

ISSN 2527 - 5542

REKAYASA

JURNAL TEKNIK SIPIL



UNIRA
UNIVERSITAS
MADURA

FT
FAKULTAS TEKNIK

Volume 3 , Nomer 2
Desember 2018

REKAYASA TEKNIK SIPIL

Media Publikasi Karya Ilmiah di Bidang Teknik Sipil

Volume 3, Nomer 2.

Desember 2018

Penanggung Jawab :

Ir. Moch. Hazin Mukti, MT., MM

Mitra Bestari :

Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT

Dr. Ir. Kustamar, MT

Dr. Ir. Subandiyah Azis, CES

Dr. Faisal Estu Yulianto, ST., MT.

Dr. Gusfan Khalik, ST., MT.

Komite Pelaksana :

Dedy Asmaroni, ST., MT.

Taurina Jemmy Irwanto, ST., MT.

Ahmad Fatoni ST., M.MT.

Ahmad Fausi, ST.

Aldi Setiawan, ST.

Komite Pelaksana :

Fakultas Teknik – Universitas Madura

Jl. Raya Panglegur KM. 3,5 Pamekasan 69317

Telp. (0324) 322231 psw 114 Fax (0324) 327418

Email : Jurnal.rekayasa.unira@gmail.com

REKAYASA TEKNIK SIPIL

Media Publikasi Karya Ilmiah di Bidang Teknik Sipil

Volume 3, Nomer 2.

Desember 2018

DAFTAR ISI

1. **Pembuatan Simulasi/Program Granulasi Tanah Berbutir Halus Menjadi Tanah Berbutir Kasar dengan Menggunakan Program Matlab**
Akhnad Maliki, Siswoyo 1-4
2. **Penggunaan Pasir Silika Sebagai Substitusi Agregat Halus untuk Meningkatkan Performance Bata Ringan**
Bambang Sujatmiko, Safrin Zuraidah, Wisnu Abiarto Nugroho, Elando Rizsa Putra Atmajaya 5-12
3. **Identifikasi Kawasan *Slump Area* di Kota Malang**
Fifi Damayanti, Pamela Dinar Rahma 13-20
4. **Studi Kelayakan Perumahan Citrapuri Keniten 1 Ponorogo Diliat Dari Site Plan**
Siti Choiriyah, Deni Eko Prasetyo 21-24
5. **Studi Perilaku Struktur *Eccentrically Brace Frame (EBF)* Akibat Beban Gempa dan Beban Siklik**
Budi Suswanto, Aniendhita Rizki Amalia, Isdarmanu, Fajri Aulia 25-32

PEMBUATAN SIMULASI/PROGRAM GRANULASI TANAH BERBUTIR HALUS MENJADI TANAH BERBUTIR KASAR DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM MATLAB

¹Akhmad Maliki, ²Siswoyo

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, Surabaya
E-mail: maliki.ts@uwks.ac.id

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, Surabaya
E-mail: siswoyosecure@gmail.com

ABSTRAK: Lumpur Sidoarjo (LuSi) merupakan semburan lumpur panas yang berasal dari dalam perut bumi. Komponen material yang dimuntahkan oleh LuSi sebagian besar berupa lempung. Jika dilihat dari sifat fisik LuSi yang berbentuk lempengan lebar, plastisitas dan penyusutan yang tinggi menyebabkan LuSi sulit untuk dipindahkan/diangkut. Agar dapat dengan mudah untuk mengangkutnya dan dapat digunakan untuk tanah urugan reklamasi yang tidak perlu lagi mengambil material urugan di daerah *quarry*, maka ukuran butiran LuSi harus dibesarkan melalui proses granular yang menggunakan drum granulator berputar. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat program dan simulasi granulasi LuSi dalam drum granulator, agar didapatkan ukuran butiran yang bergradasi baik (*well graded*). Penelitian yang akan dilakukan yaitu pembuatan program dan simulasi mengenai pembesaran partikel LuSi dengan menggunakan program Matlab. Dari hasil pemodelan dan simulasi akan didapatkan ukuran butiran yang bergradasi baik, variabel bebas yang memberikan distribusi ukuran butiran bergradasi baik adalah kecepatan putar drum 9 rpm dan sudut kemiringan drum 5 derajat dengan variabel tetap yaitu diameter drum 0,4 m dan Panjang drum 2m; sesuai dengan syarat *Unified Soil Classification System* (USCS) nilai $C_u = 5,61$ dan $C_c = 2,1$ berdasarkan nilai tersebut distribusi ukuran butiran didominasi oleh tanah pasir kasar dan pasir halus.

