

Contents list available at [journal.uib.ac.id](https://journal.uib.ac.id)**Journal of Civil Engineering and Planning**Journal homepage: <https://journal.uib.ac.id/index.php/jce>

Jurnal Penelitian

## ***Comparison of Reinforcement Planning for Basement Wall Shelter Based on SS EN 1990: 2008 (2015) with Technical Requirements for Household Shelter 2023***

### **Perbandingan Perencanaan Perkuatan *Basement Wall Shelter* Berdasarkan SS EN 1990:2008 (2015) dengan *Technical Requirements for Household Shelter 2023***

Fenia Hayatun Nikmah<sup>1</sup>, Usmanul Hayadi Umar<sup>2</sup><sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Universitas Internasional BatamEmail korespondensi: [2011018.fenia@uib.edu](mailto:2011018.fenia@uib.edu)**INFO ARTIKEL****Kata kunci:**

*Household Shelter*  
Bencana  
Perencanaan  
Tulangan

**ABSTRAK**

Singapura adalah salah satu contoh yang menerapkan konsep *household shelter* yaitu bangunan yang digunakan sebagai tempat evakuasi. Salah satu bangunan yang menerapkan konsep *household shelter* yaitu pada rumah tinggal tipe *detached* dengan *basement* yang terletak di 102 Jalan Langgar Bedok, Bedok Planning Area, Singapura pada blok perumahan HDB. Buku panduan teknis yang digunakan sebagai pedoman dalam bangunan *household shelter* ini yaitu "*Technical Requirements for Household Shelter 2023*". Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan perencanaan tulangan *household shelter* berdasarkan SS EN 1990: 2008 (2015) dengan *Technical Requirements for Household Shelter 2023*. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan menggunakan data sekunder yaitu dimensi dari bangunan *household shelter* serta hasil survei pada lokasi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perencanaan tulangan menggunakan SS EN 1990: 2008 (2015) diameter tulangan yang digunakan lebih besar yaitu H16-100 dibandingkan dengan buku panduan *Technical Requirements for Household Shelter 2023* yaitu H10-100. Hal ini dikarenakan *wall household shelter* juga digunakan sebagai *basement wall*.

**ARTICLE INFO****Keywords:**

*Household Shelters*  
*Disaster*  
*Planning*  
*Reinforcement*

**ABSTRACT**

*Singapore is an example that applies the concept of household housing, namely buildings that are used as evacuation places. One of the buildings that applies the household residential concept is a detached type of residential house with a basement located at 102 Jalan Langgar Bedok, Bedok Planning Area, Singapore in an HDB housing block. The technical guidebook used as a guideline for building household shelters is "2023 Household Shelter Technical Requirements". The aim of this research is to compare household reinforcement shelter planning based on SS EN 1990: 2008 (2015)*

Contents list available at [journal.uib.ac.id](http://journal.uib.ac.id)**Journal of Civil Engineering and Planning**Journal homepage: <https://journal.uib.ac.id/index.php/jce>

*with the 2023 Household Shelter Technical Requirements. The method used in this research is a quantitative method using secondary data, namely the dimensions of the household shelter building and the results on-site survey. The results of this research show that when planning reinforcement using SS EN 1990: 2008 (2015), the diameter of the reinforcement used is larger, namely H16-100, compared to the 2023 Household Shelter Technical Requirements guidebook, namely H10-100. This is because the walls of household shelters are also used as basement walls.*

## 1. Pendahuluan

Menurut *International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies* (IFRC), bencana diartikan sebagai suatu peristiwa tiba-tiba yang menyebabkan kerugian materi, ekonomi, dan lingkungan, melebihi kemampuan komunitas atau masyarakat untuk mengatasinya dengan menggunakan sumber daya sendiri. Meskipun sering kali disebabkan oleh faktor alam, bencana juga bisa disebabkan oleh tindakan manusia. Pada tahun 2014, diperkirakan 54% dari populasi dunia tinggal di perkotaan, dan diperkirakan persentase ini mencapai 66% pada tahun 2050 (PBB 2014). Kota berkembang dengan populasi padat penduduk, rentan terhadap berbagai bencana alam, seperti gempa bumi, banjir, serangan teroris, dan bencana lainnya. Tempat berlindung sementara (*household shelter*) di perkotaan mempunyai peran penting dalam menghadapi bencana. Sebuah bangunan *household shelter* dapat menjamin keamanan publik serta mempermudah proses evakuasi dalam mengatasi bencana. Studi terkait perencanaan *household shelter* difokuskan pada evaluasi dan pemilihan lokasi *shelter* dengan meninjau berbagai faktor, seperti kondisi lalu lintas, jarak ke *household shelter*, kepadatan penduduk, jenis bencana, dan kapasitas *household shelter* [1].

