

Analisis Perbandingan Berat Bangunan terhadap Pelat Konvensional dan Pelat *Bubbledeck* pada Gedung Sekolah 4 Lantai

Demmy Adhi Mulya Darma^{*1} & Naufal Arrasyid²

¹ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Rekayasa, Universitas Selamat Sri, Kendal, 51372, Indonesia

² Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Sleman, 55584, Indonesia

Email: demmy.amd@gmail.com

Dikirim: 12 Juli 2024

Direvisi: 24 Juli 2024

Diterima: 24 Juli 2024

ABSTRAK

Bubbledeck slab adalah metode dengan menghilangkan beton dari bagian tengah pelat bertulang berongga bulat yang tidak berguna untuk struktur. Oleh karena itu, penelitian ini akan mengetahui penurunan beban mati pelat secara signifikan dibandingkan dengan pelat konvensional. Bola berongga polietilen densitas tinggi (HDPE) akan menghasilkan peningkatan efisiensi dan pengurangan pada beban mati. Penelitian ini menggunakan studi kasus bangunan sekolah 4 lantai dengan membandingkan kebutuhan penggunaan beton serta berat bangunan pada bagian pelat berdasarkan mutu rencana yang sama yaitu, $f_c' 25$ MPa. Massa jenis beton bertulang 2400 kg/m^3 (pelat konvensional) dan 1608.70 kg/m^3 (pelat beton berongga). Ketebalan pelat sama yaitu 230 mm. Hasil perbandingan berat pelat konvensional dengan total volume 339.48 m^3 memiliki berat 814752 kg/m^3 sedangkan, berat pelat *bubbledeck* dengan total volume 339.48 m^3 memiliki berat 546120 kg/m^3 . Hasil penelitian membuktikan bahwa penggunaan bola berongga pada pelat menghasilkan berat yang lebih ringan sebesar 268632 kg/m^3 dibandingkan dengan pelat konvensional.

Kata kunci: beton, pelat, *bubbledeck*, berat bangunan

1. PENDAHULUAN

Salah satu komponen beton yang paling banyak dikonsumsi yaitu pelat lantai yang merupakan komponen struktural penting untuk bangunan. Penggunaan pelat beton konvensional telah berlangsung selama bertahun-tahun dan memiliki beberapa kekurangan yang dapat diperbaiki dengan menggunakan teknik alternatif (Jigme and Adenan, 2017). Dalam dunia konstruksi, ada banyak metode alternatif yang digunakan, seperti pelat inti berongga, pelat pracetak, dan pelat setengah pracetak. Metodologi alternatif lain adalah pelat dek gelembung, yang dibuat dari beton bertulang berongga bulat yang dipatenkan. Metode ini menghilangkan beton di bagian tengah pelat lantai dan tidak melakukan fungsi struktural apa pun, sehingga mengurangi beban mati secara signifikan. Bola berongga polietilen densitas tinggi (HDPE) digunakan untuk menggantikan beton yang tidak efektif di bagian tengah pelat. Ini akan menghasilkan pengurangan beban mati dan peningkatan efisiensi pelat (Fatma and Chandrakar, 2018).