Kata Kunci : Model dan simulasi, Lumpur Sidoarjo (LuSi), granulasi, drum granulator, butiran bergradasi baik (*well graded*)

1. PENDAHULUAN

Lumpur Sidoarjo atau disebut LuSi merupakan semburan lumpur panas dari dalam perut bumi yang diakibatkan oleh pengeboran sumur eksplorasi gas milik PT Sidoarjo Brantas Inc. Volume lumpur yang dimuntahkan dari dalam perut bumi sangatlah besar, dimana komponen materialnya berupa lempung 71,43%, lanau 10,72%, dan pasir 17,86% (Noerwarsito, 2006 dalam Setyowati 2009). Jika dilihat dari sifat fisik LuSi yaitu memiliki bentuk berupa lempengan yang lebar dan memiliki sifat susut yang tinggi, sehingga LuSi sangat sulit untuk dipindahkan/diangkut yang mengakibatkan LuSi sulit untuk dapat dimanfaatkan dalam jumlah yang sangat besar misal dimanfaatkan sebagai tanah urug untuk reklamasi. Untuk memudahkan proses pemindahan/pengangkutan, ukuran butiran LuSi yang halus harus dirubah menjadi ukuran butiran kasar/lebih besar atau disebut granulasi dengan menggunakan drum granulator berputar.

Secara umum granulasi dapat dilakukan dengan cara butiran halus dimasukkan kedalam drum granulator, kemudian disemprotkan air dengan kecepatan, volume dan dalam periode waktu tertentu. Pembesaran butiran tersebut dipengaruhi oleh dua parameter/variabel tetap yaitu diameter dan panjang drum, sedangkan untuk variabel bebas yaitu kecepatan putar drum, suhu air dan kadar air, kemiringan drum, dan waktu tinggal dalam drum.

Supaya granulasi LuSi dapat dilakukan lebih efektif dan efisien tanpa harus melakukan coba-coba/praktek terlebih dahulu, maka perlu dilakukan simulasi/program dengan menggunakan program Matlab. Model matematis yang digunakan dalam granulasi yaitu menggunakan mekanisme *coalescence*, dari pengembangan model matematis dan simulasi/program pembesaran butiran

halus akan didapatkan variasi distribusi ukuran butiran yang di perlukan.

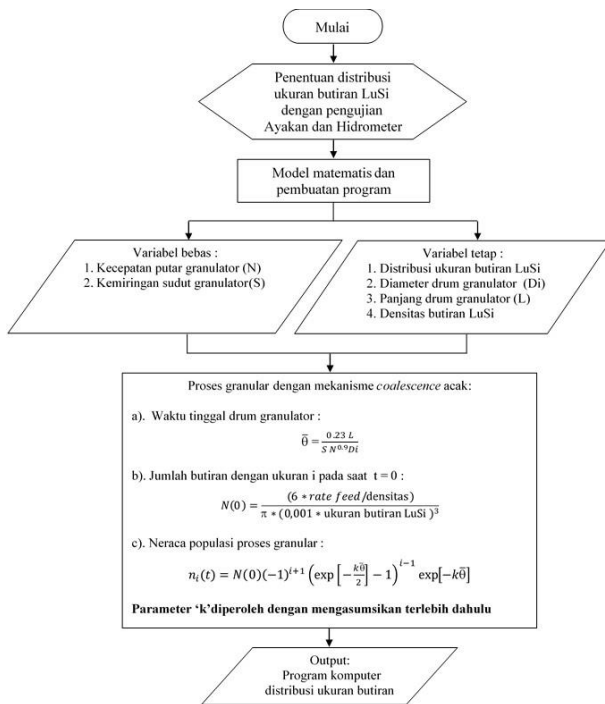
Dari uraian di atas perlu dilakukan pembuatan simulasi/program granulasi ukuran butiran LuSi yang berbutir halus dapat dirubah menjadi ukuran butiran kasar yang bergradasi baik dengan menggunakan program Matlab. Dengan demikian pada suatu saat akan dilakukan percobaan granulasi di Laboratorium, maka dapat diketahui terlebih dahulu ukuran butiran kasar yang sudah tersimulasi oleh program.

2. METODE PENELITIAN

Benda uji tanah LuSi diambil di lokasi semburan LuSi di Porong, Sidoarjo Jawa Timur. Pengujian benda uji LuSi dilakukan di laboratorium untuk menentukan sifat fisik dan distribusi ukuran butiran LuSi.

2.1 Pembuatan Program Granulasi

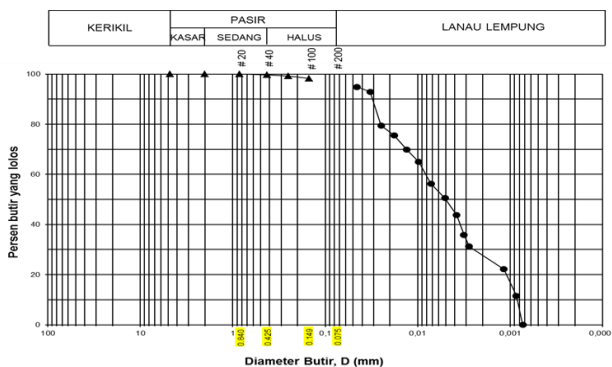
Pada tahap ini dilakukan pembuatan program. pengembangan model matematis mekanisme *coalescence* dan simulasi granulasi lempung LuSi menjadi butiran kasar untuk mendapatkan kurva distribusi ukuran butiran yang bervariasi. Pembuatan program granulasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir pembuatan program komputer “Kurva Distribusi Ukuran Butiran”

3. DISTRIBUSI UKURAN BUTIRAN LuSi

Tanah lempung yang digunakan untuk input distribusi ukuran butiran dalam penelitian ini adalah Lumpur Lapindo (LuSi) pada kedalaman kurang lebih 50 cm dari permukaan lumpur lapindo. Distribusi ukuran butiran LuSi diuji dengan analisa ayakan dan hidrometer di laboratorium dimana hasilnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva distribusi ukuran butiran tanah LuSi

Pada Gambar 2 terlihat bahwa distribusi ukuran butiran LuSi didominasi oleh ukuran butiran lanau lempung yaitu sebesar 95,5 % dan sisanya berupa butiran pasir-halus sebesar 4,5 % hal ini berarti bahwa tanah LuSi merupakan sebagian besar butiran halus. Dari data distribusi ukuran butiran pada Gambar 2 tersebut akan dirubah menjadi tanah berbutir kasar/granular dengan menggunakan program MATLAB.