Pada saat ini terdapat  $\pm 586$  *household shelter* di Singapura. Pembangunan *household shelter* pertama di Singapura dimulai dengan penguatan sembilan stasiun MRT di Jalur Utara-Selatan dan Timur-Barat. Kemudian, konsep ini diperluas dengan inklusi *household shelter* dalam blok-blok perumahan HDB baru, sekolah menengah, pusat komunitas, serta bangunan umum lainnya. Pemerintah lokal telah menetapkan bahwa *household shelter* wajib dibangun pada HDB (*Housing and Development Board*) yang baru. Langkah ini memastikan akses cepat bagi warga ke bangunan *household shelter* dalam kasus perang atau dalam keadaan darurat. Menurut Undang-Undang Tempat Perlindungan Sipil tahun 1997, rumah dan *flat* baru wajib memiliki *household shelter* dalam proses pembangunan tempat tinggal. Permohonan izin perencanaan untuk rumah susun atau rumah baru ke *Urban Redevelopment Authority* (URA) harus mencakup detail *household shelter*. Jika tidak mematuhi peraturan yang berlaku dapat dipidanakan, yaitu dikenakan sanksi berupa denda \$10.000 serta kurungan maksimal 6 bulan. Dalam kasus pelanggaran berulang, denda tambahan dapat dikenakan tidak melebihi \$500 untuk setiap hari atau bagian dari hari setelah pelanggaran tersebut dinyatakan sebagai kesalahan [2]. *Household shelter* juga harus dilengkapi dengan utilitas seperti soket daya, titik telepon, dan *outlets* sinyal TV/radio untuk tetap terhubung dengan dunia luar. Pemilihan lokasi harus optimal, kriteria ruang terbuka, dan masalah desain serta implementasi *household shelter* yang sering kali belum sepenuhnya dipahami dalam konteks konstruksi yang sebenarnya harus dikaji lebih dalam lagi.

Permasalahan dalam pembangunan *household shelter* darurat meliputi pemilihan lokasi yang harus sesuai prosedur, kurangnya pemeliharaan selama operasi, dan ketidakmampuan *household shelter* dalam menghadapi berbagai bencana [3]. *Household shelter* dinilai penting dan diwajibkan adanya di semua rumah susun dan bangunan di Singapura. Pemerintah setempat mengatasi hal ini dengan menerbitkan sebuah buku yaitu "*Technical Requirements for Household Shelter 2023*". Buku ini memberikan panduan teknis terkait persyaratan bangunan *household shelter*. Termasuk spesifikasi bentuk, ukuran, dan pedoman lainnya, buku panduan ini berlaku hingga saat ini dan akan diperbarui setiap tahunnya jika standar dan syarat yang dibutuhkan belum tercantum [4]. Struktur bangunan merupakan struktur yang rawan terhadap beban [5], beton sendiri memiliki sifat kuat terhadap tekan, namun mudah rusak atau patah terhadap beban tarik [6]. Apabila tidak terdapat ketentuan perencanaan shelter pada buku *Technical Requirements for Household Shelter* akan dilakukan perhitungan menggunakan SS EN 1990: 2008 (2015). Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini akan membandingkan perencanaan tulangan *household shelter* berdasarkan SS EN 1990: 2008 (2015) dengan buku *Technical Requirements for Household Shelter 2023* di lokasi blok perumahan HDB 102 Jalan Langgar Bedok, Bedok Planning Area, Singapura.

## 2. Tinjauan Pustaka

Tempat penampungan darurat dan ruang terbuka mempunyai peran ganda dalam menyediakan lokasi akomodasi sementara dan kegiatan penyelamatan selama situasi bencana. Penelitian telah berupaya untuk mengoptimalkan pemilihan lokasi dan desain untuk tempat penampungan darurat dan ruang terbuka, dalam hal ini, merancang tempat penampungan darurat atau ruang terbuka dengan pandangan ke depan dan dinamis adalah hal yang sangat penting, terutama ketika negara menghadapi tantangan akibat kejadian ekstrem (misalnya perang) dan jumlah penduduk yang besar. Penelitian ini menganalisis permasalahan di Tiongkok dan merangkum instruksi untuk konstruksi masa depan berdasarkan pengalaman dan keahlian negara lain. Hasil penelitian ini meliputi: (1) Menggabungkan desain dan rencana hunian darurat atau ruang terbuka ke dalam pembangunan sistem perkotaan yang berketahanan; (2) Memasukkan kesiapsiagaan rutin ke dalam pendekatan pengurangan risiko bencana; (3) Mengoptimalkan isu-isu dalam pemilihan lokasi dengan menggunakan pola spatiotemporal dalam permintaan pengungsian dengan merancang sistem *household shelter* ke dalam struktur hierarki; (4) Peralihan dari pendekatan *top-down* ke pendekatan *bottom-up*, yang mencakup partisipasi berbagai aspek pembangunan *household shelter*; dan (5) Merancang dan membangun *household shelter* darurat atau ruang terbuka untuk melawan berbagai jenis bencana [7].