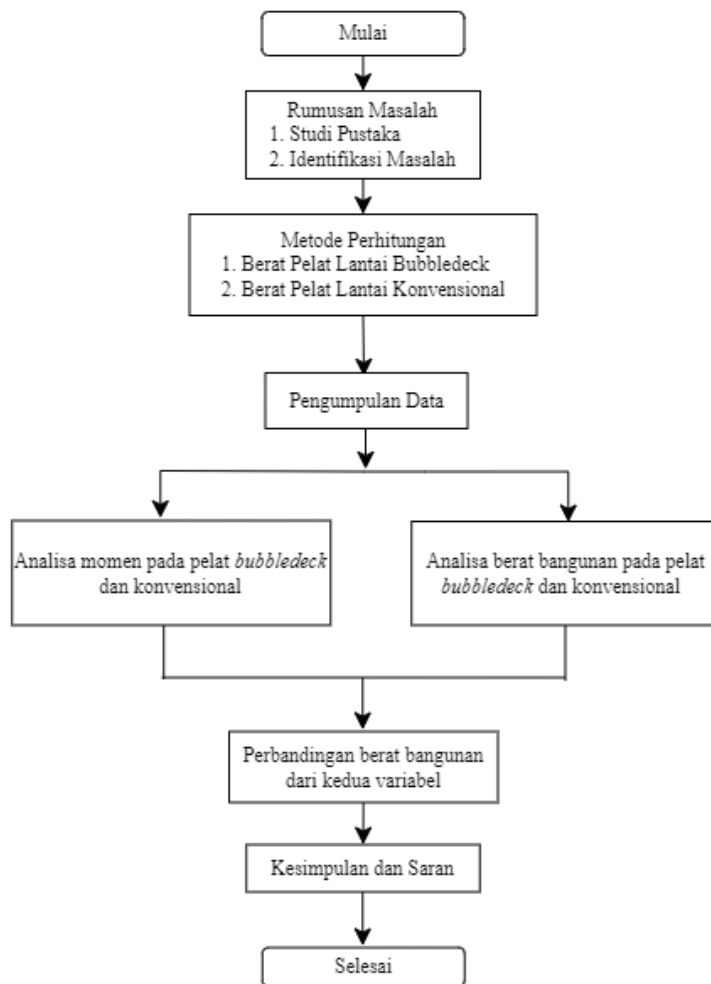
Di pergantian abad ke-20 dan ke-21, penemuan pelat inti berongga jenis baru menandai terobosan besar. Segera setelahnya, berbagai studi dilakukan selama satu dekade untuk mengevaluasi kelayakan teknologi ini. Penelitian eksperimental dilakukan pada sistem pelat *bubbledeck* dengan bola elips. Perilaku pelat *bubbledeck* dipengaruhi oleh perbandingan diameter gelembung terhadap ketebalan pelat. Diameter gelembung bervariasi antara 180 mm dan 450 mm, dan kedalaman pelat bervariasi antara 230 mm dan 600 mm. Penggunaan bola elips berongga, akan meningkatkan kapasitas dukung beban dek gelembung akan mengurangi waktu konstruksi dengan mengurangi penggunaan material dan biaya keseluruhan dapat dikurangi. Bola elips berongga dapat mengurangi bobot mati hingga 50%, sehingga memungkinkan terciptanya ukuran pondasi yang lebih kecil (Shetkar and Hanche, 2015). Semua eksperimen dan penelitian yang dilakukan tentang ini umumnya dilakukan oleh perusahaan manufaktur, didasarkan pada peraturan dan kode lokal maupun internasional (Churakov, 2014).

Pelat merupakan salah satu elemen struktur yang sangat penting dalam meningkatkan fungsi dan kegunaan bangunan. Dalam penerapannya, pelat dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu sistem pelat satu arah dan sistem pelat dua arah. Perbedaan utama antara keduanya adalah pada cara distribusi beban yang diteruskan ke balok. Pada beberapa model bangunan, terdapat desain yang hanya cocok untuk sistem pelat dua arah, begitu pula sebaliknya (Putra et al., 2020).

Pada penelitian ini studi kasus dilakukan terhadap bangunan sekolah 4 lantai dengan luas bangunan panjang = 10 meter, lebar = 34 meter, tinggi bangunan dari elevasi 0 yaitu 14 meter. Mutu beton $f_c' 25$ MPa, dengan penulangan yang sama pada pelat konvensional dan pelat *bubbledeck* yaitu menggunakan penulangan atas dan bawah didapatkan menggunakan metode desain langsung (*direct design method*) untuk pelat dua arah. Sedangkan untuk pelat satu arah menggunakan metode koefisien momen pelat, dengan tebal pelat 0,23 m. Bangunan yang ditinjau dari segi perbandingan perbedaan penggunaan material yaitu pelat konvensional dan pelat *bubbledeck* yang mendapatkan penurunan berat pelat yang signifikan.

2. METODE PENELITIAN

Proses awal penelitian ini dimulai dengan menentukan masalah yang akan dibahas. Rumusan masalah diperoleh dari hasil beberapa penelitian sebelumnya yang dilakukan di internet. Setelah masalah yang akan diteliti dipilih, penelitian kepustakaan dilakukan untuk mencari dasar teori yang dapat mendukung masalah tersebut. Metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