4. PEMODELAN DAN SIMULASI DRUM GRANULASI LuSi

Mekanisme proses granulasi yang digunakan pada penelitian ini adalah mekanisme *coalescence*, karena mekanisme tersebut lebih mendukung pada ukuran butiran yang hampir sama atau homogen. Pada persamaan mekanisme *coalescence* dilakukan pemodelan matematis proses granulasi butiran tanah lempung yang menggunakan persamaan (1).

$$n_i(t) = N(0)(-1)^{i+1} \left(\exp \left[-\frac{k\theta}{2} \right] - 1 \right)^{i-1} \exp[-k\theta] \quad (\text{Pers. 1})$$

Volume rata-rata partikel meningkat seiring dengan bertambahnya waktu secara eksponensial yang menggunakan persamaan (2).

$$\bar{v}(t) = v_1 \exp \left[\frac{kt}{2} \right] \quad (\text{Pers. 2})$$

Namun dalam penyelesaian persamaan (1) diperlukan untuk mengestimasi waktu tinggal dalam drum granulator yang terdapat pada persamaan (3).

$$\bar{\theta} = \frac{0,23 L}{(\tan S) N^{0,9} D_i} \quad (\text{Pers. 3})$$

dimana : L adalah panjang granulator (m), D_i adalah diameter granulator (m), N adalah kecepatan putar granulator (rpm) dan S adalah kemiringan granulator ($^{\circ}$).

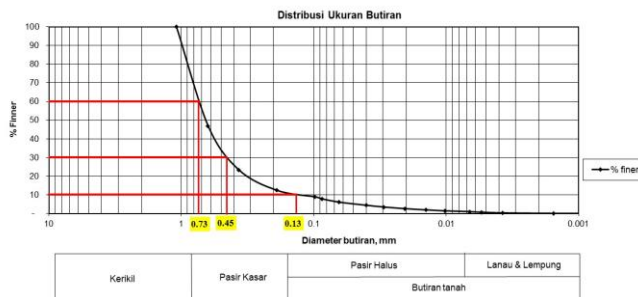
Simulasi dilakukan dengan membuat berbagai macam variabel bebas dengan parameter kemiringan sudut drum granulator (S), kecepatan putar drum granulator (N) dan *rate feed* umpan dan variabel tetap dengan parameter distribusi ukuran butiran, diameter drum granulator, panjang drum granulator, dan densitas butiran lempung yang terdapat pada Gambar 1. Dari hasil simulasi granulasi didapatkan kurva distribusi ukuran butiran yang bervariasi; harga parameter variabel bebas yang menghasilkan kurva distribusi ukuran butiran yang mempunyai bentuk *well graded* yaitu kecepatan putar (N) = 9 rpm, sudut kemiringan (S) = 5 derajat dan *rate feed* umpan = 1,35 kg/menit. Tabel 1 memperlihatkan perbandingan distribusi ukuran butiran initial dengan distribusi ukuran butiran dari hasil simulasi proses granular.

Tabel 1. Perbandingan Distribusi Ukuran Butiran Initial dan Hasil Simulasi Granular

No	Distribusi Ukuran Butiran Initial		Distribusi Ukuran Butiran Simulasi	
	Diameter (mm)	Persentase lolos ayakan (%)	Diameter (mm)	Persentase lolos ayakan (%)
1	0,42500	99,63	1.0928	100
2	0,25000	99,19	0.6299	46.9801
3	0,15000	98,26	0.3699	23.4468
4	0,07900	94,98	0.1904	12.4054

Lanjutan Tabel 1				
5	0,04157	94,87	0.0977	8.9172
6	0,03771	92,94	0.0863	7.8238
7	0,02893	79,44	0.0643	6.0781
8	0,01860	75,58	0.0401	4.4040
9	0,0142	69,80	0.0295	3.4669
10	0,0102	64,98	0.0204	2.5974
11	0,0074	56,30	0.0141	1.9317
12	0,00560	50,52	0.0102	1.4179
13	0,00390	43,77	0.0067	0.9757
14	0,00341	35,86	0.0054	0.6873
15	0,00259	31,24	0.0037	0.3299
16	0,00123	22,17	0.0016	0.0578
17	0,00077	11,57	0.0007	0.0128

Tabel 1 terlihat bahwa granulasi pembesaran ukuran butiran initial didominasi oleh butiran pasir-kasar dan pasir-halus sebesar 92%, sedangkan lanau lempung sebesar 8%. Dari perolehan nilai tersebut, menunjukkan bahwa simulasi granulasi mengalami pembesaran ukuran butiran dimana sebelumnya yaitu kondisi initial ukuran butiran didominasi oleh tanah lempung/butiran halus sebesar 95,5 %. Hasil simulasi proses granulasi distribusi ukuran butiran tersebut diplot seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai C_u dan C_c yang sesuai dengan syarat USCS.



