSAT GERAKAN NAHDLATUL ULAMA SIDOARJO

Hadi Surya W¹, Deviany Kartika², Mohammad Erfan³, Wahyu Bangkit P⁴

¹ Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang

Email: hadiwibawanto@lecturer.itn.ac.id

² Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang

Email: anstruk2devi@gmail.com

³ Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang

Email: mohammaderfan@ftsp.itn.ac.id

⁴ Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang

Email: wahyubangkit31@gmail.com

ABSTRACT

The design of earthquake-resistant structures in Indonesia is very important, because many areas are located in earthquake areas ranging from small to large earthquakes. Currently the construction of mosques has various forms and innovations. The Nahdlatul Ulama Movement Center Mosque is located in Sidoarjo Regency, East Java. It is designed using the Moment Resistant Frame System (SRPM) method using the Finite Element Methode (FEM) program. The Mosque Structure designed using reinforced concrete upper structure and a steel to a structure of the roof .

Keywords : Moment Resistant Frame System, Reinforced Concrete Structure, Steel Roof Structure.

ABSTRAK

Perencanaan struktur bangunan tahan gempa di Indonesia sangat penting, karena banyak wilayahnya yang terletak dalam wilayah gempa mulai dari gempa dengan intensitas kecil hingga besar. Saat ini pembangunan masjid memiliki berbagai macam bentuk dan inovasi. Masjid Pusat Gerakan Nahdlatul Ulama ini terletak di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Direncanakan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dengan menggunakan program bantu berbasis metode elemen hingga. Struktur Masjid ini menggunakan struktur atas beton bertulang dan struktur atap baja.

Kata Kunci : Sistem Rangka Pemikul Momen, Struktur Beton Bertulang, Struktur Atap Baja.

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Di Indonesia perencanaan struktur bangunan tahan gempa sangat penting, karena banyak wilayahnya yang terletak dalam wilayah gempa mulai dari gempa dengan intensitas kecil hingga besar.

Masjid Pusat Gerakan Nahdlatul Ulama ini terletak di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Direncanakan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dengan struktur atas beton bertulang dan struktur atap baja.

Analisis ini digunakan untuk mendapatkan nilai kekuatan struktur yang baik pada Masjid Pusat Gerakan Nahdlatul Ulama ini terletak di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.

Maksud dan Tujuan

Tujuan dari perencanaan ini adalah:

1. Menghitung analisis struktur Masjid Pusat Gerakan Nahdlatul Ulama Sidoarjo tersebut.
2. Membuat dokumen teknis analisis struktur

Batasan Masalah

Dalam perencanaan struktur ini berpedoman pada peraturan – peraturan yang ada di Indonesia, yang diantaranya :

1. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung, PPPURG 1987
2. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung, SNI 1729 – 2015
3. American Institute of Steel Construction, AISC-LRFD93
4. Tabel Profil Konstruksi Baja, Ir. Rudy Gunawan dengan petunjuk Ir. Morisco

5. Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013)
6. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)
7. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012)
8. Code/Standard/Normalisasi International yang relevan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pembebanan

Berdasarkan SNI 1727:2013 pembebanan gravitasi adalah Beban Minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Beban gravitasi dalam perencanaan bangunan diantaranya: beban mati (*Dead load*), beban mati tambahan (*Super Imposed Dead Load*), beban hidup (*Live Load*).

- Beban Mati Berat Sendiri struktur (*Dead Load*)
Beban Mati yaitu berat semua komponen struktural bangunan yang meliputi pelat, balok, kolom, dan dinding geser. Beban mati dihitung otomatis oleh program bantu ETABS dengan berat jenis material beton bertulang 24 kN/m³.
- Beban Mati Tambahan (*Super Imposed Dead Load*)
Beban mati tambahan yaitu berat komponen nonstruktural seperti arsitektural, mekanikal, elektrik, dan plumbing yang terdapat pada struktur bangunan.
- Beban Hidup (*Live Load*)
Beban hidup adalah beban yang posisinya dapat berubah-ubah, beban hidup terjadi akibat penghuni atau penggunaan gedung yang berasal dari barang atau orang yang dapat berpindah tempat sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap.
- Beban gempa (*Earthquake Load*)
Beban gempa merupakan beban yang terjadi akibat adanya gempa. Berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 4.1.1 halaman 23, gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlampaui besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2%. Pada perancangan bangunan ini beban gempa menggunakan analisis respon spectrum (*Response spectrum analysis*). Dibawah ini beberapa hal yang perlu di perhatikan untuk analisa ragam spektrum response.