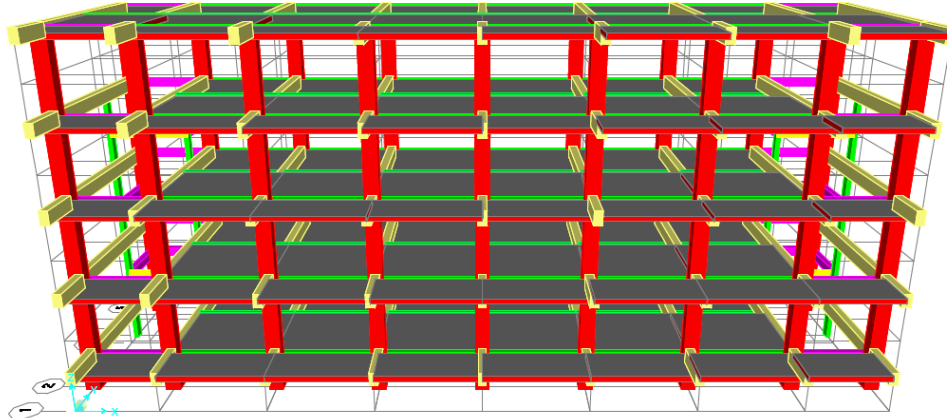


Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Alur metode dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Desain Awal
 - a. Mendesain ulang bangunan dengan studi kasus gedung sekolah 4 lantai yang disesuaikan dengan penelitian ini seperti pelat lantai dan pelat atap (Gambar 2).
 - b. Menyesuaikan modifikasi pelat dengan tebal pelat 230 mm untuk pelat konvensional dan pelat *bubbledeck*
 - c. Menganalisis momen pelat konvensional dan *bubbledeck*.
 - d. Menggunakan metode yang sama untuk pelat konvensional dan *bubbledeck*. Dengan metode desain langsung (*direct design method*) untuk pelat dua arah, sedangkan untuk pelat satu arah menggunakan metode koefisien momen plat.

2. Studi Literatur
 - a. Pengolahan data didapatkan dengan mengumpulkan, mengidentifikasi tatacara perencanaan pelat lantai berdasarkan SNI dan literatur ilmiah lainnya.
 - b. Pengambilan standar penggunaan *bubbledeck* didapatkan dari perusahaan *bubbledeck* serta penelitian - penelitian sebelumnya.



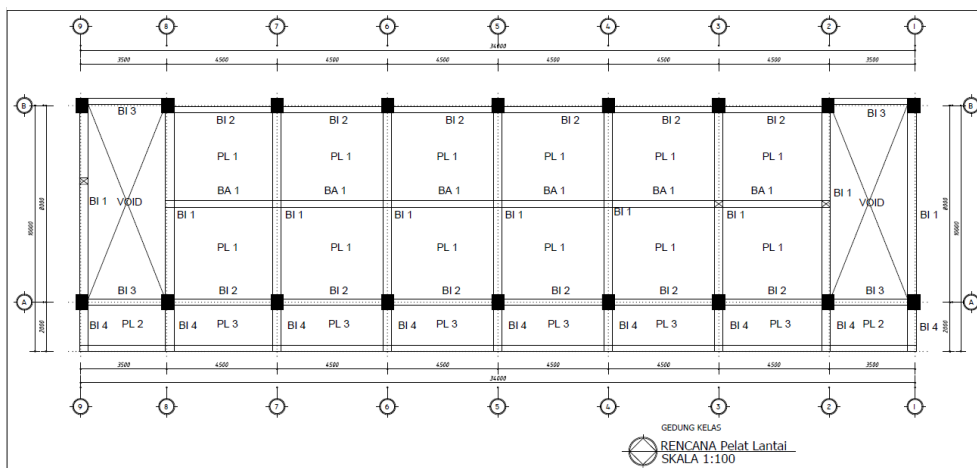
Gambar 2. Permodelan Gedung Sekolah

3. HASIL DAN DISKUSI

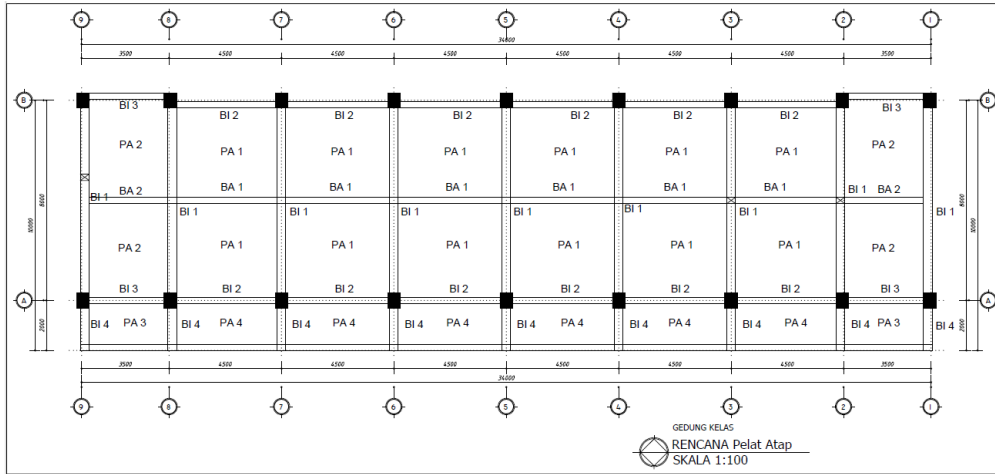
Hasil dari *primary desain* dengan spesifikasi bangunan adalah gedung sekolah yang memiliki 4 lantai dan atap, di mana dalam komponen strukturnya terdapat 3 tipe pelat dengan 20 jumlah bidang untuk lantai 1 sampai lantai 4. Sedangkan untuk pelat atap terdapat 4 tipe dengan 24 bidang untuk lantai atap pada lantai 5, dapat dilihat pada Tabel 1. Denah pelat lantai dan atap dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

