

Kajian Material Konstruksi Pembangunan *Rumah Non-Engineered* Pada Daerah Rawan Gempa Di Dusun Serut, Palbapang Kabupaten Bantul, Yogyakarta

Study of the Construction Material of Non-Engineered Buildings in Earthquake Hazard Area in Serut Village, Palbapang Bantul District, Yogyakarta

Iqbal Bayu Kresna, M. Heri Zulfiar, Fanny Monika

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Kabupaten Bantul, merupakan kawasan dengan tingkat aktivitas kegempaan yang cukup tinggi di Indonesia. Bangunan dengan tingkat resiko keruntuhan tertinggi terhadap gempa bumi adalah bangunan pemukiman yang dibangun tanpa perencanaan dan syarat yang berlaku. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan sejumlah solusi tentang bagaimana kualitas material konstruksi untuk rumah *non-engineered* pada daerah rawan gempa yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia. Dalam pengujian material konstruksi dilakukan pengambilan sejumlah benda uji di lapangan yaitu berupa beton, baja tulangan beton dan batu bata untuk dibawa ke laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta untuk diuji. Hasil penelitian, menunjukkan bahwa rumah *non-engineered* yang berada di Dusun Serut, Palbapang, Kabupaten Bantul, Yogyakarta dapat dikatakan memiliki daya tahan terhadap gempa yang kurang baik jika terjadi gempa bumi besar. Kualitas material konstruksi pada pembangunan rumah *non-engineered* di Dusun Serut, Palbapang, Kabupaten Bantul ini tergolong kurang baik dan kurang layak pakai, terbukti pada hasil pengujian material konstruksi berupa batu bata, baja tulangan dan beton kurang memenuhi kriteria dan syarat dari peraturan Standar Nasional Indonesia, untuk batu bata tidak memenuhi syarat, baja tulangan Ø10 mm didapat (fy) 401,52 MPa dan baja Ø12 mm didapat fy 393,736 Mpa, dan untuk beton didapat mutu beton K150. Pencampuran beton dilakukan dengan cara manual dengan komposisi adukan 1 : 3 : 2, yaitu 1 semen 3 pasir, dan 2 kerikil, ukuran sloop dan kolom 15 × 10 cm dengan baja tulangan 4Ø12, sengkang Ø6-150, ringbalk 10 × 15 cm dengan baja tulangan 4Ø10, sengkang Ø6-150 mm.

Kata Kunci : Material, Gempa Bumi, Rumah *Non Engineered*, Standar Nasional Indonesia

Abstract. Bantul Regency, is a region with high level of seismic activity in Indonesia. Buildings with the highest risk of earthquake collapse are residential buildings built without applicable requirements. This study aims to provide a number of solutions on how the quality of construction materials for non-engineered in earthquake hazard area in accordance with the Indonesian National Standard. In testing the construction materials, there are several kinds of specimen in the field concrete, concrete reinforcing steel and bricks to be brought to the laboratory of Universitas Muhammadiyah Yogyakarta for test. The results show that non-engineered buildings located in earthquake hazard areas can be said to have bad earthquake resistance in case of major earthquake. The quality of construction materials in the construction of non-engineered building in Serut Village, Palbapang, Bantul Regency is good and feasible, as evidenced by the testing of construction materials in the form of bricks, reinforcing steel and concrete including meet the criteria and requirements of the Indonesia National Standard brick not include, steel reinforcement obtained Ø10 mm found (fy) 401,52 Mpa and Ø12 mm obtained (fy) 393,736 Mpa and for concrete got quality of concrete K150. Mixing of concrete is done manually with 1 : 3 : 2 that is 1 cement 3 sand, and 2 gravel, sloop size 15 × 20 cm with 4Ø12 reinforced steel, reinforcement Ø60-150, and size ringbalk 10 × 15 cm with 4Ø10 reinforcement steel, Ø6-150 reinforcement steel.

Keywords : Materials, Earthquake, Non Engineered Building, Indonesian National Standard

1. Pendahuluan

Kepulauan Indonesia merupakan wilayah yang memiliki tingkat bencana gempa bumi yang cukup tinggi. Salah satunya gempa bumi yang terjadi di Yogyakarta dan sekitarnya yang menimbulkan kerusakan bangunan sebanyak 96.790 mengalami kerusakan berat, sebanyak 117,075 mengalami kerusakan sedang, dan sebanyak 156,971 bangunan mengalami

kerusakan ringan (BNPB, 2012). Dari peristiwa tersebut maka diperlukan mitigasi pada daerah rawan gempa khususnya di Kabupaten Bantul dengan tujuan untuk mengurangi tingkat kerusakan struktur bangunan yang rentan terhadap gempa bumi besar dan mengurangi adanya korban jiwa.

Menurut Bath (Saputra, 2012) mendefinisikan gempa bumi adalah guncangan di permukaan bumi yang disebabkan oleh pelepasan energi secara tiba-tiba akibat adanya pergeseran batuan kerak bumi di sepanjang zona sesar (subduksi). Energi yang dilepaskan berupa getaran *seismic*, getaran *seismic* tersebut dapat dirasakan sebagai gempabumi setelah mencapai dipermukaan bumi.

Kerentanan bangunan secara teknis disebabkan beberapa faktor, yaitu lokasi/topografi, penggunaan material dan bentuk bangunan yang kurang sesuai, kualitas dan sistem bangunan yang kurang memadai dengan tingkat kerawanan daerah gempa, kondisi bangunan kurang terawat (Zulfiar, 2014). Selain itu kerusakan bangunan terhadap gempa bumi disebabkan karena bangunan memiliki mutu ketahanan gempa yang sangat rendah, sehingga perlu dilakukan penilaian kualitas material konstruksi kerentanan bangunan terhadap gempa dan mitigasi bahaya akibat gempa bumi dari semua jenis bangunan di daerah yang memiliki zona persebaran gempa yang tinggi (Devi dan Naroem, 2015)

Nilai probabilitas kerusakan setiap bangunan berbeda-beda, hal ini disebabkan karena jarak dari pusat gempa, kondisi tanah, topografi, dan jenis tanah yang terdapat dibawah masing-masing bangunan berbeda (Bawono, 2016)

Pada bangunan sederhana seperti rumah 1 tingkat, ternyata dinding menyumbang kekakuan pada struktur dapat dilihat pada hasil perhitungan apabila diberikan beban maka struktur tanpa dinding batu bata mengalami perpindahan sebesar 0,1189 mm atau lebih besar dibandingkan dengan struktur yang menggunakan dinding batu bata yaitu sebesar 0,0028 mm (Soehanda dkk, 2014).

Material bangunan yang digunakan harus benar-benar baik dan berkualitas, masyarakat harus mengerti tentang dasar-dasar pengujian material bangunan, rumah yang tahan terhadap

gempa dan tsunami adalah rumah yang dibangun sebagai satu kesatuan utuh antara pondasi, kolom, dan dindingnya, sehingga bagian-bagian bangunan tidak terlepas saat gempa dan tsunami terjadi (Fitriani, 2014)

Berdasarkan RSNI-T nomor 02 tahun 2003 tentang Sistem Konstruksi yang memadai, perlunya sistem konstruksi penahan beban yang memadai supaya suatu bangunan dapat menahan gempa, gaya inersia gempa harus dapat disalurkan dari tiap-tiap elemen struktur kepada stuktur utama gaya horisontal yang kemudian memindahkan gaya-gaya ini kepondasi dan ke tanah.