3. METODOLOGI PERENCANAAN

Data Umum

- a. Fungsi Bangunan = Masjid 2 lantai
- b. Lokasi bangunan = Kabupaten Sidoarjo
- c. Koordinat lokasi pada data puskesmas

Lintang : -7.4460763806153505

Bujur : 112.71770149469376

Data Teknis

- a. Struktur portal = Beton bertulang
- b. Tipe kuda – kuda penutup atap = Rafter WF
- c. Jumlah tingkat = 2 tingkat
- d. Penutup atap = Atap genteng
- e. Alat sambung baja = Baut dan las
- f. Sistem Struktur = One System, SRPM
- g. Baja tulangan ulir = 420 Mpa
- h. Material Beton = F'C 25 Mpa

Data Pembebanan

1. Beban mati
 - a. Beton = 2400 kg/m³ = 23,536 kN/m³
 - b. Baja = 7850 kg/m³. = 76,982 kN/m³
2. Beban mati tambahan
 - a. Berat penutup atap genteng metal yaitu 5 kg/m².
 - b. Beban penutup plafond yaitu 18 kg/m².
 - c. Adukan (2cm) = 2 x 21 kg/m² = 42 kg/m²
 - d. Keramik (2 cm) = 2 x 24 kg/m² = 48 kg/m²
 - e. Beban tandon (3 buah tandon @1200 liter) = (3x1200kg/ltr)/ (3,25x5)m²=221,53 kg/m²
3. Beban hidup
 - a. Pada atap beban pekerja yang digunakan adalah asumsi beban titik pada tiap joint/ pada gording P= 100 kg
 - b. Beban layan dari bangunan fungsi dari bangunan tempat ibadah/ masjid adalah sebesar : Q = 400 kg/m². Sedangkan pada lantai atap menggunakan beban sebesar : Q = 200 kg/m².
4. Air Hujan Atap
Beban air hujan yang digunakan adalah beban area pada atap dengan perhitungan sebagai berikut :

$$P_{air} = 40 - (0,8 \times \alpha)$$

$$= 40 - (0,8 \times 35)$$

$$= 12 \text{ kg/m}^2$$
5. Beban Angin Atap
Beban angin rencana yang digunakan pada struktur ini adalah 30 kg/m².
 - a. Angin Tekan
Sudut atap 35°

$$\text{Koef. Angin tekan} = (0,02 \times \text{sudut atap}) - 0,4$$

$$W_1 = \text{Koef. Angin tekan} \times \text{beban angin}$$

$$= 0,3 \times 30 = 9 \text{ kg/m}^2$$
 Sudut atap 60°

$$\text{Koef. Angin tekan} = (0,02 \times \text{sudut atap}) - 0,4$$

$$W_2 = \text{Koef. Angin tekan} \times \text{beban angin}$$

$$= 0,8 \times 30 = 24 \text{ kg/m}^2$$
 - b. Angin Hisap
Sudut atap = 30°

$$\text{Koef. Angin hisap} = 0,4$$

$$W_3 = \text{Koef. Angin Hisap} \times \text{beban angin}$$

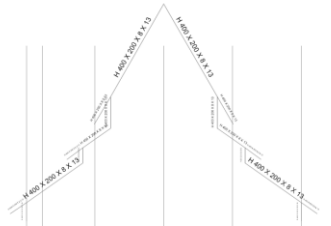
$$= 0,4 \times 30 = 12 \text{ kg/m}^2$$

Sudut atap = 60°
 Koef. Angin hisap = 0,4
 $W_4 = \text{Koef. Angin Hisap} \times \text{beban angin}$
 $= 0,4 \times 30 = 12 \text{ kg/m}^2$