Keadaan hunian hancur atau rusak akibat bencana sangat parah, dan perumahan kembali bagi para tunawisma merupakan salah satu tugas terpenting dalam program rekonstruksi. Pekerjaan rekonstruksi sering kali memakan waktu lama, dan selama jangka waktu tersebut, penting untuk menyediakan *household shelter* bagi para korban. Penelitian ini bermaksud untuk menunjukkan peran penting bangunan *household shelter* dalam menyediakan ruang di mana masyarakat dapat tinggal dan secara bertahap melanjutkan kehidupan mereka hingga mereka memiliki rumah permanen. Studi ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi masalah utama strategi *household shelter* dan mendiskusikan beberapa prinsip dan pedoman untuk mencapai solusi desain yang lebih baik. *Household shelter* merupakan proses yang harus dimulai sebelum bencana terjadi, sebagai upaya preventif pra-perencanaan. Meskipun bangunan *household shelter* ini merupakan salah satu elemen terpenting yang harus disediakan dalam keadaan darurat, sehingga berkontribusi terhadap tindakan pemulihan dan rekonstruksi yang lebih baik [8]. Pada puncak perang dingin, dari tahun 1950-an hingga awal 1960-an, pemerintah Amerika Serikat memulai serangkaian inisiatif pertahanan sipil yang berpusat pada rumah-rumah penampungan. Pemerintah meminta warga untuk memberikan keamanan bagi diri mereka

sendiri, dan pemilik rumah berada dalam *household shelter* selama tempat tinggal mereka dalam perbaikan serta mampu memberi rasa keamanan untuk keluarga. Kegiatan *do-it-yourself* menyatakan laki-laki dan perempuan dengan tugas secara tradisional sesuai *gender*; *household shelter* memiliki tujuan serta kendali pada masa yang tidak menentu. Secara harfiah membangunnya menjadi bentuk yang nyata, meskipun ada inisiatif dari pemerintah dan swasta hanya sedikit orang Amerika yang benar-benar membangun *household shelter*. Namun demikian, kegiatan *do-it-yourself* memberikan gagasan tentang keamanan, sekaligus mengungkapkan ketidakamanan yang lebih besar dalam kehidupan sehari-hari akibat perang dingin pada masa itu [9].

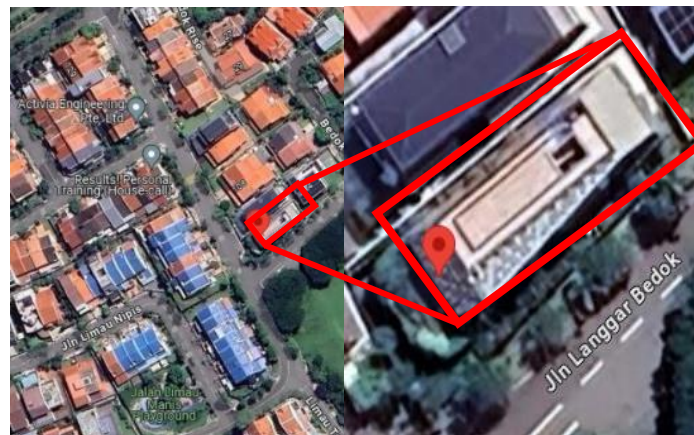
Dalam beberapa tahun terakhir, bahaya alam yang ekstrim semakin mengancam perkotaan karena tingginya kerentanan masyarakat saat ini terhadap perkotaan. Oleh karena itu, pemerintah daerah perlu menerapkan mitigasi risiko dan manajemen operasi bencana untuk meningkatkan ketahanan bencana di perkotaan. Mengubah ruang terbuka yang ada di dalam kota menjadi tempat penampungan darurat merupakan metode yang efektif untuk memberikan dukungan kehidupan yang penting dan pemulihan setelah terjadinya bencana. Perencanaan *household shelter* darurat harus mengidentifikasi lokasi yang cocok untuk *household shelter* dan mengalokasikan pengungsi ke *household shelter* tersebut. Dalam studi ini mempertimbangkan kondisi bangunan pasca bencana dan memperkirakan permintaan tempat penampungan yang bervariasi dari waktu ke waktu. Kemudian merumuskan desain lokasi terpadu yang digunakan secara berurutan, desain *household shelter* berbeda untuk wilayah perkotaan tertentu dengan tujuan meminimalkan total biaya pembangunan *household shelter* dan cara mengalokasikan pengungsi ke tempat penampungan dengan tujuan meminimalkan jarak evakuasi. Serta mengembangkan algoritma yang efisien untuk menyelesaikan desain. Lalu mengusulkan perencanaan *household shelter* darurat berdasarkan studi kasus di Shanghai, Tiongkok [10].