Tabel 1. Detail Pelat Konvensional dan *Bubbledeck*

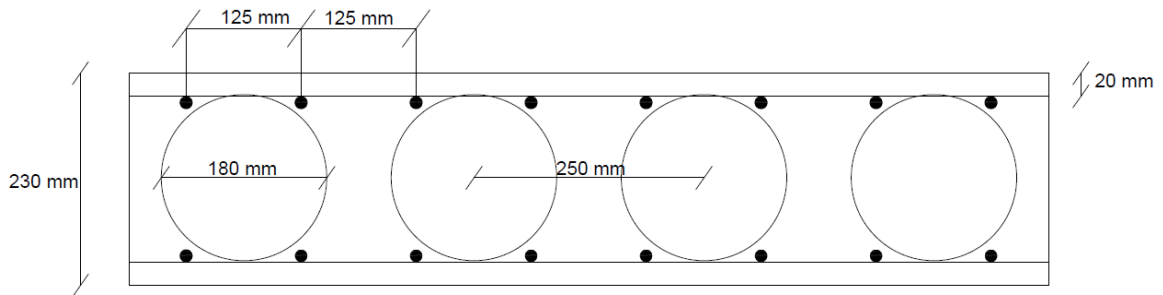
| Pelat Lantai | | | | | | |
|---------------------------|--------|--------|-------|-----------|-----------|--------|
| Kode Pelat | Ly (m) | Lx (m) | Ly/Lx | Tipe Plat | Tebal (m) | Jumlah |
| PL1 | 4.5 | 4 | 1.13 | Dua Arah | 0.23 | 12 |
| PL2 | 3.5 | 2 | 1.75 | Dua Arah | 0.23 | 2 |
| PL3 | 4.5 | 2 | 2.25 | Satu Arah | 0.23 | 6 |
| Total Bidang Pelat (Buah) | | | | | | 20 |
| Pelat Atap | | | | | | |
| PA1 | 4.5 | 4 | 1.13 | Dua Arah | 0.23 | 12 |
| PA2 | 4 | 3.5 | 1.14 | Dua Arah | 0.23 | 4 |
| PA3 | 3.5 | 2 | 1.75 | Dua Arah | 0.23 | 2 |
| PA4 | 4.5 | 2 | 2.25 | Satu Arah | 0.23 | 6 |
| Total Bidang Pelat (Buah) | | | | | | 24 |



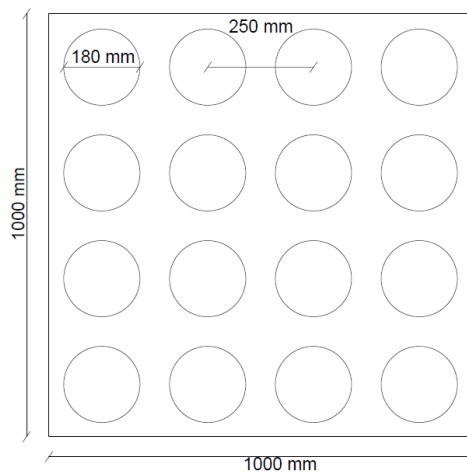
Gambar 3. Denah Pelat Lantai



Gambar 4. Denah Pelat Atap



Gambar 5. Detail Potongan Melintang Pelat Bubbledeck



Gambar 6. Detail Potongan Penampang Pelat Bubbledeck

Tabel 2. Spesifikasi Pelat

| No | Kodefikasi | Tebal Pelat | Diameter Bola | Selimut Pelat | BJ.Beton |
|----|---------------------------|-------------|---------------|---------------|----------|
| | | (mm) | (mm) | (mm) | (Kg/m3) |
| 1 | Pelat Bubbledeck (BD 230) | 230 | 180 | 20 | 1608.70 |
| 2 | Pelat Konvensional | 230 | - | 20 | 2400 |