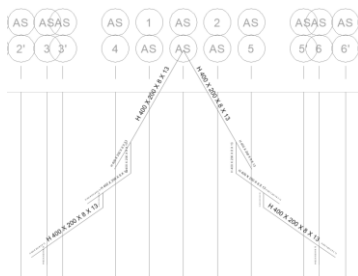
4. PEMBAHASAN

Analisa Struktur Atap

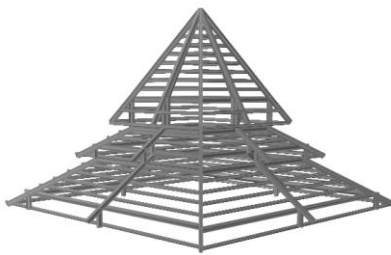
1. Pemodelan Struktur



Gambar 1. Potongan Memanjang

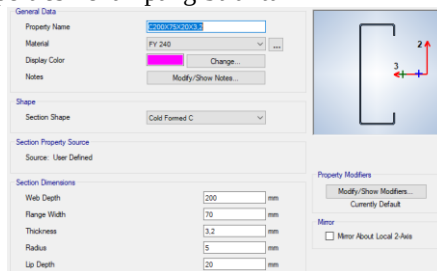


Gambar2. Potongan Melintang

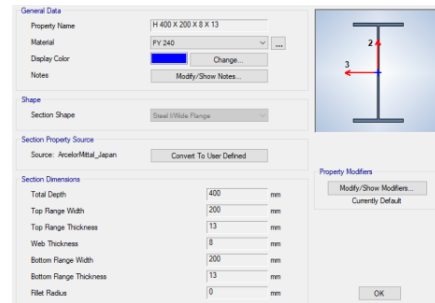


Gambar 3. Perspektif view 3D

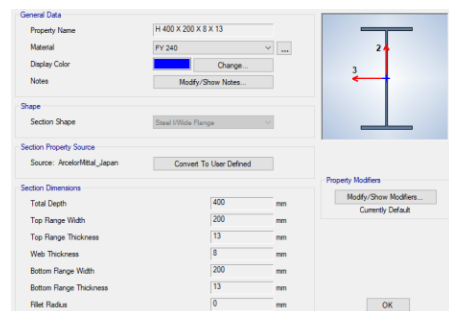
2. Properties Penampang Struktur



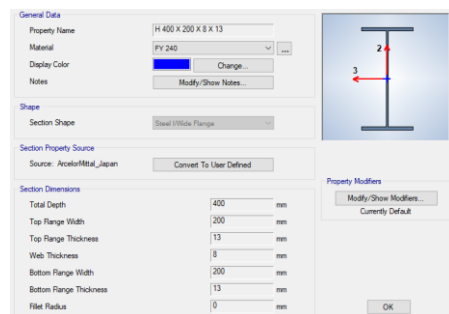
Gambar 4. Penampang Gording C200x75x20x3,2



Gambar 5. Penampang Rafter WF 400x200x8x13



Gambar 6. Penampang Balok Ring WF 400x200x8x13



Gambar 7. Penampang Kolom WF 400x200x8x13

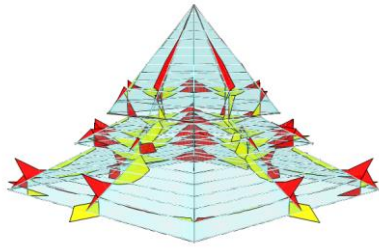
3. Pembebanan

Assign pembebanan berdasarkan data pembebanan pada bab 3.

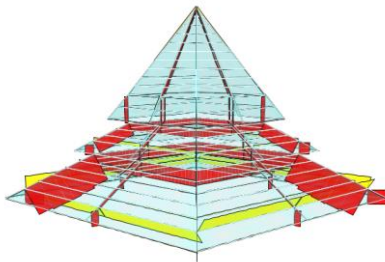
4. Kombinasi Pembebanan

- COMB1 = 1,4 DL
- COMB2 = 1,2 DL + 1,6 LL
- COMB3 = 1,2 DL + 0,5 LL + 0,8 WR
- COMB4 = 1,2 DL + 0,5 LL - 0,8 WR
- COMB5 = 1,2 DL + 0,5 LL + 0,8 WL
- COMB6 = 1,2 DL + 0,5 LL - 0,8 WL