Berdasarkan SNI Nomor 2052 Tahun 2014 tentang perencanaan material baja adalah syarat ukuran tulangan baja untuk material tulangan beton rumah sederhana daerah rawan gempa adalah sebesar tegangan luluh $> f_y$ 240 Mpa.

Selain itu prinsip utama konstruksi tahan gempa meliputi, denah yang sederhana dan simetris, bahan/material bangunan harus seringan mungkin dan sistem konstruksi yang memadai dalam mengurangi resiko gempa (Rinaldi dkk., 2015).

Berdasarkan SNI 1974 Tahun 2011 tentang uji kuat tekan beton, mutu beton yang baik untuk kerentanan terhadap bahaya gempa yaitu mutu beton yang lebih dari mutu beton K200.

2. Landasan Teori

Material Konstruksi

Menurut Wibowo (2015), menyatakan bahwa akibat gempa bumi banyak material sisa bangunan rumah yang masih bisa kita manfaatkan untuk meringankan biaya rekonstruksi, contohnya kuda-kuda kayu, kusen, daun pintu-jendela merupakan contoh material yang mengalami kerusakan tidak terlalu parah saat terjadi gempa, sehingga bisa di daur ulang (*re-used*)

Rumah Non-Engineered

Menurut Handayani, (2013). Rumah ban tuan yang dibangun pasca gempa 200 di Bantul, Sleman dan Klaten sangat bermanfaat, dapat dilihat dari 180 rumah yang diambil sebagai contoh untuk diamati luasan dan material konstuksi yang di teliti dan berdasarkan studi kasus yang ditinjau dari beberapa rumah dicari

sample hanya satu rumah yang tidak dihuni lagi, lebih dari 75% dari rumah bantuan telah mengalami perubahan berupa penambahan jenis ruang, luas rerata rumah bantuan setelah dilakukan pengembangan adalah 62,5 m², ukuran ini memenuhi untuk berpenghuni 4 orang dengan standar hunian 9-18m² per orang, jenis ruang yang dibutuhkan adalah ruang tidur ruang keluarga, dapur dan KM/WC

Rawan Gempa

Menurut Marsell, (2013) menyatakan bahwa karakteristik bentuk lahan yang ditinjau berdasarkan aspek-aspek geomorfologi memiliki pengaruh berbeda-beda terhadap tingkat kerusakan bangunan akibat gempa bumi yaitu aspek morfogenesis yang terdiri atas morfostruktur pasif dan morfodinamik, aspek morfokronologi dan aspek morfoaransemen daerah lereng perbukitan, zona rawan gempa bumi di Kecamatan Pundong, Kabupaten Bantul Yogyakarta berdasarkan pendekatan geomorfologi terdiri atas tiga zona kerawanan rendah, zona kerawanan sedang dan zona kerawanan tinggi. Selain itu menurut mendefinisikan kerentanan adalah kumpulan kondisi akibat keadaan (fisik, sosial, ekonomi, dan lingkungan) yang berpengaruh buruk terhadap upaya atau tindakan pencegahan dan penanggulangan bencana. Kerentanan ditunjukkan dengan mengidentifikasi dampak yang terjadi berupa jumlah korban jiwa maupun kerugian ekonomi dalam jangka waktu tertentu yang dapat mengganggu perekonomian akibat trauma maupun kerusakan sumber daya alam lainnya.

Bangunan Tahan Gempa

- Bila terjadi gempa Ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non-struktural maupun pada komponen strukturalnya.
- Bila terjadi gempa Sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non-strukturalnya (*platfond* runtuh, dinding retak) akan tetapi komponen struktural (kolom, balok, *sloof*) tidak boleh rusak.
- Bila terjadi gempa besar, bangunan boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non-strukturalnya maupun komponen strukturalnya, akan tetapi jiwa penghuni bangunan tetap selamat, artinya sebelum

bangunan runtuh masih cukup waktu bagi penghuni bangunan untuk keluar.

Semen

Berdasarkan SNI 15-204 (2004) tentang pengertian Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. Kandungan udara semen hidrolis mengandung suatu tambahan udara dalam jumlah yang tertentu yang menyebabkan udara terkandung didalam mortar didalam batasan

Agregat Halus (Pasir)

Berdasarkan SNI Nomor 03 – 6820 tahun 2002. Yang dimaksud dengan agregat halus adalah agregat dengan besar butir maksimum 4,76 mm berasal dari alam atau hasil olahan, berikut ini adalah beberapa syarat material pasir (agregat halus) dapat dikatakan berkualitas dan layak pakai menurut SNI 03-6820-2002 yaitu memiliki garasi yang baik, memiliki kadar lumpur yang minimal, Rendahnya kandungan bahan organis, memiliki bentuk potongan pasir yang kuat. Syarat Gradasi untuk adukan (dapat dilihat pada Tabel 1) :

Tabel 1 Gradasi Agregat untuk Adukan

Saringan	Persen lolos	
	Pasir Alam	Pasir Olahan
No. 4 (4,76 mm)	100	100
No. 8 (2,36 mm)	90 - 100	95 - 100
No.16 (1,18 mm)	70 - 100	70 - 100
No. 30 (600 μm)	40 - 75	40 - 75
No.50 (300 μm)	10 - 35	20 - 45
No.100 (150 μm)	2 - 15	10 - 25
No.200 (75 μm)	0	0 - 10

Sumber : SNI Nomor 03-6820 Tahun 2002

Air

Berdasarkan SNI Nomor 7974 Tahun 2013 Persyaratan air pecampur yang dapat digunakan adalah:

- Air untuk pengadukan (air yang ditimbang atau diukur di *batching plan*)
- Air yang ditambahkan oleh operator truk
- Air bebas pada agregat-agregat dan air yang masuk salam bentuk bahan-bahan tambahan,

- d. Air minum boleh digunakan sebagai air pencampur beton tanpa diuji apakah sesuai persyaratan standar ini, dan air es
- e. Air pencampur yang seluruh atau sebagian terdiri dari sumber-sumber air yang tidak dapat diminum atau air dari produksi beton boleh digunakan dalam setiap proporsi dengan batasan kualitas yang memenuhi persyaratan.

Agregat kasar (Kerikil)

Berdasarkan SNI Nomor 1969 tahun 2008 Kerikil sebagai hasil disintegrasi 'alami' dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm (No. 1½ inci). Cara penyaringannya adalah campur agregat secara menyeluruh dan kurangilah sampai mendekati jumlah yang diperlukan dengan menggunakan prosedur yang sesuai dengan SNI 13 – 6717-2002. Pisahkan semua material yang lolos saringan 4,75 mm (No.4) dengan penyaringan kering, kemudian cuci secara menyeluruh

untuk menghisalkan debu atau material lain dari permukaan agregat.