Gambar 3. Kurva distribusi ukuran butiran dari hasil simulasi proses granular

Dari Gambar 3 di atas dapat dilihat bahwa diameter dimana butiran yang lolos ayakan 60 %, 30%, dan 10% adalah masing-masing sebesar 0,73 mm, 0,45 mm, dan 0,13 mm. Tanah yang bergradasi baik harus memenuhi parameter koefisien keseragaman (C_u) yang ditentukan dengan menggunakan persamaan (4).

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (\text{Pers. 4})$$

dan koefisien gradasi (C_c) yang dihitung dengan menggunakan persamaan (5).

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} \quad (\text{Pers. 5})$$

dimana :

C_u = Koefisien keseragaman

C_c = Koefisien gradasi

D_{10} = Diameter bersesuaian dengan 10% lolos ayakan

D_{30} = Diameter bersesuaian dengan 30% lolos ayakan

D_{60} = diameter yang bersesuaian dengan 60% lolos ayakan yang ditentukan dari kurva distribusi ukuran butiran.

Dari perhitungan diperoleh bahwa harga $C_u = 90$ dan harga $C_c = 2,61$. Berdasarkan sistim klasifikasi USCS, syarat ukuran butiran bergradasi baik/*well graded* yaitu harga $C_u \geq 4$ untuk kerikil dan $C_u \geq 6$ untuk pasir, dan harga $1 \leq (C_c) \leq 3$. Oleh sebab itu, tanah hasil simulasi dari proses granulasi tersebut dapat dikelompokkan sebagai tanah kerikil bergradasi baik/*well graded*.

5. KESIMPULAN

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa simulasi granulasi LuSi dari model yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah:

1. Distribusi butiran LuSi didominasi oleh butiran lanau lempung sebesar 95,5 % dan sisanya berupa butiran pasir halus sebesar 4,5%, artinya bahwa tanah LuSi sebagian besar merupakan butiran halus.
2. Simulasi kecepatan drum granulator yang memberikan distribusi ukuran butiran yang bergradasi baik (*well graded*) berdasarkan USCS adalah 9 rpm.
3. Simulasi sudut putar drum granulator yang memberikan distribusi ukuran butiran yang bergradasi baik (*well graded*) berdasarkan USCS yaitu 5°.

Dalam simulasi ini, diameter dan panjang drum granulator adalah tetap yaitu masing-masing sebesar 0,4 meter dan 2 meter.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Das, B. M. (1985), Alih bahasa : Noor Endah dan Indrasurya B. (1988), "*Mekanika Tanah (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis)*", Jilid I, Erlangga Jakarta.
- Ennis, B. J. (2010), "*Agglomeration Technology : Equipment Selection*". Chemical Engineering www.che.com
- Faizah, I. (2013), *Peningkatan Perilaku Lumpur Sidoarjo (LuSi) dengan Bahan Additive CaCO3 dan Ca(OH)2 untuk Material Urugan*, Tesis, ITS, Surabaya.
- Holtz, R. D. dan Kovacs, W. D. (1981), *An Introduction To Geotechnical Engineering*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- Irawan, F. A. (2012), *Buku Pintar Pemograman Matlab*, MediaKom. Yogyakarta.
- Kapur, P. C. and Runkana, V. (2003), "*Balling and Granulation Kinetics Revisited*". International Journal Miner Process, 72 (2003) 417 – 427.
- Lachman, L., A. L. Herbert, & L. K. Joseph (1994), "*Teori dan Praktek Farmasi Industri*". Diterjemahkan oleh: Siti Suyatmi. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Parikh, D. M. (2010), "*Handbook of Pharmaceutical Granulation Technology (Theory of Granulation : An Engineering Perspective)*". Informa Healthcare, New York USA.

- Perloff, W. H. & Baron, W. (1976), "*Soil Mechanics Principle and Application*". The Ronald Press Company, New York.
- Pietsch, W. (1991), "*Size Enlargement by Agglomeration*". John Wiley & Sons Ltd, West Sussex. England.
- Sastry K., and Fuerstenau D., In: Sastry KVS (1977), ed. Agglomeration 77. AIME, 381. New York.
- Setyowati, E. W. (2009), "*Penggunaan Campuran Lumpur Lapindo Terhadap Peningkatan Kualitas Genteng Keramik*". Dinamika Teknik Sipil Vol. 9 No. 1 (2009) 67 – 75.
- Sridharan, A. dan Prakash, K. (2000), "*Classification Procedure For Expansive Soils*". Proceeding Instn. Civ. Engsr. Geotech. Engineering.
- Venkataramana, R., Kapur, P.C., dan Gupta, S. S. (2002), "*Modelling of Granulation by a Two-stage Auto-layering Mechanism in Continuous Industrial Drums*". Chemical Engineering Science, 57 (2002) 1685 - 1693.
- Yliniemi, L. (1999), "*Advanced Control of A Rotary Dryer*". Oulu University Library, University of Oulu Finland.
- [http://id.wikipedia.org/wiki/Banjir lumpur panas Sidoarjo](http://id.wikipedia.org/wiki/Banjir_lumpur_panas_Sidoarjo)
- www.bpls.go.id/.../KARAKTERISTIKLUMPURSDA