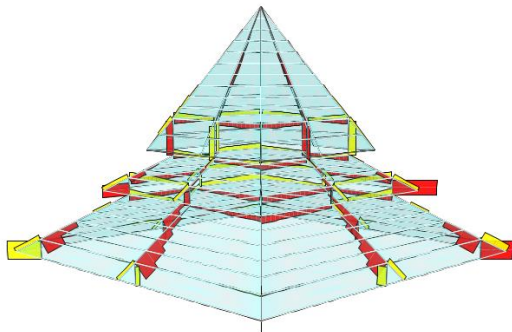
5. Hasil Analisa Struktur



Gambar 8. Diagram Momen



Gambar 9. Diagram Normal, Axial

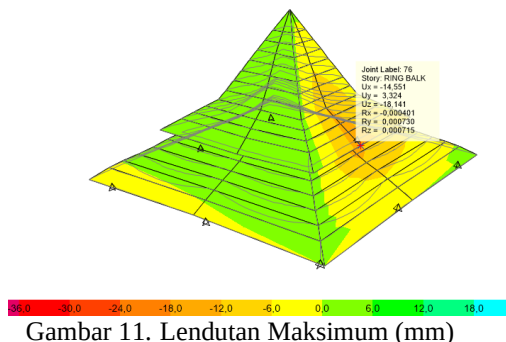


Gambar 10. Diagram Lintang

6. Rekapitulasi Gaya Maksimum Pada Tiap Batang Tabel 1. Gaya Maksimum Pada Tiap batang

Elemen	Jenis Profil	P (kN)	M ₃₋₃ (kN.m)	V ₂₋₂ (kN)	T (kN)
Gording	C 200.75.20.3,2	16,86	3,26	3,4	0,00
Balok Ring	WF 400.200.8.13	22,69	37,68	13,65	0,00
Rafter	WF 400.200.8.13	152,90	56,2	22,9	0,00
Kolom	WF 400.200.8.13	216,55	76,77	76,68	0,01

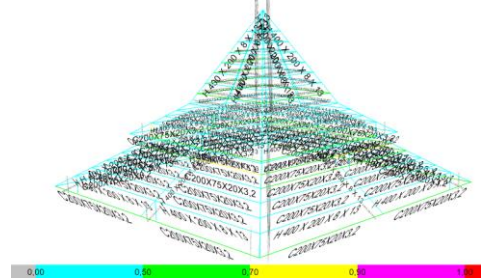
7. Cek Lendutan Maksimum



Gambar 11. Lendutan Maksimum (mm)

Lendutan Max yang terjadi adalah **18,14 mm**, sedangkan lendutan ijin struktur ini adalah $(L/240) = 18350/240 = 76,45 \text{ mm}$. Sehingga struktur atap aman dalam menerima beban yang terjadi.

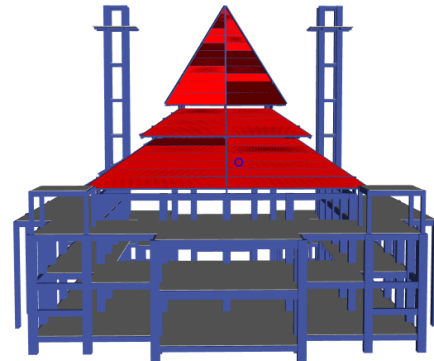
8. Cek Penampang Dari Analisa Perangkat Lunak



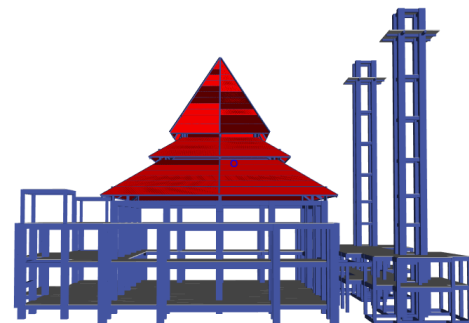
Rasio Baja (D/C) Max yang terjadi adalah sekitar 0,6. Sehingga elemen struktur atap baja aman dalam menerima beban yang terjadi.