Baja Tulangan Beton

Berdasarkan SNI nomor 2052 tahun 2014, istilah atau definisi baja tulangan beton adalah baja berbentuk batang penampang bundar dengan permukaan polos atau sirip yang digunakan untuk penulangan beton, yang diproduksi dari bahan baku *billet* dengan cara canai panas (*hot rolling*), bahan baku yang digunakan berupa billet baja tuang kontinyu untuk baja tulangan beton dan baja profil ringan. Baja Tulangan beton Polos (BjTP) adalah baja tulangan beton berpenampang bundar dengan permukaan rata tidak bersirip. Baja Tulangan beton sirip (BjTS) adalah baja tulangan beton dengan bentuk khusus yang permukaannya memiliki sirip melintang dan memanjang yang dimaksudkan untuk meningkatkan daya lekat guna menahan gerakan membujur dari batang relatif pada beton. Berikut penamaan dan penomoran ukuran baja dan kuat tarik yang diizinkan (dapat dilihat pada tabel 2)

Tabel 2. Parameter sifat mekanisme baja tulangan beton

Kelas baja tulangan	Nomor batang uji	Uji Tarik		Uji lengkung		TS/YS	
		Kuat luluh minimum N/mm ² (kgf/mm ²)	Kuat tarik minimum N/mm ² (kgf/mm ²)	Regangan minimum %	Sudut lengkung		Diameter pelengkung
BJTP 24	No. 2	235	380	20	180°	3×d	-
	No. 3	(24)	(39)	24			
BJTP 30	No. 2	295	440	18	180°	d ≤ 16= 3×d	-
	No. 3	(30)	(45)	20		d > 16= 4×d	
BJTS 30	No. 2	295	440	18	180°	d ≤ 16= 3×d	-
	No. 3	(30)	(45)	20		d > 16= 4×d	
BJTS 35	No. 2	345	490	18	180°	d ≤ 16 = 3×d	-
	No. 3	(35)	(50)	20		16 < d ≤ 40=4×d d > 40 = 5×d	
BJTS 40	No. 2	390	560	16	180°	5×d	Min 1,2
	No. 3	(40)	(57)	18			
BJTS 50	No. 2	490	620	12	90°	d ≤ 25 = 5×d	Min 1,2
	No. 3	(50)	(63)	14		d > 25 = 6×d	

Catatan:

1. Hasil uji lengkung tidak boleh retak pada sisi luar lengkungan
2. Untuk baja tulangan sirip > S.32 dikurangi 2 % dari nilai regangan
3. Untuk baja tulangan sirip S.40 dan S.50 dikurangi 4% dari nilai regangan
4. 1 kgf/mm² = 9,81 N/mm²
5. Regangan adalah regangan total panjang yang dihitung setelah sample uji putus
6. Metode penentuan batas ulur dapat menggunakan metode *offset* dengan nilai *offset* 0,2%
7. Batang uji tarik No.2 untuk diameter ≤ 22 mm dan batang uji tarik No. 3 untuk diameter > 25 mm

Sumber : SNI Nomor 2052 Tahun 2014

Batu Bata

Unsur bangunan yang digunakan untuk pembuatan konstruksi Pada umumnya batu bata standar batu bata sebagai bahan bangunan yang harus dipenuhi adalah berdasarkan SNI 15 – 2094 - 1991 adalah sebagai berikut :

1. Warna

Warna pada penampang belahan (patahan) merata dan dinyatakan dengan warna merah tua muda kekuning-kuningan, kemerah-merahan, dan sebagainya.

2. Bentuk

Bentuk bidang-bidangnya sisinya harus data, rusuk-rusuknya tajam dan siku, permukaan rata dan tidak rusak.

3. Ukuran

Ukuran standar menurut SNI 15 - 2094 – 1991 dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3 Ukuran standar batu bata

Modul	Ukuran batu bata (mm)		Panjang (mm)
	Tebal	Lebar	
M-5A	65	90	190
M-5B	65	140	190
M-6	65	110	230

Sumber : SNI 15 – 2094 -1991

Untuk penyimpangan ukuran maksimum yang diperbolehkan dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4 Penyimpangan ukuran maksimum dan diperbolehkan

Kelas	Penyimpangan ukuran maksimum (mm)					
	M-5a Dan M-5b			M-6		
	T	L	P	T	L	P
25	2	3	5	2	3	5
50	2	3	5	2	3	5
100	2	3	4	2	3	4
150	2	2	4	2	2	4
200	2	2	4	2	2	4
250	2	2	4	2	2	4

Sumber : SNI 15 – 2094 - 2000

4. Kadar Garam

Menurut SNI – 10 – 78 Pasal 6 ayat 6.2.5. standar garam batu bata adalah sebagai berikut :

- Tidak membahayakan bila kurang dari 50% permukaan bata tertutup oleh lapisan tipis berwarna putih karena

pengkristalan garam-garam yang dapat larut.

- Ada kemungkinan membahayakan bila 50% permukaan bata tertutup oleh lapisan putih yang agak tebal karena pengkristalan garam-garam yang dapat larut, tetapi bagian-bagian dari permukaan bata tidak menjadi bubuk ataupun terlepas.
- Membahayakan bila lebih dari 50% permukaan bata tertutup oleh lapisan putih yang tebal karena pengkristalan garam-garam yang dapat larut dan bagian-bagian dari permukaan bata menjadi bubuk atau terlepas.

Kuat tekan adalah kekuatan tekan maksimum yang dipikul dari pasangan batu bata. Pengujian ini dilakukan untuk menunjukkan mutu dan kuat kelasnya. Ukuran standar kuat tekan batu bata menurut SNI 15 – 2094 -2000 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 standar kuat tekan batu bata

Kelas	Kuat tekan rata-rata dari 10 buah batu bata yang diuji di laboratorium	Koefisien Variasi yang Diizinkan dari ketentuan
25	25 kg/cm ²	25%
50	50 kg/cm ^{2s}	50%
100	100 kg/cm ²	100%
150	150 kg/cm ²	150%
200	200 kg/cm ²	200%
250	250 kg/cm ²	250%