PENGUNAAN PASIR SILIKA SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS UNTUK MENINGKATKAN PERFORMANCE BATA RINGAN

Bambang Sujatmiko¹, Safrin Zuraidah², Wisnu Abiarto Nugroho³, Elando Rizsa Putra Atmajaya⁴,

¹Bambang sujatmiko, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya

²Safrin Zuraidah, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya

³Wisnu Abiarto Nugroho, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya

⁴Elando Rizsa Putra Atmajaya, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya

Email: bambang.sujatmiko@unitomo.ac.id

Abstrak : Dengan kemajuan teknologi banyak ditemukan alternative bahan bangunan yang memudahkan pengerjaan, biaya yang semakin murah, ramah lingkungan, kecepatan dalam aplikasi dan masih banyak lagi keuntungan lainnya. Bata ringan sebagai bahan alternative pengganti bata merah saat ini banyak digunakan dan diaplikasikan pada pembangunan gedung dan rumah karena bata ringan memiliki berat jenis lebih ringan dari pada bata ringan pada umumnya dan dapat diatur sesuai kebutuhan berkisar berkisar 600-1600 kg/m³ sesuai dengan standart berat bata ringan pada SNI 03-2461-2002. Pasir silika adalah salah satu mineral yang umum ditemukan di kerak kontingen bumi. Mineral ini memiliki struktur kristal heksagonal yang terbuat dari silika trigonal terkristalisasi silikon dioksida (SiO₂), dengan skala kekerasan Mohs 7, densitas 2,65 g/cm³, titik lebur 17.150°C dan konduktivitas panas 12 – 1000°C. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh penggunaan variasi pasir silika terhadap tercapainya kuat tekan dan kuat tarik belah pada bata ringan dan untuk mendapatkan komposisi optimum yang menghasilkan kuat tekan dan kuat tarik belah maksimum pada bata ringan. Bahan-bahan campuran bata ringan yang dipakai adalah semen gresik PC type 1, pasir Mojokerto dengan batas gradasi zone 3, penambahan *foam Agent* sebanyak 0,4 lt/variasi (12 benda uji = 0,063 m³) dan penambahan kalsium sebesar 5% dari berat semen. Dalam pembuatan benda uji dengan variasi campuran pasir silika 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dengan perbandingan campuran semen : pasir yaitu sebesar 1 : 4 dan penggunaan faktor air semen 0,5 didapatkan hasil nilai kuat tekan maksimal 2,924 N/mm² atau 2,924 Mpa dan pada nilai kuat tarik belah maksimal dengan nilai sebesar 0,353 N/mm² atau 0,353 Mpa.

Kata kunci: bata ringan, pasir silika, kuat tekan, kuat tarik belah

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi konstruksi semakin pesat, khususnya pada inovasi terhadap bahan bangunan yaitu dengan semakin banyak ditemukannya bahan bangunan baru yang bertujuan untuk memudahkan pengerjaan, ramah lingkungan, efek kenyamanan, ketahanan umur dan kecepatan dalam pengaplikasian. Saat ini, material untuk pemasangan dinding yang sedang populer selain batu bata adalah bata ringan.

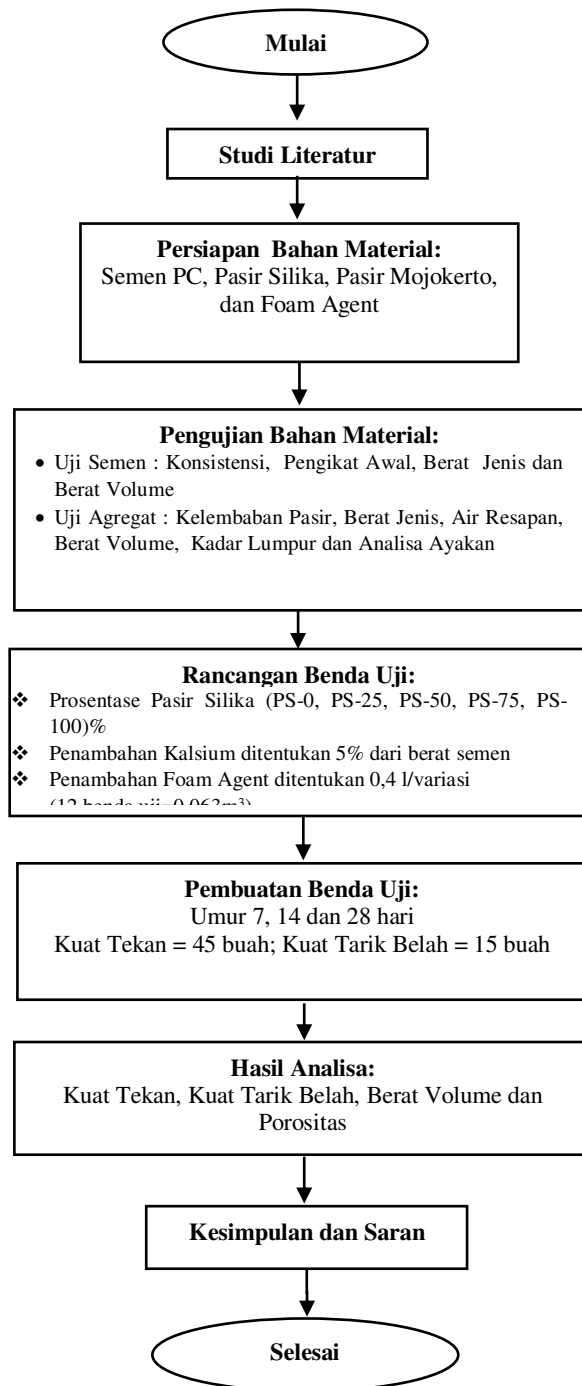
Dalam penelitian ini, bahan tambahan yang akan digunakan adalah pasir silika, kalsium dan *foam agent*. Pasir silika adalah salah satu mineral yang umum ditemukan di kerak kontingen bumi. Mineral ini memiliki struktur kristal heksagonal yang terbuat dari silika trigonal terkristalisasi silikon dioksida (SiO₂), dengan skala kekerasan Mohs 7, densitas 2,65 g/cm³, titik lebur 17.150°C, dan konduktivitas panas 12 – 1000°C. Bentuk umum silika adalah prisma segienam yang memiliki ujung piramida segienam (sumber : wikipedia = Kuarsa/Silika) dan berwarna putih bening atau warna lain bergantung pada senyawa pengotornya