3.1 Analisis pelat konvensional dan bubbledeck

Dalam analisis pelat terdapat data - data pembebanan, momen, dan penulangan pelat yang disajikan dalam Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3 diperoleh beban mati tambahan seperti material pasir, spesi, keramik, plafon, penggantung plafon (kecuali beban beton bertulang) sebesar 1.918 kN/m^2 pada pelat lantai sedangkan untuk pelat atap 1.506 kN/m^2 . Beban hidup didapatkan dari (Badan Standardisasi Indonesia, 2020) sebagai fungsi bangunan sekolah ruang kelas beban hidup sebesar 3.83 kN/m^2 dan 0.96 kN/m^2 dengan fungsi atap datar. Pembebanan di atas merupakan pembebanan dari pelat konvensional dan pelat bubbledeck.

Tabel 3. Pembebanan Pelat

| Pembebanan Pelat Lantai | |
|---------------------------------|-------|
| Pembebanan | Nilai |
| Beban Mati (kN/m^2) | 1.918 |
| Beban Hidup (kN/m^2) | 3.83 |
| Pembebanan Pelat Atap | |
| Pembebanan | Nilai |
| Beban Mati (kN/m^2) | 1.506 |
| Beban Hidup (kN/m^2) | 0.96 |

Pada Tabel 4 diperoleh perbedaan momen yang menunjukkan bahwa momen pada pelat bubbledeck lebih kecil dibanding dengan momen pada pelat konvensional. Momen tumpuan $\mu (-)$ dan $\mu (+)$ lapangan dengan menggunakan metode yang sama untuk pelat konvensional dan bubbledeck, hanya dibedakan berdasarkan tipe pelat. Metode desain langsung (direct design method) untuk pelat dua arah, sedangkan untuk pelat satu arah menggunakan metode koefisien momen plat yang mengacu pada (Badan Standardisasi Nasional, 2019).

Tabel 4. Momen Tumpuan dan Lapangan

| Kodefikasi | | Pelat Konvensional | | Pelat Bubbledeck | |
|------------|----|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | $\mu (-)$ kN/m | $\mu (+)$ kN/m | $\mu (-)$ kN/m | $\mu (+)$ kN/m |
| PL1 | Ly | 53.442 | 28.776 | 45.772 | 24.646 |
| | Lx | 73.632 | 39.648 | 63.064 | 33.958 |
| PL2 | Ly | 27.485 | 15.863 | 23.541 | 13.586 |
| | Lx | 27.485 | 14.800 | 23.541 | 12.676 |
| PL3 | Ly | 18.854 | 14.800 | 16.148 | 12.676 |
| | Lx | 11.690 | 6.295 | 10.013 | 5.391 |
| PA1 | Ly | 43.149 | 23.234 | 33.755 | 18.176 |
| | Lx | 39.636 | 21.343 | 31.007 | 16.696 |
| PA2 | Ly | 20.709 | 11.713 | 16.200 | 9.163 |
| | Lx | 20.709 | 11.151 | 16.200 | 8.723 |
| PA3 | Ly | 12.430 | 11.151 | 9.724 | 8.723 |
| | Lx | 7.707 | 4.150 | 6.029 | 3.246 |
| PA4 | Ly | 4.374 | 2.812 | 3.422 | 2.200 |
| | Lx | | | | |

Perbedaan momen pada pelat konvensional dipengaruhi oleh beban ultimate dengan kombinasi $Q_u = 1.2q_d + 1.6q_l$ yang di mana beban mati lantai (q_d) 7.333 kN/m^2 , beban mati atap (q_d) 6.921 kN/m^2 , beban hidup lantai (q_l) 3.83 kN/m^2 dan untuk beban hidup atap (q_l) 0.96 kN/m^2 . Kemudian untuk pelat bubbledeck dipengaruhi oleh beban ultimate dengan kombinasi $Q_u = 1.2q_d + 1.6q_l$ di mana beban mati lantai (q_d) 5.548 kN/m^2 , beban mati atap (q_d) 5.136 kN/m^2 , beban hidup lantai (q_l) 3.83 kN/m^2 dan untuk beban hidup atap (q_l) 0.96 kN/m^2 . Hasil kombinasi di atas berbeda karena dipengaruhi berat jenis beton yang mengacu pada Tabel 2.