Sumber : SNI 15 – 2094 - 2000

3. Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

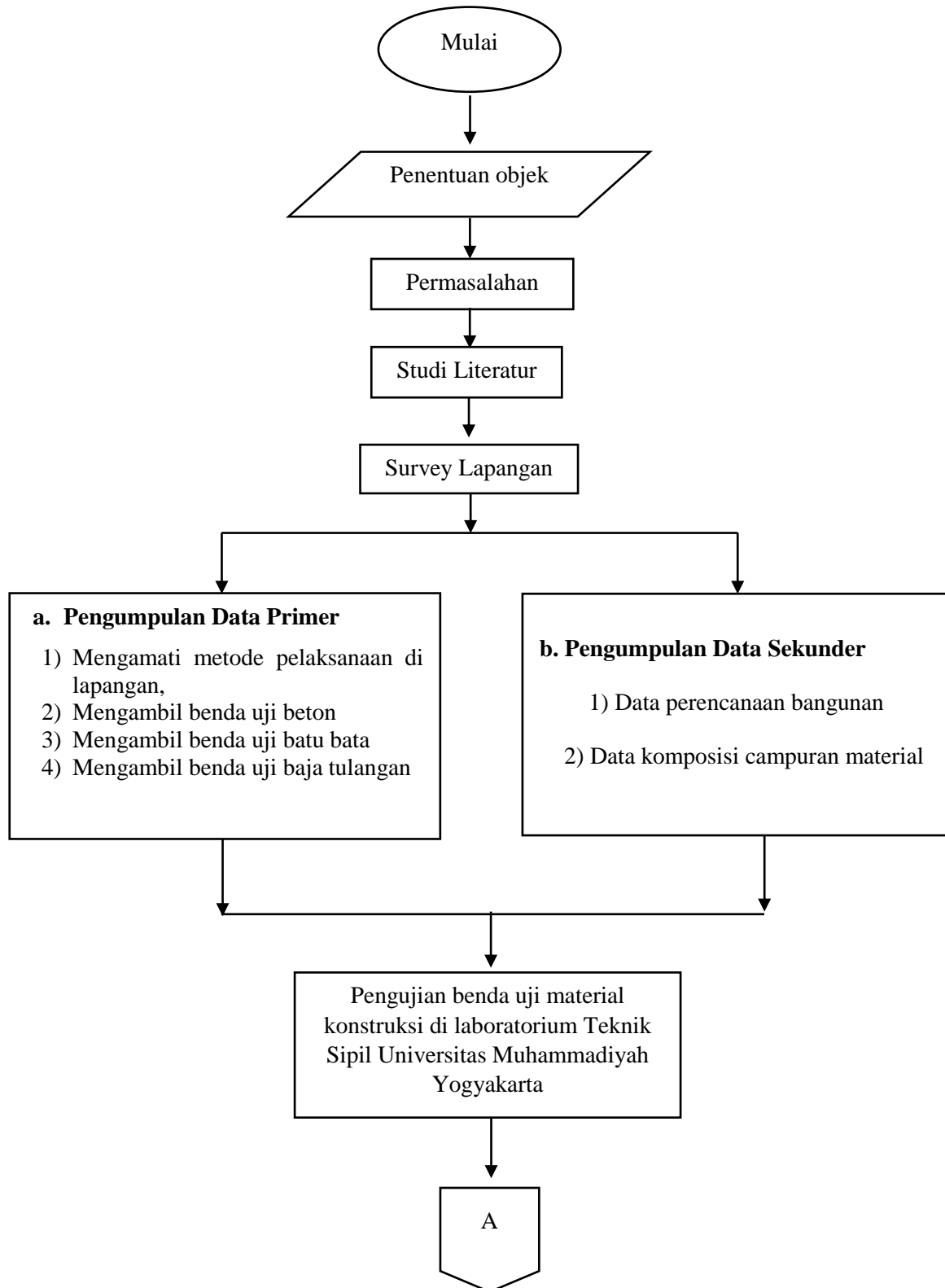
Penelitian ini dilakukan di salah satu pembangunan rumah warga di Jl.Flamboyan, Dusun Serut, Palbapang, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta



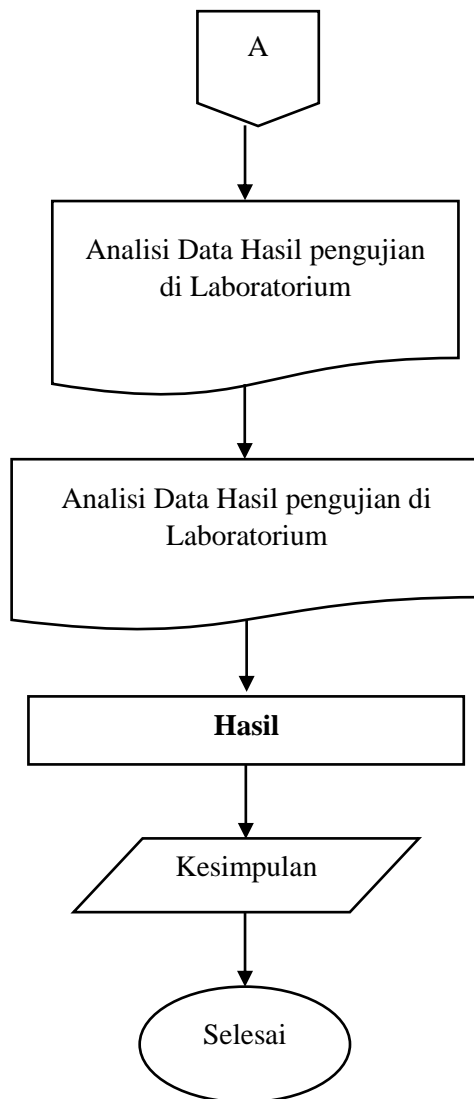
Gambar 1 Lokasi pengambilan benda uji

Tahap dan Prosedur penelitian

Suatu penelitian harus dilaksanakan secara sistematis dengan urutan yang jelas dan teratur, sehingga akan diperoleh hasil yang diharapkan. Penulisan tugas akhir ini dilakukan dengan tahapan seperti pada bagan alir pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. *Flow Chart* Penelitian



Gambar 3. *Flow Chart* Penelitian (lanjutan)

Langkah-langkah Pengambilan dan pengujian benda uji

Berikut langkah-langkah untuk menguji benda uji beton di laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

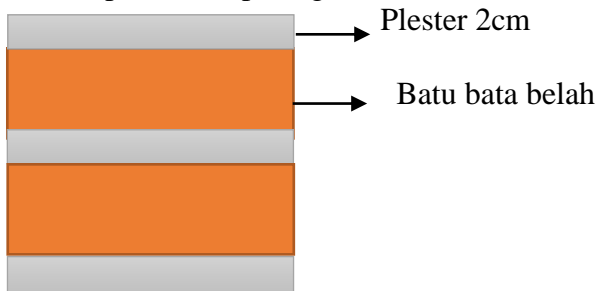
- 1) Mengambil 2 sampel benda uji dilapangan dengan cara membawa cetakan kubus beton ukuran 15cm × 15cm × 15cm yang telah diolesi oli agar mudah melepas cetakan yang telah diisi beton.
- 2) Kemudian dibawa kelapangan untuk diisi oleh campuran semen + pasir + kerikil + air.
- 3) Lalu ketiga material bahan tersebut diaduk sampai merata dan kemudian campuran beton tadi masukkan kedalam 3 cetakan kubus beton yang telah diolesi oli, dan dipadatkan rongga-rongga dengan penumbuk besi

- 4) Kemudian ketiga cetakan beton tersebut diamankan selama 24 jam sebelum dilepas cetakannya, dan timbang
- 5) Lalu rendam ketiga benda uji dibak rendaman selama 28 hari, setelah 28 hari benda uji angkat dari rendaman kemudian angkat dan timbang beratnya, ukurnya dimensi dan luasannya lalu lakukan uji kuat tekan beton menggunakan *concrete testing machine*

Berikut langkah-langkah untuk pengujian benda uji batu bata di laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

- 1) Dilakukan dengan cara mengambil 10 benda uji batu bata langsung pada lokasi
- 2) Siapkan adukan plesteran semen + pasir + air