Bata ringan adalah bahan bangunan yang di buat dengan teknologi modern sehingga kekuatan bata ringan tersebut sangat lah kuat dari bata merah atau pun batako dan juga sangatl mudah cara pemasangannya. Bata ringan memiliki berat jenis lebih ringan dari pada beton pada umumnya. Berbeda dengan beton ringan biasa berat bata ringan dapat diatur sesuai kebutuhan. Pada umumnya beton ringan berkisar 600-1600 kg/m³.

2. METODE PENELITIAN

Metode pada penelitian ini terdiri dari beberapa bagian meliputi, studi literatur, persiapan bahan material, pengujian bahan material, perancangan benda uji, pembuatan benda uji, hasil analisa dan kesimpulan dan saran (Gambar 1). Benda uji beton yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan total benda uji 60 buah, langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada dialgram alir Gambar 1 dibawah ini :

Jumlah total benda uji sebanyak 60 buah terdiri dari Kuat tekan 45 buah dan kuat tarik belah 15 buah, dengan komposisi pasir silika FS-0%, FS-25%, FS-50%, FS-75%, dan FS-100%, penambahan kalsium sebanyak 5% dari berat semen, dan penambahan foam agent sebanyak 0,4 lt/variasi (12 benda uji =0,063 m³), lalu menggunakan factor air semen (FAS) 0,5. Kemudian diuji menggunakan mesin kuat tekan dengan posisi horizontal dan variasi umur bata ringan 7, 14 dan 28 hari, untuk kuat tarik belah diuji menggunakan mesin kuat tekan dengan posisi vertikal dan tambahan penampang besi dengan variasi umur bata ringan 28 hari. Desain komposisi dan banyaknya benda uji adalah sebagai berikut yang dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini:



Gambar 1 Diagram Alir

Tabel. 1 Jumlah Benda Uji.

Kode Benda Uji (%)	Kalsium (%) dari berat semen	Foam Agent (lt/variase)	Umur Beton (hari)	Kuat Tekan	Kuat Tarik Belah
PS-0	5	0,4	7	3	-
			14	3	-
			28	3	3
PS-25	5	0,4	7	3	-
			14	3	-
			28	3	3

Lanjutan Tabel 1

PS-50	5	0,4	7	3	-
			14	3	-
			28	3	3
PS-75	5	0,4	7	3	-
			14	3	-
			28	3	3
PS-100	5	0,4	7	3	-
			14	3	-
			28	3	3
Total Benda Uji				45	15
				60	

• Prosedur Pengujian Kuat Tekan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan bata ringan, pembebanan dilakukan sampai silinder bata ringan hancur dan dicatat besarnya beban maksimum P yang selanjutnya digunakan untuk menentukan tegangan tekan bata ringan (f'_c). Pengujian kuat tekan dilakukan dengan posisi benda uji silinder dengan arah vertikal dan posisi tepat di tengah mesin kuat tekan.

• Kuat Tekan

$$K = \frac{P}{A} \quad (\text{Pers. 1})$$

Dimana:

P = Beban Tekan (N)

A = Luas (mm^2)

K = Kuat Tekan (N/mm^2)

• Prosedur Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tarik belah bata ringan, embebanan dilakukan sampai silinder bata ringan hancur dan dicatat besarnya beban maksimum P yang selanjutnya digunakan untuk menentukan kekuatan tarik belah bata ringan (f_{tr}). Pengujian kuat tarik belah dilakukan dengan posisi benda uji silinder dengan arah horizontal dan posisi tepat di tengah mesin kuat tekan dengan penambahan alat bantu besi penampang.