Keterangan:

$\mu (-)$ = Momen Tumpuan (kN/m)

$\mu (+)$ = Momen Lapangan (kN/m)

- Ly = Bentang Panjang Pelat (m)
- Lx = Bentang Pendek pelat (m)
- Qu = Momen Ultimate (kN/m^2)
- Qd = Beban Mati (kN/m^2)
- Ql = Beban Hidup (kN/m^2)

Tabel 5. Penulangan Pelat

| Penulangan Pelat Lantai Konvensional dan <i>Bubbledeck</i> | | | | |
|--|---------|---------|----------------------|--------------------|
| Kode Pelat | Ly (mm) | Lx (mm) | Mutu Beton f'c (Mpa) | Mutu Baja fy (Mpa) |
| PL1 | D13-125 | D13-125 | 25 | 420 |
| PL2 | D13-125 | D13-125 | | |
| PL3 | D13-125 | D13-125 | | |
| Penulangan Pelat Atap Konvensional dan <i>Bubbledeck</i> | | | | |
| PA1 | D13-125 | D13-125 | 25 | 420 |
| PA2 | D13-125 | D13-125 | | |
| PA3 | D13-125 | D13-125 | | |
| PA4 | D13-125 | D13-125 | | |

Pada Tabel 5 penulangan pelat konvensional dan *bubbledeck* menggunakan penulangan atas dan bawah, hasil penulangan pada tabel di atas sudah memenuhi S pakai < 3h atau S pakai < 450 mm. Penggunaan metode dalam perhitungan momen mengacu pada (Norm, 2008). Walaupun tidak secara khusus menyebutkan peraturan untuk teknologi *bubbledeck*. Namun, desain *bubbledeck* mengikuti prinsip umum konstruksi beton bertulang, termasuk ketentuan kekuatan lentur. Untuk kekuatan lentur, perhitungan dilakukan dengan metode konvensional untuk sistem *bubbledeck*. Serta sudah dijelaskan pada penjelasan Tabel 4, sehingga peraturan tersebut merujuk pada pasal 7.7.2.3, (Badan Standardisasi Nasional, 2019)).

3.2 Analisis perbandingan volume pelat konvensional dan *bubbledeck*

Tabel 6 berikut merupakan penyajian volume pelat lantai konvensional dan pelat *bubbledeck* yang diperoleh yang digunakan selanjutnya untuk menghitung berat pelat. Berdasarkan Tabel 6 dengan perhitungan volume pelat konvensional menggunakan rumus volume = Ly × Lx × H. Namun untuk pelat *bubbledeck* volumenya tersisi dengan komponen bola rongga udara dengan diameter 180 mm yang ada di dalamnya. Sehingga tetap menghitung volume total dari pelat karena untuk mendapatkan berat komponen pelat yang dipengaruhi, pengisi volume pada masa jenis dari betonnya.

Tabel 6. Volume Pelat

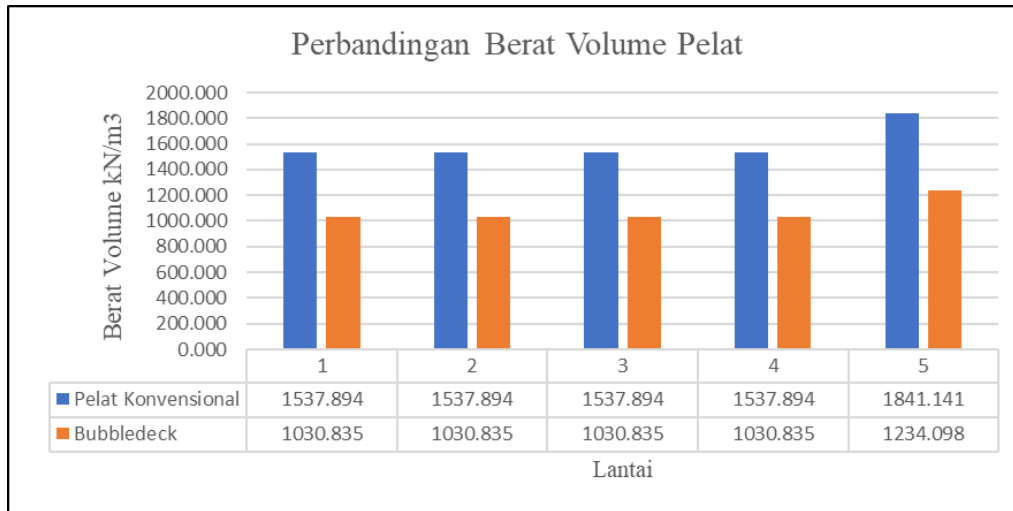
| Pelat Konvensional | | | | | |
|-------------------------|------------|--------|--------|-----------|-----------------------|
| No | Kodefikasi | Volume | | | Total Volume m^3 |
| | | Ly (m) | Lx (m) | Tebal (m) | |
| 1 | PL1 | 4.5 | 4 | 0.23 | 4.140 |
| 2 | PL2 | 3.5 | 2 | 0.23 | 1.610 |
| 3 | PL3 | 4.5 | 2 | 0.23 | 2.070 |
| 4 | PA1 | 4.5 | 4 | 0.23 | 4.140 |
| 5 | PA2 | 4 | 3.5 | 0.23 | 3.220 |
| 6 | PA3 | 3.5 | 2 | 0.23 | 1.610 |
| 7 | PA4 | 4.5 | 2 | 0.23 | 2.070 |
| Pelat <i>Bubbledeck</i> | | | | | |
| No | Kodefikasi | Volume | | | Total Volume m^3 |
| | | Ly (m) | Lx (m) | Tebal (m) | |
| 1 | PL1 | 4.5 | 4 | 0.23 | 4.140 |
| 2 | PL2 | 3.5 | 2 | 0.23 | 1.610 |
| 3 | PL3 | 4.5 | 2 | 0.23 | 2.070 |
| 4 | PA1 | 4.5 | 4 | 0.23 | 4.140 |
| 5 | PA2 | 4 | 3.5 | 0.23 | 3.220 |
| 6 | PA3 | 3.5 | 2 | 0.23 | 1.610 |
| 7 | PA4 | 4.5 | 2 | 0.23 | 2.070 |