- 3) Sembari membuat plesteran pada batu bata, 10 buah batu bata tadi direndam agar pori-pori terisi oleh air selama 24 jam. Setelah diaduk merata plesteran tersebut siap digunakan tapi sebelum itu, 10 buah batu bata dipotong menjadi dua bagian menggunakan gergaji tangan kemudian siapkan cetakan yang terbuat dari kayu, proses peletakan bata bata dan campuran. Dapat dilihat pada gambar 4



Gambar 4 Ilustrasi pembuatan benda uji

- 4) Kemudian setelah dicetak kedalam cetakan lalu diamkan selama 3 hari di dalam laboratorium Universitas Muhammadiyah, lalu lepas cetakan dan ditimbang, lalu ukur dimensi luasannya dan diuji kuat tekan dengan *concrete testing machine*

Berikut langkah-langkah untuk pengujian benda uji benda tulangan baja di laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

- 1) Mengambil 6 sample benda uji dilapangan
- 2) 3 Baja tulangan Ø 10 mm, 3 baja tulangan Ø 12 mm dengan panjang masing-masing 70 cm
- 3) Dilakukan pemotongan benda uji terlebih dahulu, lalu garis dan pukul untuk penitik sisi kanan kirinya dengan jarak 10 cm
- 4) Lalu ukur dimensi dan area luasannya dan uji kuat tarik baja tersebut menggunakan *Steel concrete testing*

4. Hasil dan Pembahasan

Tahapan-tahapan pelaksanaan

a. Tahapan perencanaan

Pada tahap perencanaan rumah yang diteliti ini tidak memiliki perencanaan dengan DED (*Detail Engineering Design*) maupun Rencana Anggaran Biaya dan *Kurva S*. Pada pembangunan rumah *non-engineered* ini hanya

menggunakan tenaga ahli seorang tukang, pada pembangunan rumah sederhana yang difungsikan untuk tempat tinggal ini rencana hanya 6 minggu dengan 5 orang tukang.

b. Tahap pelaksanaan

Pada tahap pelaksanaan rumah yang diteliti ini tidak memiliki tenaga terampil pelaksanaan seperti bangunan yang lainnya, pada bangunan *rumah non-engineered* ini menggunakan pelaksanaan yang seperti biasa setiap harinya selama 6 minggu.

c. Tahap pengawasan

Pada tahap pengawasan untuk pembangunan rumah *non-engineered* yang diteliti tidak memiliki tenaga ahli (mandor) karena salah satu dari tukang itu sudah berpengalaman dan mengerti tentang pembangunan rumah *non-engineered* dari pondasi sampai rangka atap

Batu bata

Berikut ukuran batu bata awal dapat dilihat pada tabel 6

Tabel 6 ukuran batu bata awal

Ben da uji	Berat/ kg	Panjang/ cm	Lebar/ cm	Tinggi/ cm
B1	2,5	23,05	11,85	4,5
B2	2,4	23,37	11,7	3
B3	3	24,49	12,5	4,5
B4	2,6	24,24	12,3	4,5
B5	2,8	24,18	11,32	4,5
B6	3	23,6	12,44	4,5
B7	2,3	23,15	11,96	4,5
B8	2,5	24,48	11,99	4,5
B9	2,8	24,44	12,1	4,5
B10	2,5	24,02	12,2	4,5
Rata-rata	2,64	23,902	12,036	4,35
=				

Pada ukuran diatas merupakan ukuran awal batu bata sebelum dipotong dan dilapisi plesteran, batu bata awal dapat dilihat pada gambar 5



Gambar 5 Batu bata awal

Berikut ukuran batu bata setelah diplester dapat dilihat pada tabel 7

Tabel 7 ukuran batu bata setelah diplester dapat

No benda uji	Berat/kg	Panjang/mm	Lebar/mm	Tinggi/mm	Luas/mm ²
B1	3,95	115,25	118,49	151,34	13655,97
B2	3,85	116,88	117,98	115,31	13789,5
B3	4,25	122,46	125,19	155,41	15330,76
B4	4,0	121,22	123,30	157,00	14946,42
B5	4,10	120,94	113,20	153,00	13690,4
B6	4,25	118,02	124,46	158,00	14688,77
B7	3,70	115,75	119,69	151,70	13854,11
B8	3,95	122,44	119,92	152,80	14683
B9	4,10	122,23	121,15	155,00	14808,16
B10	3,95	120,13	122,31	155,00	14693,1
Rata rata =	4,01	119,532	120,769	150,456	14414,019

Sumber : Analisis hitungan, 2018

Berikut hasil uji kuat tekan batu bata dapat dilihat pada tabel 8

Tabel 8 hasil uji kuat tekan batu bata

No		Stress (kg/mm ²)	Stress × 100 (kg/cm ²)
1	Peak Point	0,16121	16,121
2	Peak Point	0,19817	19,817
3	Peak Point	0,22940	22,94
4	Peak Point	0,44444	40,0
5	Peak Point	0,25093	25,093
6	Peak Point	0,22127	22,127
7	Peak Point	0,20961	20,961
8	Peak Point	0,22692	22,692
9	Peak Point	0,23505	23,505
10	Peak Point	0,17254	17,254
	Rata-rata		20,0281

Sumber : Analisis hitungan, 2018

Berdasarkan Peraturan SNI Nomor 15 – 2094 - 2000. Dimensi dari batu-bata yang diuji di laboratorium sudah memenuhi standar, yaitu dengan dimensi rata-rata sebesar Tebal = 4,35 cm, Lebar = 12,036 cm, Panjang = 23,902 cm dan kuat tekan rata rata 200,281 cm². Dari hasil pengujian didapatkan bahwa batu bata yang kita uji dilaboratorium tidak termasuk batu bata modul apapun dan kelas manapun maka dapat ditarik kesimpulan bahwa batu bata yang diuji di laboratorium tidak memenuhi kriteria dan kurang layak digunakan sebagai material konstruksi di daerah rawan gempa.

Baja Tulangan

Pada pembangunan rumah sederhana non-engineered, menggunakan baja tulangan polos diameter 10 mm dan diameter 12 mm

Baja tulangan yang diamati dan diuji termasuk kedalam jenis BjTP (Baja Tulangan Beton Polos)

Setelah pengujian kuat tarik baja menggunakan steel testing machine didapatkan hasil/output, dapat dilihat Tabel 9 dan Gambar Grafik 6