Untuk melihat tingkat pemahaman SDM terkait fasilitas terkait *household shelter* [11], pengetahuan tentang perlindungan dan perumahan pasca-bencana telah meningkat selama beberapa dekade terakhir, masih ada kesenjangan antara apa yang dibutuhkan oleh praktisi kemanusiaan dengan apa yang ditemukan oleh komunitas riset. Untuk mengidentifikasi bidang penelitian yang penting bagi praktisi, pertama-tama mengidentifikasi pada topik penelitian yang dinilai paling penting. Ada 96 kebutuhan penelitian yang diidentifikasi dan dinilai berdasarkan kepentingannya dalam enam area utama: (1) Membandingkan dan mengevaluasi sebuah *household shelter*; (2) Program perlindungan dan perumahan; (3) Desain dan konstruksi *household shelter*; (4) Memahami dampak dan hasil dari bangunan *household shelter*; (5) Pengurangan risiko bencana dan keterkaitan dengan kemanusiaan; serta (6) Konteks dan topik yang menantang. Prioritas penelitian utama meliputi perlunya pemahaman yang lebih baik tentang cara mendukung pemulihan dengan bangunan *household shelter*; efek jangka panjang dari *household shelter*; dan peralihan dari respons awal ke fase pemulihan. Hasil dari proses ini memberikan agenda penelitian yang penting bagi organisasi kemanusiaan dan lembaga akademis. Hal ini sejalan dengan strategi *Global Shelter Cluster's* untuk mengalokasikan sumber daya dalam respon yang berbasis pada bukti yang terkumpul [12].

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di blok perumahan HDB 102 Jalan Langgar Bedok, Bedok Planning Area, Singapura. Dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi Penelitian  
Sumber: Google Maps, 2023

### 3.2 Ketersediaan Data

Pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan ketersediaan data sekunder sebagai berikut:

- |   |  |
|---|--|
| a. Sudut Geser ( $\emptyset$ )  | = $30^\circ$   |
| b. Gamma Tanah ( $\gamma_{dry}$ )   | = $8 \text{ kN/m}^3$   |
| c. Gamma Air ( $\gamma_w$ )   | = $10 \text{ kN/m}^3$  |
| d. Beban Vertikal Pada Permukaan Tanah ( $q$ )  | = $15 \text{ kPa}$   |
| e. Koefisien Tekanan Tanah Lateral Aktif ( $K_a$ )  | = $\tan^2 (45 - \emptyset/2) = 0.33$   |
| f. Tinggi Dinding <i>household shelter/basement wall</i> ( $h$ )                            | = $3150 \text{ mm}$  |
| g. Tebal Dinding <i>household shelter/basement wall</i>                                     | = $250 \text{ mm}$   |
| h. Tekanan Air ( $G_{k1,1}$ )   | = $\gamma_w \times h = 10 \times 3.15 = 31.50 \text{ kN/m}^2$                |
| i. Tekanan Tanah ( $G_{k1,2}$ )   | = $\gamma_{soil} \times h = 8 \times 3.15 \times 0.33 = 8.32 \text{ kN/m}^2$ |
| j. Beban Vertikal ( $Q_{k1}$ )  | = $q \times K_a = 15 \times 0.33 = 4.95 \text{ kN/m}^2$                      |
| k. Nilai faktor ( $\psi_0$ ) untuk bangunan domestik, area tempat tinggal, area perkantoran | = $0.7$  |

Faktor parsial ULS yang sesuai  $\gamma$  untuk nilai desain (STR/GEO)

(Set B) dalam Singapore National Annex NA to SS EN 1990 Tabel NA. A1.2/(B) sebagai berikut:

- |  |          |
|--|----------|
| $G_{k1}$ - Gaya Permanen Primer (Beban Mati (Tekanan Tanah/Air)) | = $1.35$ |
| $Q_{k1}$ - Gaya Variabel Utama (Beban Hidup/Beban Lalu Lintas)   | = $1.50$ |