• Kuat Tarik Belah

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \quad (\text{Pers. 2})$$

Dimana :

f_{ct} = Kuat Tarik Belah (N/mm^2)

P = Beban pada Waktu Belah (N)

L = Panjang Benda Uji Silinder (mm)

D = Diameter Benda Uji Silinder (mm)

• Prosedur Pengujian Berat Volume Bata Ringan

Pengujian berat volume bata ringan dilakukan untuk mengetahui hasil akhir berat volume bata ringan per satuan volume benda uji. **Berat Volume**

$$BV = G - T / V \quad (\text{Pers. 3})$$

Keterangan :

G = Berat Benda Uji dan Silinder (N)

T = Berat Penakar (N)

V = Volume Silinder (mm^3)

• Prosedur Pengujian Porositas

Pengujian Porositas dilakukan untuk mengetahui besarnya porositas yang terdapat pada benda uji. Semakin besar porositas yang terdapat pada benda uji maka

semakin rendah kekuatannya. Pengujian porositas menggunakan benda uji berbentuk silinder ukuran diameter 5 cm dan tinggi 10 cm.

• Porositas Bata Ringan

$$\frac{m_b - m_k}{v_b} \times \frac{1}{\rho(\text{air})} \times 100\% \quad (\text{Pers. 4})$$

Dimana:

N = Porositas Benda Uji (%)
 m_b = Berat Basah Benda Uji (kg)
 m_k = Berat Bata Kering (kg)
 V_b = Volume Benda Uji (kg/m^3)
 P = rho air

• Porositas Bata Ringan

$$\frac{m_b - m_k}{v_b} \times \frac{1}{\rho(\text{air})} \times 100\% \quad (\text{Pers. 5})$$

Dimana:

N = Porositas Benda Uji (%)
 m_b = Berat Basah Benda Uji (kg)
 m_k = Berat Bata Kering (kg)
 V_b = Volume Benda Uji (kg/m^3)
 P = rho air

3. HASIL PENEITIAN

Sebelum proses pembuatan benda uji bata ringan, pertama-tama dilakukan analisa bahan. Analisa bahan ini terdiri atas analisa semen dan analisa agregat halus. Proses ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik bahan yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji, sehingga pada saat penyusunan campuran desain hasil yang didapatkan bisa mencapai kekuatan sesuai rencana. Adapun hasil pengujian bahan material dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini:

• Kebutuhan Total Material

Perencanaan campuran beton merupakan suatu hal yang kompleks jika dilihat dari perbedaan sifat dan karakteristik bahan penyusunannya. Karena bahan penyusun tersebut akan menyebabkan variasi dari produk beton yang dihasilkan. Pada dasarnya perancangan campuran dimaksudkan untuk menghasilkan suatu proporsi campuran bahan yang optimal dengan kekuatan yang maksimum. Kebutuhan total seluruh bahan material dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2 Kebutuhan Total Material

No	Material	Kebutuhan Material
1	Semen	87,45 kg
2	Pasir (silika)	174,9 kg
3	Pasir (Mojokerto)	174,9 kg
4	Air	43,75 ltr
5	Kalsium	0,43725 kg
6	Foam Agent	200 ml

Sumber: Hasil Olahan Peneliti

• Proporsi Campuran Bata Ringan

Dalam penelitian ini terdapat 5 variasi dengan campuran pasir silika dan pasir Mojokerto yaitu:

1. Pasir silika PS-0 % dan pasir Mojokerto 100 %.
2. Pasir silika PS-25 % dan pasir Mojokerto 75 %.
3. Pasir silika PS-50 % dan pasir Mojokerto 50 %.
4. Pasir silika PS-75 % dan pasir Mojokerto 25 %.
5. Pasir silika PS-100 % dan pasir Mojokerto 0 %.

Proporsi kebutuhan bahan material pada campuran pembuatan foam agent dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini;

Tabel 3 Proporsi Campuran Bata Ringan

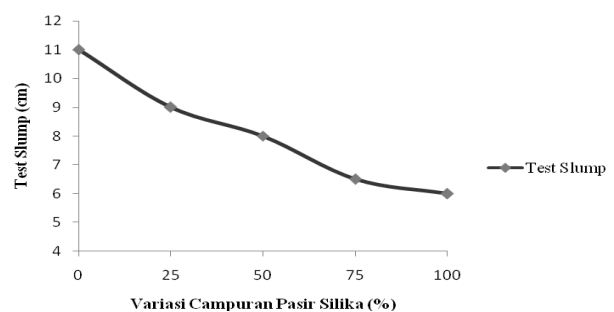
Var	Semen (kg)	Pasir (silika) (kg)	Pasir (Mjkt) (kg)	Air (ltr)	Kalsium (kg)	Foam Agent (ml)
1	17,5	0	69,96	8,75	0,875	40
2	17,5	17,49	52,47	8,75	0,875	40
3	17,5	34,98	34,98	8,75	0,875	40
4	17,5	52,47	17,49	8,75	0,875	40
5	17,5	69,96	0	8,75	0,875	40