Analisa Struktur Atas

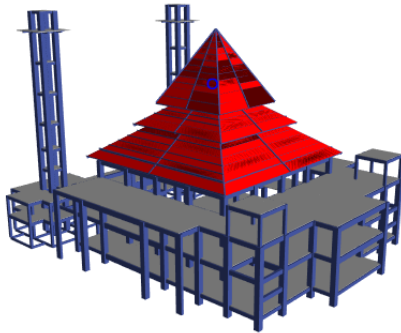
1. Pemodelan Struktur



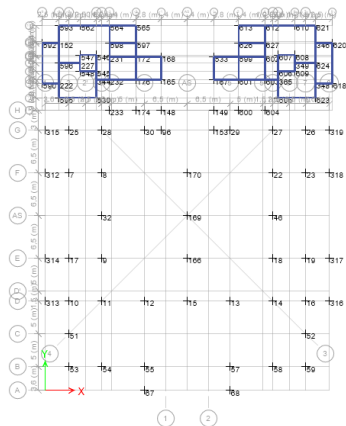
Gambar 13. Tampak Depan Struktur



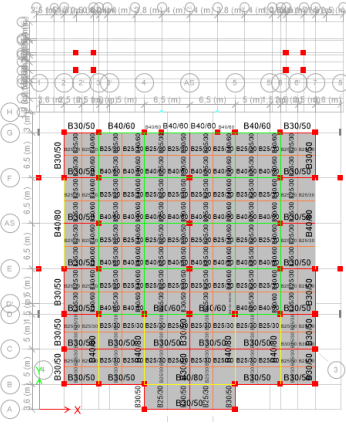
Gambar 14. Tampak Samping Struktur



Gambar 15. Gambar 3D Perspektif

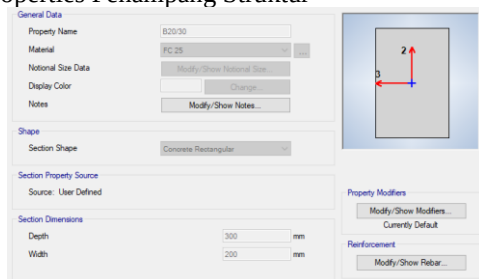


Gambar 16. Denah Titik Pondasi, 1-6

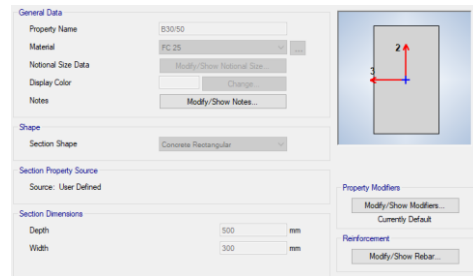


Gambar 17. Denah Struktur Lantai 1, +0,00

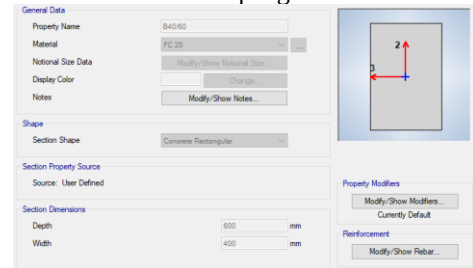
2. Properties Penampang Struktur



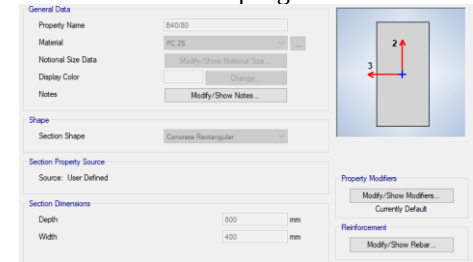
Gambar 18. Penampang Balok 20/30



Gambar 19. Penampang Balok 30/50



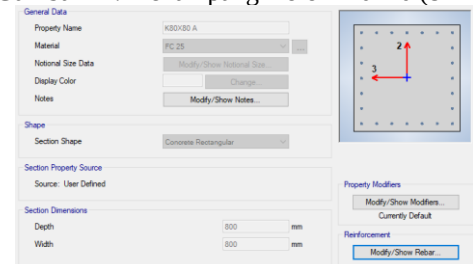
Gambar 20. Penampang Balok 40/60



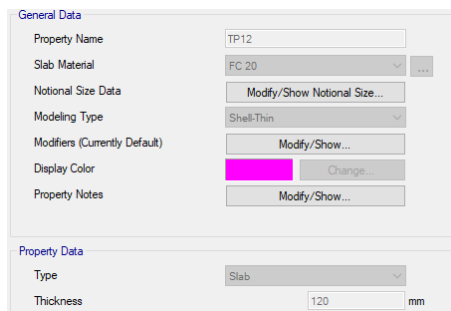
Gambar 21. Penampang Balok 40/80



Gambar 22. Penampang Kolom 40x40 (8D16)



Gambar 23. Penampang Kolom 80x80 (24D19)

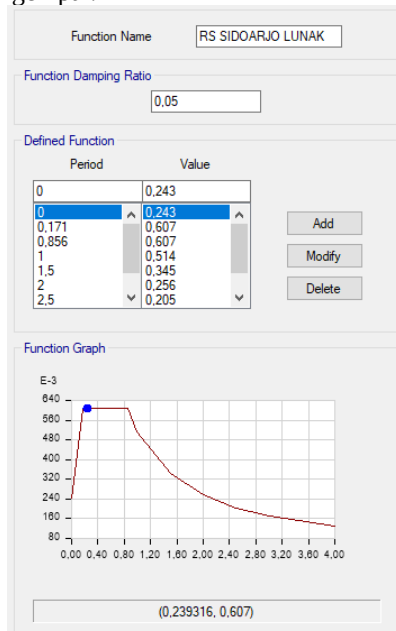


Gambar 24. Penampang Pelat Lantai, TP=12cm

3. Pembebanan

Assign beban mati dan hidup berdasarkan data pembebanan pada bab 3.