Tabel 9. hasil pengujian benda uji 1 Ø10 mm

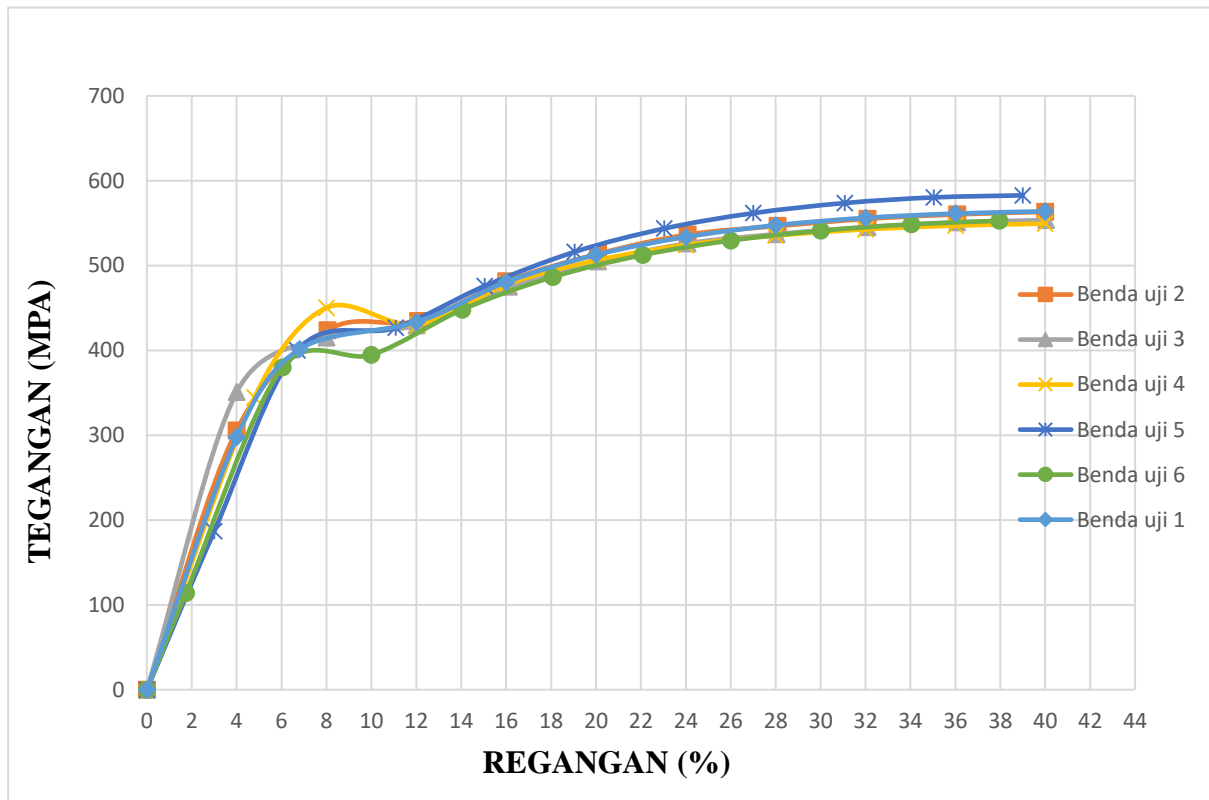
Koreksi			
Stress (Kg/mm ²)	Strain (%)	Strain (%)	Stress (Mpa)
-	-	-	0
31,1632	4,0000	4,0000	305,7110
43,2072	8,0400	8,0400	423,8626
44,3160	12,0800	12,0800	434,7400
49,0751	16,0000	16,0000	481,4267
52,3678	20,0800	20,0800	513,7281
54,6839	24,0800	24,0800	536,4491
55,7098	28,0800	28,0800	546,5131
56,5751	32,0800	32,0800	555,0017
57,1139	36,0800	36,0800	560,2874
57,4093	40,0000	40,0000	563,1852

Sumber : analisis hitungan, 2018.

Baja tulangan polos yang di uji ada dua diameter yaitu yang pertama diameter 10 mm dan diameter 12 mm, masing masing panjangnya 70 cm, seluruh hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 10 dan Grafik semua benda uji tarik baja dapat dilihat pada Gambar 6, dan berikut hasil perhitungan benda uji dapat dilihat pada Tabel 11

Tabel 10 Hasil pengujian semua benda uji baja tulangan beton

Benda Uji	1	2	3	4	5	6
Diameter Kode awal (mm)	10,00	10,00	10,00	12,00	12,00	12,00
Diameter Terukur (mm)	9,97	9,98	9,99	11,97	11,98	11,99
Luas (mm ²)	57,90	59,20	59,20	104,17	108,74	106,72
Beban Leleh (kg)	2501,70	2116,49	2599,20	4247,70	4210,20	4366,50
Beban Maksimum (kg)	3306,89	3340,50	3320,40	6187,50	6126,89	6134,39
Tegangan Leleh (MPa)	423,86	350,72	429,99	400,02	379,82	401,37
Tegangan Putus (MPa)	560,29	553,55	549,29	582,70	552,74	563,88



Gambar 6 Grafik semua benda uji kuat tarik baja

Tabel 11 Hasil perhitungan benda uji kuat tarik baja

Nama benda uji	Diameter Ø (mm)	Regangan (%)	Kuat luluh minimum (N/mm ²) (kgf/mm ²)	Kuat tarik minimum (N/mm ²) (kgf/mm ²)
Bantul 1	10	20	423,86	560,29
Bantul 2	10	21,95	350,72	553,55
Bantul 3	10	24,37	429,99	549,29
Rata-rata		22,10	401,52	554,376
Bantul 4	12	20	400,02	582,70
Bantul 5	12	20	379,82	552,74
Bantul 6	12	20	401,37	563,88
Rata-rata		20	393,736	566,44

Baja tulangan yang diuji pada penelitian ini adalah Baja Tulangan Polos (BJTP), yang digunakan sebagai tulangan geser (sengkang). Dari hasil pengujian didapat nilai rata-rata tegangan leleh baja Ø10 mm (f_y) 401,52 MPa,

dan untuk baja Ø12 mm (f_y) 393,736 Mpa. Dari hasil pengujian tersebut maka baja tulangan yang digunakan di daerah Dusun Serut, Palbapang, Bantul memenuhi kriteria dan syarat dari SNI Nomor 2052 Tahun 2014 dari

segi regangan, kuat leleh minimum, kuat tarik minimum, dan layak digunakan sebagai material konstruksi di daerah rawan gempa.

Kubus Beton

Berikut data hasil pengujian dan perhitungan kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 13 dan tabel konversi kubus ke silinder Tabel 12 dapat dilihat pada Tabel 14 sesuai dengan Standar Nasional Indonesia Nomor 1974 Tahun 2011. Dari hasil pengujian didapat nilai rata-rata mutu beton sebesar K200. Dari hasil pengujian tersebut maka beton yang digunakan di daerah Dusun Serut, Palbapang, Bantul benda uji beton yang di teliti oleh peneliti termasuk layak untuk dijadikan material untuk bangunan rumah sederhana di daerah rawan gempa.