Kombinasi pembebanan sebagai berikut:

$$\text{Kombinasi Beban} = 1.35G_k + 1.50Q_{k1}$$

Dengan uraian sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Momen maks, } M_{Ed} &= \{0.5 \times 31.5 \times 1.35 \times (3150 / 1000) \times (3150 / 1000)/3\} + \\ &\quad \{0.5 \times 8.32 \times 1.35 \times (3150 / 1000) \times (3150 / 1000)/3\} + \\ &\quad \{4.95 \times 1.50 \times (3150 / 1000) \times (3150 / 1000)/2\} \\ &= 125.7 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen maks, } M_{Sls} &= \{0.5 \times 31.5 \times 1.00 \times (3150 / 1000) \times (3150 / 1000)/3\} + \\ &\quad \{0.5 \times 8.32 \times 1.35 \times (3150 / 1000) \times (3150 / 1000)/3\} + \\ &\quad \{4.95 \times 1.00 \times (3150 / 1000) \times (3150 / 1000)/2\} \\ &= 90.4 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\text{Geser maks, } M_{Ed} = \{0.5 \times 31.5 \times 1.35 \times (3150 / 1000) +$$

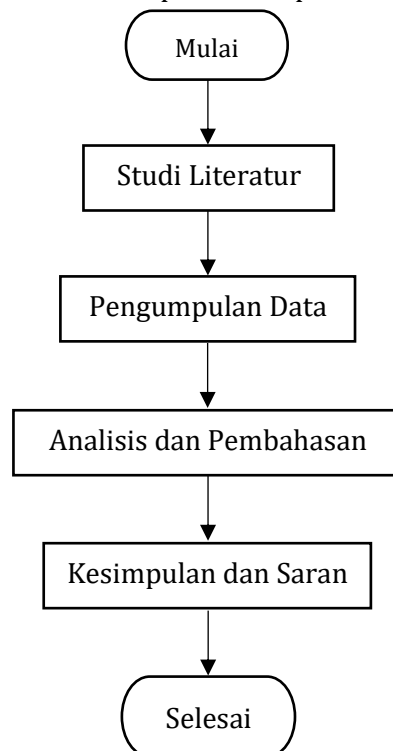
$$0.5 \times 8.32 \times 1.35 \times (3150 / 1000) / 3 + 4.95 \times 1.50 \times (3150 / 1000) \} = 108.0 \text{ kN}$$

Dengan standar data spesifikasi *wall* sebagai berikut:

- a. Kelas kekuatan beton = C28/35
- b. Karakteristik kekuatan kompresi silinder ( $f_{ck}$ ) = 28 N/mm<sup>2</sup>
- c. Karakteristik kekuatan kubus tekan ( $f_{ck, cube}$ ) = 35 N/mm<sup>2</sup>
- d. Nilai rata-rata kekuatan silinder tekan ( $f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ N/mm}^2$ ) = 36 N/mm<sup>2</sup>
- e. Nilai rata-rata kekuatan tarik aksial ( $f_{ctm} = 0.3 \text{ N/mm}^2 \times (f_{ck} / 1 \text{ N/mm}^2)^{2/3}$ ) = 2.8 N/mm<sup>2</sup>
- f. 5% fraktil kekuatan tarik aksial ( $f_{ctk,0.05} = 0.7 \text{ N/mm}^2 \times f_{ctm}$ ) = 1.9 N/mm<sup>2</sup>
- g. Modulus elastisitas potongan beton ( $E_{cm} = 22 \text{ N/mm}^2 \times (f_{cm} / 10 \text{ N/mm}^2)^{0.3}$ ) = 32308 N/mm<sup>2</sup>
- h. Faktor parsial untuk beton ( $\gamma_c$ ) = 1.5
- i. Koefisien kuat tekan ( $a_{cc}$ ) = 0.85
- j. Kuat tekan beton rencana ( $f_{cd} = a_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c$ ) = 15.87 N/mm<sup>2</sup>
- k. Koefisien puluhan kekuatan untuk beton polos ( $\gamma_{ct, pl}$ ) = 0.60 N/mm<sup>2</sup>
- l. Kuat tarik rencana untuk beton polos ( $f_{ctd, pl} = a_{ct, p} \times f_{ctk,0.05} / \gamma_c$ ) = 0.77 N/mm<sup>2</sup>
- m. Ukuran agregat maksimum ( $h_{agg}$ ) = 20mm
- n. Karakteristik kekuatan luluh tulangan ( $f_{yk}$ ) = 500 N/mm<sup>2</sup>
- o. Modulus elastisitas tulangan ( $E_s$ ) = 210000 N/mm<sup>2</sup>
- p. Baja tulangan faktor parsial ( $\gamma_s$ ) = 1.15
- q. Kekuatan luluh desain tulangan ( $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$ ) = 434.8 N/mm<sup>2</sup>
- r. Penutup beton nominal ( $c_{nom}$ ) = 40mm