Beban gempa :



Gambar 25. Respon Spektrum tanah Lunak, Sidoarjo

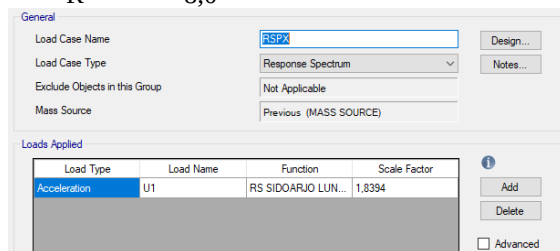
Pada analisa ini dilakukan analisa gempa secara dinamis dengan parameter sebagai berikut:

Scale Faktor = $g \cdot I / R$

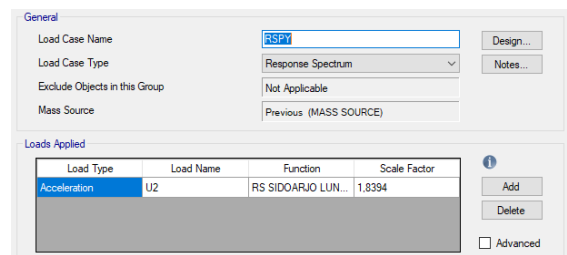
$$g = 9,81$$

$$I = 1,5$$

$$R = 8,0$$



Gambar 26. Beban gempa arah-X

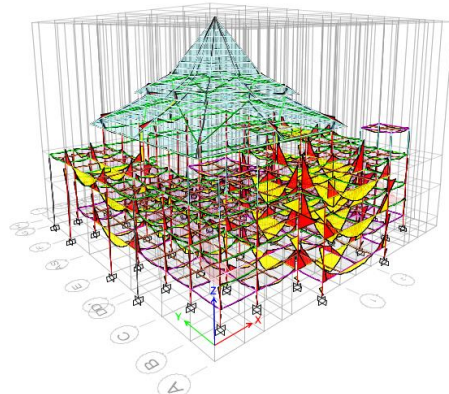


Gambar 27. Beban gempa arah-Y

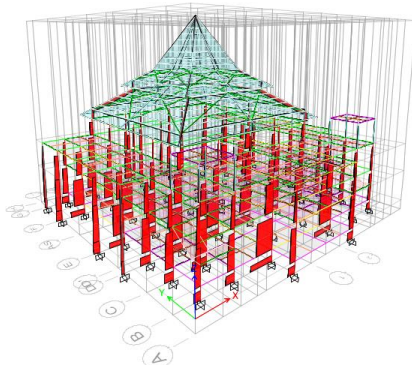
4. Kombinasi Pembebanan

- COMB1 = 1,4 DL
- COMB2 = 1,2 DL + 1,6 LL
- COMB3 = 1,2 DL + 0,5 LL + 1,0 EQx + 0,3 EQy
- COMB4 = 1,2 DL + 0,5 LL + 1,0 EQx - 0,3 EQy
- COMB5 = 1,2 DL + 0,5 LL - 1,0 EQx + 0,3 EQy
- COMB6 = 1,2 DL + 0,5 LL - 1,0 EQx - 0,3 EQy
- COMB7 = 1,2 DL + 0,5 LL + 0,3 EQx + 1,0 EQy
- COMB8 = 1,2 DL + 0,5 LL + 0,3 EQx - 1,0 EQy
- COMB9 = 1,2 DL + 0,5 LL - 0,3 EQx + 1,0 EQy
- COMB10 = 1,2 DL + 0,5 LL - 0,3 EQx - 1,0 EQy
- COMB11 = 0,9 DL + 1,0 EQx + 0,3 EQy
- COMB12 = 0,9 DL + 1,0 EQx - 0,3 EQy
- COMB13 = 0,9 DL - 1,0 EQx + 0,3 EQy
- COMB14 = 0,9 DL - 1,0 EQx - 0,3 EQy
- COMB15 = 0,9 DL + 0,3 EQx + 1,0 EQy
- COMB16 = 0,9 DL + 0,3 EQx - 1,0 EQy
- COMB17 = 0,9 DL - 0,3 EQx + 1,0 EQy
- COMB18 = 0,9 DL - 0,3 EQx - 1,0 EQy