Tabel 12 Konversi dari kubus ke silinder

Kuat tekan (28 hari) (MPa)	0,83 = (kg/cm ²)	(MPa)
14,6	12,118	12,118
16,30	13,53	13,53
14,186	11,77	11,77

Praktik-praktik membangun.

a. Konsep-konsep bangunan tahan gempa

Bentuk bangunan yang diamati oleh peneliti merupakan bentuk bangunan yang baik

yang mempunyai bentuk simetris (bujur sangkar) dan mempunyai perbandingan sisi yang baik yaitu panjang < 3 kali lebar, ini dimaksudkan untuk mengurangi gaya puntir yang terjadi pada saat gempa terjadi. Untuk bangunan yang panjang dapat dilakukan pemisahan ruangan (dilatasi) sehingga dapat mengurangi efek gempa dan juga harus diperhatikan bukaan seperti jendela dan pintu tidak boleh terlalu besar. Apabila bukaan itu besar maka akan terjadi pelemahan pada jendela dan pintu tersebut. Karena prinsip utama dasar bangunan tahan gempa adalah setiap komponen struktur bangunan harus terikat dengan kuat satu dengan lainnya, ikatan tersebut mulai dari pondasi dengan *sloof*, *sloof* dengan kolom praktis, kolom praktis dengan ring balok, dan ring balok dengan kuda-kuda. Penyelidikan kerusakan akibat gempa menunjukkan pentingnya denah bangunan yang sederhana dan elemen-elemen struktur penahan gaya horisontal yang simetris. Struktur seperti ini dapat menahan gaya gempa lebih baik karena efek torsi atau momen puntir dan kekuatannya yang lebih merata. Perlunya sistem konstruksi yang penahan beban yang memadai supaya suatu bangunan dapat menahan gempa, gaya inersia harus dapat disalurkan dari tiap-tiap elemen struktur.

Tabel 13 Hasil uji kuat tekan beton

No Benda Uji	Umur (hari)	Massa Benda Uji (kg)	Dimensi		Luas Bidang (mm ²)	Gaya tekan (kN)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Keterangan Mutu K
			L (mm)	P (mm)				
Bantul 1	14	7,75	152	152,5	23180	131,1	12,118	
Bantul 2	14	7,70	151,33	150,3	22724	146,3	13,53	
Bantul 3	14	7,90	150,08	152,7	22917	127,3	11,77	
Rata-rata		7,783	151,13	151,6	22940	134,9	12,5	K150

Tabel 14 Konversi 14 hari ke 28 hari

No Benda Uji	Volume beton (cm ³)	Tegangan (Kgf/cm ²)	Berat Volume beton (gr/cm ³)	Kuat tekan maksimum (14 hari) (MPa) × 1,1356	Konversikan ke (28 hari) (MPa)
Bantul 1	3477	131,1	2,2289	12,85652	14,6
Bantul 2	3437	146,3	2,240	14,347	16,30
Bantul 3	3490,45	127,3	2,2633	12,483	14,186
Rata-rata	3468,15	134,9	2,2440	13,228	15,02

b. Komposisi dan metode adukan.

Masyarakat di daerah Dusun Serut, Palbapang Bantul membuat campuran beton dengan perbandingan 1 : 3 : 2 yaitu 1 semen, 3 pasir dan 2 kerikil, campuran ini dibuat oleh masyarakat setempat dengan harapan mampu mengikat beton lebih baik agar jika terjadi guncangan/gempa struktur betonnya jauh lebih aman. Metode pencampuran beton pertama semen terlebih dahulu sebanyak 1 kaleng, kemudian tambahkan pasir sebanyak 3 kaleng lalu campur kerikil sebanyak 2 kaleng, dan tambahkan air sembari mengaduk beton, Menurut Mulyati, (2015) dengan penelitiannya yang berjudul “Komposisi dan Kuat Tekan Beton Pada Campuran *Portland Composite Cement*, Pasir dan Kerikil Dari Beberapa *Quarry* di Kota Padang”, hasil penelitian diperoleh bahwa nilai kuat tekan beton menggunakan perbandingan satu bagian semen, tiga bagian pasir, dan dua bagian kerikil (1 : 3 : 2) berkisar antara $131,97 \text{ kg/cm}^2 - 238,2 \text{ kg/cm}^2$, dari hasil penelitian tersebut mutu beton yang didapat termasuk kedalam mutu beton K175 yang dapat digunakan pada pekerjaan pembangunan rumah tinggal, rumah toko, dan jalan rabat beton.

c. Pekerjaan pondasi Batu Kali.

Pada pekerjaan pondasi untuk rumah sederhana ini menggunakan pondasi dangkal yang dirancang untuk rumah bertipe sederhana dan berlokasi di tanah yang cukup padat dan keras. Sehingga diperkirakan tetap dapat menopang beban berat bangunan. Pondasi yang digunakan adalah pasangan batu kali dengan kedalaman 40 cm, dapat dilihat pada Gambar 7



Gambar 7 Pondasi batu kali

d. Pekerjaan Sloof.

Sloof merupakan struktur dari bangunan yang terletak diatas pondasi dan memiliki fungsi untuk meratakan beban pondasi. *Sloof* juga mempunyai fungsi sebagai pengunci dinding agar apabila terjadi pergerakan tanah, dinding yang berada diatasnya tidak roboh. Beton *sloof* yang digunakan pada pembangunan rumah sederhana ini adalah balok beton bertulang yang dipasang secara horisontal tepat diatas pondasi batu kali atau batau belah. Ukuran penampang beton *sloof* rumah 1 lantai menggunakan ukuran penampang $15 \times 10 \text{ cm}$ dan untuk ukuran diameter besi beton yang dipakai sebesar $4\text{Ø}12 \text{ mm}$, sedangkan jarak sengkang sebesar $\text{Ø}6-150 \text{ mm}$. Adukan an yang digunakan sama dengan beton kolom yaitu sebesar mutu K200. Dengan mengaitkan besi tulangan antara *sloof* dengan kolom pada rumah sebelah dapat meminimalisir kerusakan akibat guncangan gempa, dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 sambungan *sloof* dengan kolom praktis

e. Pekerjaan Kolom Praktis

Beton kolom adalah balok beton bertulang yang berdiri tegak 90° pada setiap pertemuan dan sudut pasangan dinding bata. Fungsi kolom adalah memikul beban bangunan yang berada diatasnya. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan. Ukuran kolom praktis yang digunakan ukurannya sebesar $10 \times 15 \text{ cm}$. Tinggi kolom maksimum untuk rumah sederhana (*non-engineered*) yang menggunakan dinding sebesar 3 meter. Jika tinggi kolom lebih dari 3 meter maka pada bagian tengah dinding (antara *sloof* dan *ringbalk*) diberi balok praktis. Pada rumah yang diteliti ini menggunakan balok praktis setinggi 3 meter. Jarak antar kolom praktis yang dibuat adalah kurang dari 3 meter dengan menggunakan baja tulangan $4\text{Ø}12 \text{ mm}$ untuk begel dan sengkang $\text{Ø}6-150 \text{ mm}$, dan mutu

mutu beton K200, untuk pembesian begel dan sengkang yaitu sudut bengkokan sebesar 135° dan panjang bengkokan sebesar $L > 10$ Diameter Tulangan. Jarak sengkang sebesar 15 cm, dapat dilihat pada Gambar 9