### 3.3 Bagan Alir Penelitian

Langkah-langkah pada penelitian ini dapat dilihat pada bagan alir pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2 Bagan Alir Penelitian  
Sumber: Penulis, 2023

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Desain Tulangan

Desain tulangan yang akan digunakan sebagai dinding *household shelter/basement wall* dengan spesifikasi tulangan sebagai berikut:

- Tebal Dinding *household shelter/basement wall* = 250mm
- Panjang Dinding (L) = 1000mm
- Tebal dinding efektif (d) =  $h - c_{nom} - 0,5\phi = 202\text{mm}$
- Maksimal momen Tertinggi ( $M_{Ed}$ ) = 125.7 kNm  

$$K = M_{Ed} / (L \times d^2 \times f_{ck}) = 0.1100$$
  

$$K' = 0.2070 \rightarrow K' > K \rightarrow \text{Tidak diperlukan penguatan kompresi}$$
- Jarak titik pusat ke gaya tekan (z) =  $\min((d/2) \times [1 + (1 - 3.53 \times K)^{0.5}], 0.95 \times d) = 180\text{mm}$
- Kedalaman sumbu netral (x) =  $2.5 \times (d - z) = 55\text{mm}$
- Luas tulangan tarik yang diperlukan ( $A_{s, req.} = M_{Ed} / (f_{yd} \cdot z) = 1606.7 \text{ N/mm}^2$
- Luas minimal perkuatan ( $A_{s, min} = \max(0.26 \times f_{ctm} / f_{yk}, 0.0013) \times L \times d = 290.6\text{mm}^2$
- Luas perkuatan maksimum ( $A_{s, max} = 0.04 \times L \times d = 8080\text{mm}^2$

Jadi tulangan yang digunakan ( $A_{sx, prov} = H16-100 \rightarrow 0.25 \times \pi \times 16^2 \times L / 100 = 2010\text{mm}^2 > A_{s, req.} = \text{OK}$

Dimana:

K = Faktor panjang efektif

K' = Faktor dari lampiran nasional (0.2070)

$\Pi = 3.14$

### 4.2 Pengendalian Retak

Untuk menghindari keretakan pada dinding *household shelter* yang juga digunakan sebagai *basement wall*, beberapa spesifikasi yang harus diperhatikan sebagai berikut:

- Membatasi lebar retakan ( $w_{max}$ ) = 0.3mm
- Faktor beban variabel (EN1990 - Tabel A1.1) ( $y_2$ ) = 0.3
- Momen lentur kemudahan servis ( $M_{sls.x.max}$ ) = 90.4 kNm
- Tegangan tarik pada tulangan ( $s_s = M_{sls.x.max} / (A_{sx.bot. prov. Z})$ ) = 249.8 N/mm<sup>2</sup>
- Faktor durasi muat ( $k_t$ ) = 0.4
- Kedalaman tarik efektif beton ( $h_{c, ef} = \min(2.5 \times (h - d), (h - x) / 3, h / 2)$ ) = 65.0mm
- Luas efektif beton dalam keadaan tarik ( $A_{c, eff} = h_{c, ef} \times H$ ) = 64986mm<sup>2</sup>
- Nilai rata-rata kuat tarik beton ( $f_{ct, eff} = f_{ctm}$ ) = 2.8 N/mm<sup>2</sup>
- Rasio penguatan ( $p_{eff} = A_{sx.bot. prov} / A_{c, eff}$ ) = 0.031
- Rasio modular ( $a_e = E_s / E_{cm}$ ) = 6.500
- Koefisien properti obligasi ( $k_1$ ) = 0.8
- Koefisien distribusi regangan ( $k_2$ ) = 0.5  
 $(k_3) = 3.4$   
 $(k_4) = 0.425$
- Jarak retak maksimum ( $s_{r, max} = k_3 \times c_{nom} + k_1 \times k_2 \times k_4 \times f_{x.bot} / p_{eff}$ ) = 223.9mm
- Lebar retak maksimum ( $w_k = s_{r, max} \times \max([s_s - k_t \times (f_{ct, eff} / p_{eff}) \times (1 + a_e \times p_{eff})] / E_s, 0.6 \times s_s / E_s)$ )  
 $w_k = 0.2206\text{mm}$