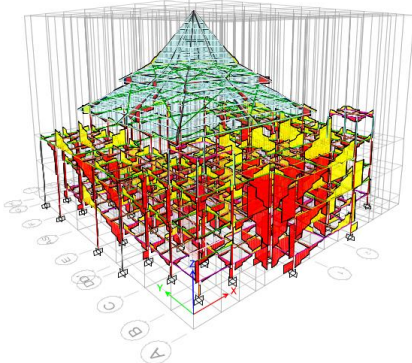
5. Hasil Analisa Struktur



Gambar 28. Diagram Momen



Gambar 29. Diagram Axial Normal



Gambar 30. Diagram Lintang

6. Rekapitulasi Gaya Maksimum Pada Tiap Batang Lantai Mahkota

Elemen	Jenis Profil	P	M ₃₋₃	V ₂₋₂	T
Kolom	K 40x40	104,08	24,31	11,45	0,046
Balok Induk	B 30/50	37,90	45,41	37,90	0,297
Balok Anak	B 20/30	0	25,43	22,25	0,149

Tabel 3. Rekapitulasi Gaya Maksimum Pada Tiap Batang Lantai Ring Balok

Elemen	Jenis Profil	P	M ₃₋₃	V ₂₋₂	T
Kolom	K 80x80	326	317	218	15,31
Balok	B 40/60	69,74	81,31	60,90	18,0

Tabel 4. Rekapitulasi Gaya Maksimum Pada Tiap Batang Lantai Atap

Elemen	Jenis Profil	P	M ₃₋₃	V ₂₋₂	T
Kolom	K 40x100	121	8,60	11,97	0
Kolom	K 80x80	1003	667,2	317	0,13
Balok	B 40/80	0	612	378	153,58
Balok	B 40/60	0	262,94	138,90	23,91
Balok	B 20/30	0	73,22	48,29	9,53

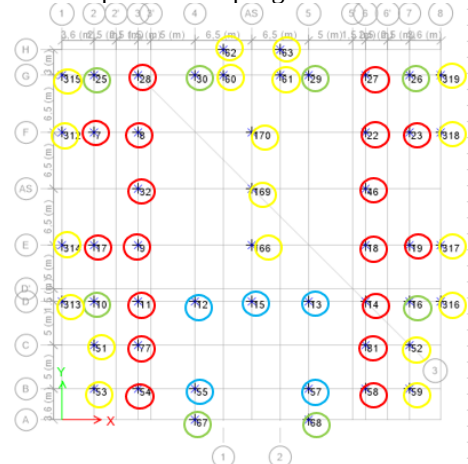
Tabel 5. Rekapitulasi Gaya Maksimum Pada Tiap Batang Lantai 2

Elemen	Jenis Profil	P	M ₃₋₃	V ₂₋₂	T
Kolom	K 40x100	193,94	2,67	0,73	0
Kolom	K 80x80	2151	405,6	172,54	1,32
Balok	B 40/80	0	800	467,24	148,66
Balok	B 40/60	1,53	339,24	173,47	26,64
Balok	B 20/30	0,9	95,00	61,57	10,08

Tabel 6. Rekapitulasi Gaya Maksimum Pada Tiap Batang Lantai 1

Elemen	Jenis Profil	P	M ₃₋₃	V ₂₋₂	T
Kolom	K 40x100	217,14	1,20	1,08	0
Kolom	K 80x80	3355,67	149,16	437,76	0
Balok	B 40/80	0	511,95	483,18	122,46
Balok	B 40/60	69,74	339,23	173,46	37,62
Balok	B 30/50	1,21	226,19	130,53	22,29
Balok	B 20/30	1,17	146,44	107,65	11,85

7. Reaksi Tumpuan Penampang



Gambar 31. Reaksi Tumpuan

Adapun Rekapitulasi gaya reaksi tumpuan terbesar adalah sebagai berikut :