Gambar 9 Pembuatan kolom praktis

f. Pekerjaan Pasangan dinding

Pada pekerjaan pemasangan dinding pada rumah sederhana ini menggunakan pasangan dinding batu bata. Pekerjaan pasangan dinding batu bata dilaksanakan sesudah pekerjaan *sloof* dan kolom dan dilaksanakan secara bersamaan dengan pekerjaan kolom praktis, sebelum digunakan batu bata terlebih dahulu disiram air hingga jenuh tujuannya agar pori-pori pada batu bata terisi. Pekerjaan plesteran dilakukan pada seluruh pasangan batu bata, beton bertulang dan dinding. Metode penyusunan batu bata diawali dengan pembuatan *marking* jalur-jalur dinding dua sisi setelah itu pada jalur *marking* serta jalur benang acuan yang telah dipasang pada profil kayu pada ujung bata merah dipasang lapis demi lapis jalur dinding setinggi 1 meter dengan menggunakan adukan plesteran, adukan semen pasir tersebut diaplikasikan secara merata ke permukaan bata merah, kemudian bata merah disusun di atas adukan mortar tersebut sambil terus diperiksa kerataan pasangannya, kemudian bata merah dipukul perlahan sampai mencapai elevasi yang diinginkan. Pekerjaan plesteran dilakukan bersamaan dengan penyelesaian pasangan bata, pemipaan elektrikal, *plumbing*.

g. Pekerjaan Ring Balk

Balok praktis/*Ring balk* adalah balok beton yang dipasang di bagian atas pasangan dinding. Ukuran penampang balok praktis yang digunakan untuk rumah 1 lantai adalah 10×15 cm sama seperti ukuran penampang kolom praktis, dengan ukuran baja tulangan $4\emptyset 10$ mm dan jarak antar sengkang $\emptyset 6-150$ mm, fungsi *ring balk* adalah meratakan tumpuan beban rangka atap kuda kuda kayu dan

meneruskannya ke setiap kolom praktis dan juga mempunyai fungsi mengikat pasangan dinding batu bata, balok praktis.

5. Kesimpulan.

Berdasarkan dari tujuan penelitian telah dilakukan kajian material konstruksi rumah sederhana terhadap Standar Nasional Indonesia, dari analisis tersebut didapat kesimpulan sebagai berikut :

- Bangunan pemukiman di Dusun Serut, Palbapang, Kabupaten Bantul yang berada di daerah rawan bencana gempa dapat dikatakan memiliki potensi roboh jika terjadi gempa bumi besar karena kualitas material kurang memenuhi syarat peraturan namun dari segi metodenya cukup memadai.
- Dapat ditarik kesimpulan bahwa batu bata yang diuji di laboratorium tidak memenuhi persyaratan dan kurang layak digunakan sebagai material konstruksi di daerah rawan gempa.
- Sesuai dengan Peraturan SNI Nomor 2052 Tahun 2014. BJTP yang kita gunakan adalah Baja Tulangan Polos digunakan untuk tulangan geser, begel, sengkang, dan mempunyai tegangan leleh (f_y) minimal sebesar 240 MPa yang disebut (BJTP -24) dan baja tulangan yang kita uji termasuk memenuhi kriteria dan syarat dari SNI Nomor 2052 Tahun 2014 dari segi Regangan, kuat leleh minimum, kuat tarik minimum, dan regangan dan layak digunakan sebagai material konstruksi di daerah rawan gempa.
- Dari hasil pengujian didapat nilai rata-rata mutu beton sebesar K150. Dari hasil pengujian tersebut maka beton yang digunakan di daerah Dusun Serut, Palbapang, Kabupaten Bantul, termasuk kurang memenuhi persyaratan untuk dijadikan material struktur rumah sederhana di daerah rawan gempa.
- Pencampuran beton dilakukan dengan cara manual dengan komposisi adukan 1 : 3 : 2 yaitu 1 semen 3 pasir, dan 2 kerikil. Ukuran sloof dan kolom 15×10 cm dengan baja tulangan $4\emptyset 12$, sengkang $\emptyset 6-150$, ringbalk 10×15 cm dengan baja tulangan $4\emptyset 10$, sengkang $\emptyset 6-150$ mm.

6. Daftar Pustaka

- Bawono, A.S., 2016, Studi Kerentanan Bangunan Akibat Gempa : Studi Kasus Perumahan Di Bantul, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 19 (1), 90-97.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2012, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. SNI 1762:2012. BSN, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2000, *Bata Merah Pejal Untuk Pasangan Dinding*, SNI 15-2094-2000. BSN, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2011, *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*, SNI 1974:2011. BSN, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2014, *Baja Tulangan Beton*, SNI 2052:2014. BSN, Jakarta.
- Badan Koordinasi Nasional Penanggulangan Bencana (BAKORNAS PB), 2002 *Pengenalan Karakteristik Dan Upaya Mitigasinya Di Indonesia*. Jakarta Pusat.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), 2012, *Peraturan Kepala BNPB Nomor 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana*, Jakarta.
- Devi, K., dan Naroem, N., 2015, Seismic Vulnerability Assessment of Existing Buildings : *It's Importance*, *International Journal of Innovative Technology and Exploring (IJITEE)*, 4(9), 39-46.
- Fitriani, T.L.S., 2014, The Analysis of Structure Materials in Earthquake and Tsunami Prone Areas in Teluk Palu Seashore, *Jurnal Infrastuktur*, 4(1), 15-21.
- Handayani, T., 2013, Model Rekonstruksi Rumah Pasca Gempa di Yogyakarta dan Klaten, *Jurnal Arsitektur Komposisi*, 10(1), 27-40.
- Indeks Risiko Bencana Indonesia (IRBI), 2013, *Peraturan Kepala IRBI Nomor 1 tahun 2013 tentang Rencana Penanggulangan Bencana (RENAS)*,
- Marsell, R., 2013, Zonasi Daerah Rawan Gempa Bumi Di Kecamatan Pundong, Bantul, *Majalah Geografi Indonesia*, 27(1), 11-25.
- Mulyati, dan Herman, 2015, Komposisi dan Kuat Tekan Beton Pada Campuran *Portland Composite Cement*, Pasir dan Kerikil Dari Beberapa *Quarry* di Kota Padang, *Jurnal Momentum*, 17(2), 34-38.
- Presiden Republik Indonesia, 2007, Undang-undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, Pemerintah RI, Indonesia.
- Rinaldi, Z., Purwatianingsih, A.W., dan Nur'aini, R.D., 2015, Analisa Kontruksi Tahan Gempa Rumah Tradisional Suku Besemah Di Kota Pagar Alam Sumatera Selatan, *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 2015, 5(5), 1-10.
- Sehonanda, O., Ointu, B.M.M., Tamboto, W. J., dan Pandeleke, R.R., 2014., Kajian Uji Laboratorium Nilai Modulus Elastisitas Bata Merah Dalam Sumbangan Kekakuan Pada Struktur Sederhana, *Jurnal Sipil Statik*, 1(12), 797-800.
- Saputra, A., 2012, Pemetaan Kerentanan Bangunan Temapt Tinggal Terhadap Bahaya Gempa Bumi Di Kecamatan Pleret Kabupaten Bantul, *Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan*, Semarang, 23 Juni.
- Wibowo, A.P., 2015, Aplikasi Material Bekas Pakai Pada Rekonstruksi Rumah Tinggal Pasca Bencana Alam Gempa Bumi, , 7-8 Oktober 2015, 9 (9), 601-606.
- Zulfiar, M.H., 2014, Identifikasi faktor Dominan Penyebab Kerentanan Bangunan Di Daerah Rawan Gempa Provinsi Sumatera Barat, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 17(2), 116-125.