→ LULUS, Lebar retak maksimum kurang dari lebar retak batas penampang persegi panjang yang mengalami geser

### 4.3 Pemeriksaan Gaya Geser (*Shear Check*)

Pemeriksaan gaya geser (*shear check*) diuraikan sebagai berikut:

Desain Gaya geser ultimat ( $V_{Ed}$ ) = 108.0 Kn

$$C_{Rd,c} = 0.18 / g_c = 0.120$$

$$K = \min(1 + \sqrt{(200 / d)}, 2) = 1.995$$

Rasio tulangan memanjang ( $\rho_l$ ) =  $\min(A_{s,prov.} / (L \times d), 0.02) = 0.010$

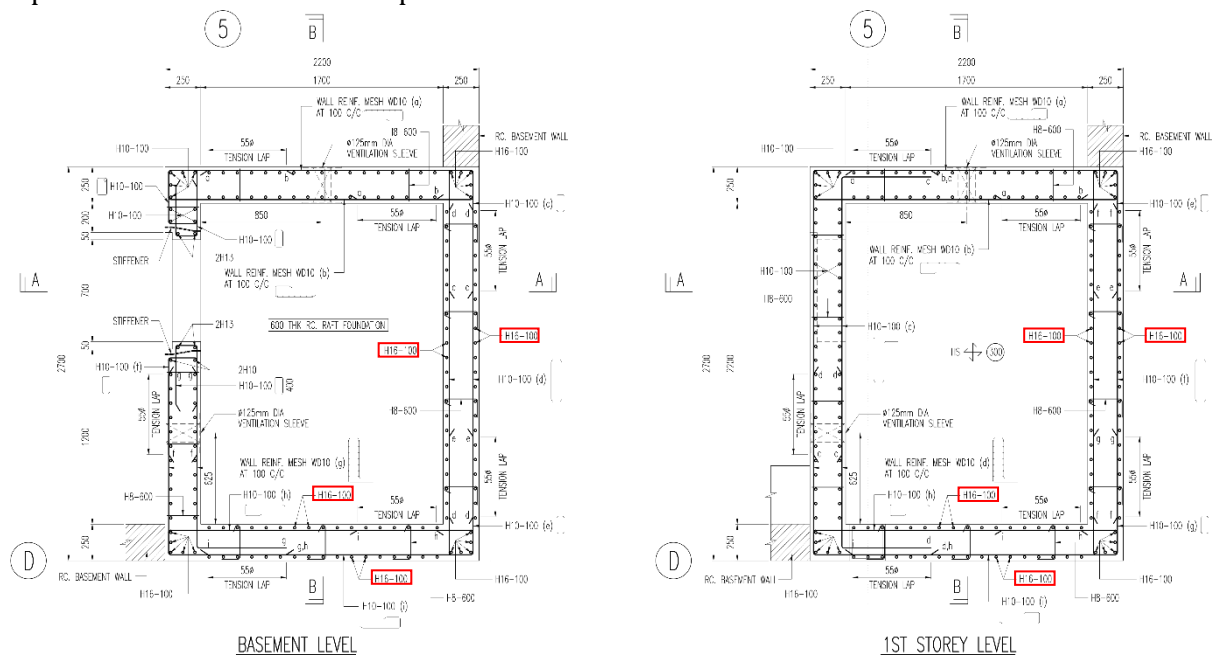
$$v_{min} = 0.035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{0.5} = 0.522 \text{ N/mm}^2$$

Ketahanan geser desain ( $V_{Rd,c}$ ) =  $\max(C_{Rd,c} \times k \times (100 \times \rho_l \times f_{ck})^{1/3}, v_{min}) \times L \times d$

$$V_{Rd,c} = 146.6 \text{ kN}$$

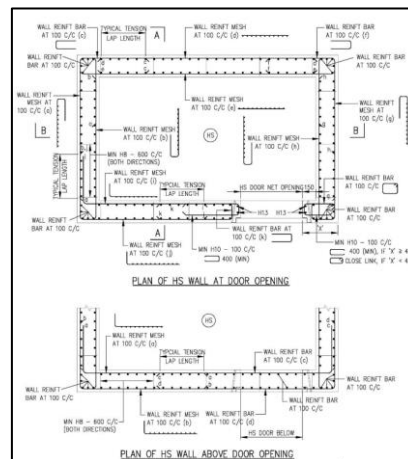
→ DITERIMA, Tahanan geser rencana melebihi gaya geser rencana, tidak diperlukan sambungan geser

Hasil dari desain penulangan penelitian menggunakan formula SS EN 1990: 2008 (2015) dapat dilihat pada tampak denah *household shelter* pada Gambar 3.