Tabel 7. Berat Pelat Konvensional dan pelat *Bubbledeck*

| Rekapitulasi Berat Pelat Konvensional | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------------|
| Lantai | Kodefikasi | Volume m^3 | Jumlah Pelat Buah | BJ.Beton kN/m^3 | Berat Volume kN/m^3 |
| 1 | PL1 | 4.14 | 12 | 23.544 | 1169.666 |
| | PL2 | 1.61 | 2 | 23.544 | 75.812 |
| | PL3 | 2.07 | 6 | 23.544 | 292.416 |
| | Berat Pelat Lantai 1 | | | | 1537.894 |
| 2 | PL1 | 4.14 | 12 | 23.544 | 1169.666 |
| | PL2 | 1.61 | 2 | 23.544 | 75.812 |
| | PL3 | 2.07 | 6 | 23.544 | 292.416 |
| | Berat Pelat Lantai 2 | | | | 1537.894 |
| 3 | PL1 | 4.14 | 12 | 23.544 | 1169.666 |
| | PL2 | 1.61 | 2 | 23.544 | 75.812 |
| | PL3 | 2.07 | 6 | 23.544 | 292.416 |
| | Berat Pelat Lantai 3 | | | | 1537.894 |
| 4 | PL1 | 4.14 | 12 | 23.544 | 1169.666 |
| | PL2 | 1.61 | 2 | 23.544 | 75.812 |
| | PL3 | 2.07 | 6 | 23.544 | 292.416 |
| | Berat Pelat Lantai 4 | | | | 1537.894 |
| 5 | PA1 | 4.14 | 12 | 23.544 | 1169.666 |
| | PA2 | 3.22 | 4 | 23.544 | 303.247 |
| | PA3 | 1.61 | 2 | 23.544 | 75.812 |
| | PA4 | 2.07 | 6 | 23.544 | 292.416 |
| | Berat Pelat Atap | | | | 1841.141 |
| Berat Total Pelat | | | | | 7992.717 |
| Rekapitulasi Berat Pelat Bubbledeck | | | | | |
| Lantai | Kodefikasi | Volume m^3 | Jumlah Pelat Buah | BJ.Beton kN/m^3 | Berat Volume kN/m^3 |
| 1 | PL1 | 4.14 | 12 | 15.781 | 784.015 |
| | PL2 | 1.61 | 2 | 15.781 | 50.816 |
| | PL3 | 2.07 | 6 | 15.781 | 196.004 |
| | Berat Pelat Lantai 1 | | | | 1030.835 |
| 2 | PL1 | 4.14 | 12 | 15.781 | 784.015 |
| | PL2 | 1.61 | 2 | 15.781 | 50.816 |
| | PL3 | 2.07 | 6 | 15.781 | 196.004 |
| | Berat Pelat Lantai 2 | | | | 1030.835 |
| 3 | PL1 | 4.14 | 12 | 15.781 | 784.015 |
| | PL2 | 1.61 | 2 | 15.781 | 50.816 |
| | PL3 | 2.07 | 6 | 15.781 | 196.004 |
| | Berat Pelat Lantai 3 | | | | 1030.835 |
| 4 | PL1 | 4.14 | 12 | 15.781 | 784.015 |
| | PL2 | 1.61 | 2 | 15.781 | 50.816 |
| | PL3 | 2.07 | 6 | 15.781 | 196.004 |
| | Berat Pelat Lantai 4 | | | | 1030.835 |
| 5 | PA1 | 4.14 | 12 | 15.781 | 784.015 |
| | PA2 | 3.22 | 4 | 15.781 | 203.263 |
| | PA3 | 1.61 | 2 | 15.781 | 50.816 |
| | PA4 | 2.07 | 6 | 15.781 | 196.004 |
| | Berat Pelat Atap | | | | 1234.098 |
| Berat Total Pelat | | | | | 5357.437 |