Tabel 7. Rekapitulasi Gaya Reaksi Tumpuan Terbesar

JOINT	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
57	20051,28	19126,16	249132,2	8102,23	6824,34	2,71
55	20083,18	19134,05	249105,1	8138,94	6874,89	2,71
13	2025,23	14650,56	215144,4	3732,92	653,51	2,71
12	653,18	14696,88	215082,9	3702,87	327,82	2,71
15	2500,39	3591,54	212078,8	1400,34	815,7	2,71
11	4442,39	7455,05	174842,9	3649,47	1562,33	2,71
14	4397,32	5796,99	174951	3774,42	1434,96	2,71
46	748,52	1180,49	178456	2619,12	283,05	2,71
32	651,56	985,32	176011,1	7699,22	303,4	2,71
29	7202,31	15964,83	140163,4	4331,54	2361,38	2,71
22	4894,72	9038,49	151594	2750,87	1573,74	2,71
7	6547,64	15896,19	134213,2	4198,05	2331,93	2,71
18	5570,61	9796,54	145231,2	4174,18	1838,44	2,71
19	6521,36	17631,76	133590,7	7562,06	2162,96	2,71
17	6502,96	17666,36	133585,9	7668,05	2282,67	2,71
54	10241,35	9236,81	138690,5	4033,12	3513,07	2,71
8	5580,98	1329,07	145553,6	2797,66	2001,98	2,71
9	5557,55	972,38	144808,2	2694,8	1959,97	2,71
77	4585,28	2703,49	142723,3	3046,72	1598,02	2,71
81	4545,32	2550,63	142600	2959,94	1518,36	2,71
27	3376,56	11010,26	115740,9	2603,91	1038,52	2,71
28	3451,67	10928,88	113513,8	2494,94	1292,18	2,71
58	3770,48	9866,37	78991,98	3187,34	1267,16	2,71
30	4925,89	12293,33	100495,3	2821,03	1567,36	2,71
16	5734,32	9809,63	87950,96	4252,11	1911,32	2,71
10	5701,54	2333,25	87906	3011,51	1992,12	2,71
68	11885,99	1132,33	85423,15	2631,11	4046,67	2,71
67	11913,97	1032,49	74982,07	2656,72	4077,05	2,71
29	4993,74	12289,68	63169,15	2860,08	1818,54	2,71
26	3025,01	4926,3	74145,5	1365,89	918,52	2,71
25	3015,89	4036,9	62139,17	1463,21	1143,44	2,71
51	1510,01	2813,62	72038,31	3089,77	548,33	2,71
52	1479,99	2809,69	72003,37	3015,94	472,26	2,71
61	10595,57	4359,28	71410,31	1502,41	3502,61	2,71
60	10677,7	4356,56	71191,05	1516,19	3758,67	2,71
170	243,37	4571,73	62597,22	3813,58	333,66	2,71
169	207,69	2198,79	60882,09	3073,84	291,56	2,71
166	173,28	2375,93	60743,07	3147,98	249,9	2,71
53	1482,14	1459,98	54638,63	2507,26	523,27	2,71
59	4945	1711,78	54484,21	2446,46	1778,71	2,71
312	331,47	1222,87	51161,91	2138,03	363,37	2,71
318	313,87	1225,29	51028,18	2050,31	208,84	2,71
314	331,45	2144,15	50972,47	3112,12	303,17	2,71
317	309,08	2138,92	50922,53	3025,01	174,99	2,71

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, A., 2003. *Buku Ajar Struktur Beton Lanjut*. Surakarta: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2013. *SNI 1727 Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 2019. *SNI 1726 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 2019. *SNI 2847 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Pusat Studi Gempa Nasional, 2017. *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia*. Bandung: PUSGEN.
- Setiawan, A., 2016. *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013*. Jakarta: Erlangga.
- SNI 2847, n.d. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, s.l.: Badan Standarisasi Nasional.
- Tavio, B. K., 2009. *Desain Sistem Rangka Pemikul Momen dan Dinding Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya: ITS Press.
- Tavio, U. W., 2018. *Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja (Performance Based Design)*. Yogyakarta: Andi.

5. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis melalui pengabdian masyarakat berbasis pengembangan IPTEK yang dilakukan, maka struktur bangunan Masjid Pusat Gerakan Nahdlatul Ulama ini terletak di Kabupaten Sidoarjo memiliki performa strukur yang baik dan memiliki nilai kelayakan struktur yang baik untuk dapat dibangun. Adapun luaran output yang dicapai dalam kegiatan ini adalah dokumen perencanaan struktur (gambar DED struktur dan laporan analisis struktur).