Gambar 3 Penulangan Pada Tampak Denah *Household Shelter*  
Sumber: Penulis, 2023

Perbandingan penulangan menggunakan buku pedoman *Technical Requirements for Household Shelter 2023* dapat dilihat pada tampak denah *household shelter* pada Gambar 4.



Gambar 4 Penulangan Pada Tampak Denah *Household Shelter*  
Sumber: *Technical Requirements for Household Shelter 2023* [3]



## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa diameter tulangan yang digunakan lebih besar yaitu H16-100 menggunakan SS EN 1990: 2008 (2015) dibanding menggunakan buku pedoman *Technical Requirements for Household Shelter* 2023 yaitu H10-100.

### 5.2 Saran

Dalam penelitian selanjutnya, disarankan perlu adanya perhitungan dan analisa lain jika dimensi, beban, serta penggunaan dinding berbeda dengan penelitian ini.

### Ucapan Terimakasih

Puji syukur kehadirat Tuhan yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga publikasi artikel ilmiah dengan judul "*Comparison of Reinforcement Planning for Basement Wall Shelter Based on SS EN 1990: 2008 (2015) with Technical Requirements for Household Shelter 2023*" dapat selesai tepat pada waktunya. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Ir. Usmanul Hayadi Umar, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dalam penulisan artikel ilmiah ini.

### Daftar Rujukan

- [1] X. Zhang, J. Yu, Y. Chen, J. Wen, J. Chen, and Z. Yin, "Supply-Demand Analysis of Urban Emergency Shelters Based on Spatiotemporal Population Estimation," *International Journal of Disaster Risk Science*, vol. 11, no. 4, pp. 519-537, Aug. 2020, doi: 10.1007/s13753-020-00284-9.
- [2] "THE STATUTES OF THE REPUBLIC OF SINGAPORE CIVIL DEFENCE SHELTER ACT 1997 2020 REVISED EDITION."
- [3] "Technical Requirements for Household Shelter 2023 Edition."
- [4] M. T. Ang and P. J. Hosie, "High End HRD: The Civil Defense Academy of Singapore, Research and Practice in Human Resource Management," 2006.
- [5] F. Fernando and A. J. Saputra, "Analysis of the Effect of Shear Walls on Building Structural Deviations in High-rise Buildings Monde City Tower M2 Batam City," *Journal of Civil Engineering and Planning*, vol. 3, no. 2, pp. 146-160, Dec. 2022, doi: 10.37253/jcep. v3i2.7434.
- [6] P. H. Wibowo and D. Dony, "Comparative Study of Reinforced Concrete Beams in School Buildings Using Prestressed Concrete Beams," *Journal of Civil Engineering and Planning*, vol. 3, no. 2, pp. 169-181, Dec. 2022, doi: 10.37253/jcep. v3i2.1237.
- [7] Y. Wei, L. Jin, M. Xu, S. Pan, Y. Xu, and Y. Zhang, "Instructions for planning emergency shelters and open spaces in China: Lessons from global experiences and expertise," *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 51. Elsevier Ltd, Dec. 01, 2020. doi: 10.1016/j.ijdrr.2020.101813.
- [8] D. Félix, D. Monteiro, J. M. Branco, R. Bologna, and A. Feio, "The role of temporary accommodation buildings for post-disaster housing reconstruction," *Journal of Housing and the Built Environment*, vol. 30, no. 4, pp. 683-699, Nov. 2015, doi: 10.1007/s10901-014-9431-4.
- [9] S. A. Lichtman, "Do-it-yourself security: Safety, gender, and the home fallout shelter in cold war America," *J Des Hist*, vol. 19, no. 1, pp. 39-55, 2006, doi: 10.1093/jdh/epk004.
- [10] L. Zhao *et al.*, "Planning emergency shelters for urban disaster resilience: An integrated location-allocation modeling approach," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 9, no. 11, Nov. 2017, doi: 10.3390/su9112098.
- [11] A. Hakim, B. Kuncoro, and T. Zhafira, "EVALUASI SARANA PRASARANA PENUNJANG KESIAPSIAGAAN GEDUNG A UNIVERSITAS SEMARANG TERHADAP RESIKO BENCANA KEBAKARAN," 2020.
- [12] A. Opdyke, B. Goldwyn, and A. Javernick-Will, "Defining a humanitarian shelter and settlements research agenda," *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 52, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.ijdrr.2020.101950.