Tabel 7 merupakan hasil berat total pelat dengan masa jenis beton bertulang pelat konvensional 2400 kg/m^3 , dengan dikonversi menjadi $2400 \times (9.81/1000)$ maka didapatkan 23.544 kN/m^3 (Suryono, 1983). Massa jenis beton bertulang dengan rongga udara sebesar 1608.70 kg/m^3 , dengan dikonversi menjadi $1608.70 \times (9.81/1000)$ maka didapatkan 15.781 kN/m^3 . Berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh bahwa pelat konvensional lebih berat

sebesar 7992.717 kN/m^3 dibandingkan dengan pelat *bubbledeck* sebesar 5357.437 kN/m^3 . Berdasarkan diagram analisis perbandingan berat volume pelat Gambar 7 menunjukkan bahwa tipe pelat konvensional lebih berat dibandingkan dengan pelat *bubbledeck* dengan kombinasi beban yang memiliki selisih berat 7992.717 kN/m^3 (berat volume pelat konvensional) - 5357.437 kN/m^3 (berat volume pelat *bubbledeck*) mendapatkan nilai 2635.280 kN/m^3 .



Gambar 7. Diagram Perbandingan Berat Volume Pelat

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian di atas tentang perbandingan berat volume pelat konvensional dan *bubbledeck* dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil penelitian penggunaan pelat dengan bola berongga udara (*bubbledeck*) menghasilkan berat volume 5357.437 kN/m^3 . Sedangkan berat volume untuk pelat konvensional sebesar 7992.717 kN/m^3 . Hal ini karena sebagian ruang dalam pelat terisi dengan bola rongga udara sehingga mengalami penurunan berat pada pelat *bubbledeck*.
2. Nilai momen pada pelat *bubbledeck* lebih kecil dibandingkan dengan pelat konvensional karena dipengaruhi oleh beban ultimate Q_u dengan kombinasi beban ($Q_u = 1.2q_d + 1.6q_l$).
3. Penggunaan pelat *bubbledeck* bisa mengurangi penggunaan semen karena penyusun volume pelat terisi dengan bola berongga udara.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Indonesia, 2020. SNI 1727:2020 Beban desain minimum dan Kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain. Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional, 2019. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Sni 2847-2019 720.

Churakov, A., 2014. Biaxial hollow slab with innovative types of voids. *Construction of Unique Buildings and Structures* 6, 70–88.

Fatma, N., Chandrakar, V., 2018. To study Comparison between Conventional Slab and Bubble Deck Slab. *IARJSET International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology* 5, 70–76. <https://doi.org/10.17148/iarjset.2018.5111>

Jigme, W., Adenan, Q., 2017. Cost Comparison Between Conventional Concrete Slab and Bubble Deck Slab. *Infrastructure University Kuala Lumpur, Kuala Lumpur*.

Norm, D., 2008. DIN 1045.

Putra, R.I.R.S., Suhendi, C., Lestari, A.M., 2020. Perencanaan Gedung Sekolah Menengah Atas dengan Sistem Pelat Satu Arah dan Dua Arah. *J-TESLINK* 1, 15–22. <https://doi.org/10.52005/teslink.v1i2.12>

Shetkar, A., Hanche, N., 2015. An Experimental Study on Bubbledeck Slab System with Elliptical Balls. *Proceeding of NCRIET-2015 & Indian J.Sci.Res.* 12, 21–027.

Suryono, N., 1983. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung. *Diektorat penyelidikan masalah bangunan, Bandung*.