• Test Slump

Slump Test dilakukan untuk mengetahui tingkat kekentalan adukan hasil pencampuran, yang dapat menggambarkan kemudahan pengerjaan (workability) bata ringan. Pada dasarnya perancangan campuran dimaksudkan untuk menghasilkan suatu proporsi campuran bahan yang optimal dengan kekuatan yang maksimum. Adapun hasil dari pengujian slump dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 2 dibawah ini:

Tabel 4 Hasil Pengujian Test Slump

No.	Kode benda uji (%)	Test Slump 1 (cm)	Test Slump 2 (cm)	Test Slump (Rata-Rata) (cm)
1	PS-0	10,5	11,5	11
2	PS-25	8,5	9,5	9
3	PS-50	8,5	7,5	8
4	PS-75	6	7	6,5
5	PS-100	5,5	6,5	6



Gambar 2 Grafik Hasil Test Slump Terhadap Variasi Campuran Pasir Silika

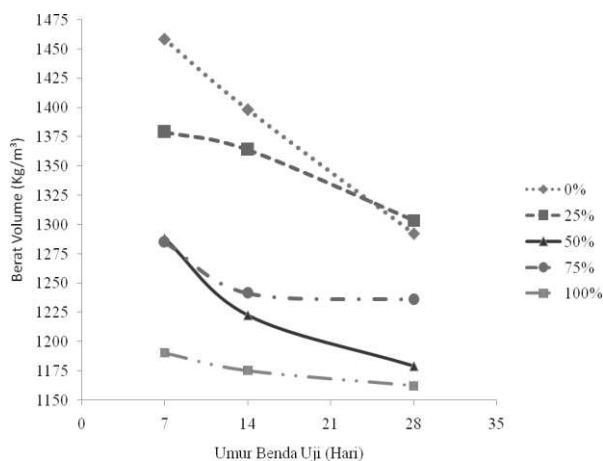
Dari Tabel 4 dan Gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai slump semakin menurun seiring dengan variasi persentase campuran pasir silika. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin besar penambahan pasir silika pada campuran bata ringan, maka akan menurunkan sifat *workability*/kelecekan bata ringan tersebut. Batasan nilai test slump dengan menggunakan kerucut abrams yaitu 6-12 cm. Dapat disimpulkan penggunaan agregat berpengaruh terhadap hasil test slump, ditinjau dari pengujian material air resapan pada pasir silika lebih tinggi dari pada pasir Mojokerto yaitu 1,72% untuk pasir silika dan 1,318 untuk pasir Mojokert. Penggunaan faktor air semen (FAS) sangat berpengaruh pada hasil nilai test slump, pada penelitian ini faktor air semen (FAS) yang digunakan adalah 0,5

• Berat Volume Benda Uji

Pengujian benda uji bertujuan untuk mengetahui batas dari kriteria kekuatan, kualitas dan kuantitas terutama pada penelitian bata ringan. Pengujian yang dilakukan adalah berat volume, kuat tekan dan kuat tarik belah. Adapun hasil pengukuran berat benda uji dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 3 di bawah ini ditinjau per variasi campuran pasir silika.

Tabel 5 Rekapitulasi Perhitungan Berat Volume Rata-Rata Pada Umur 7, 14, & 28 Hari

No.	Kode benda uji (%)	Berat Volume Rata-Rata (Kg/m ³)		
		7	14	28
1	PS-0	1458,5	1398,1	1292,4
2	PS-25	1379,2	1364,1	1303,7
3	PS-50	1288,7	1222,6	1179,2
4	PS-75	1284,9	1241,5	1235,8
5	PS-100	1190,6	1175,5	1162,3



Gambar 3 Grafik Rekapitulasi Hasil Perhitungan Berat Volume Rata-rata Terhadap Umur Benda Uji

Berdasarkan Tabel 5 dan Gambar 3 menunjukkan umur benda uji dan presentase penambahan pasir silika mempengaruhi berat volume rata-rata bata ringan. Dari data hasil pengujian terlihat bahwa variasi campuran pasir silika 0 % di umur 7 hari memiliki hasil berat volume

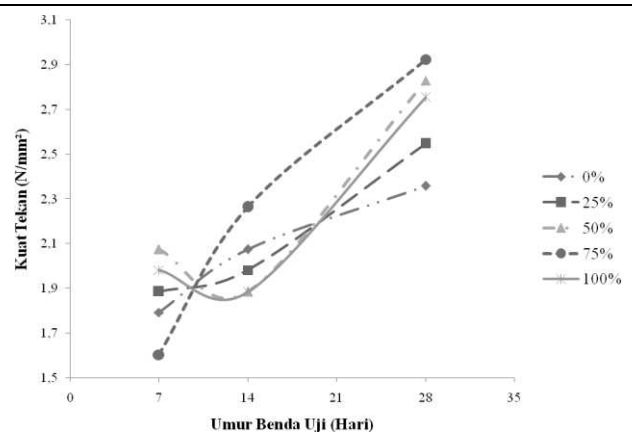
rata-rata terbesar yaitu 1458,5 Kg/m³ dan pada variasi campuran pasir silika 100 % umur 28 hari memiliki hasil berat volume rata-rata terkecil yaitu 1162,3 Kg/m³. Dari situ dapat disimpulkan bahwa selain persentase campuran pasir silika yang mempengaruhi berat volume rata-rata juga terdapat lama umur benda uji yang mempengaruhi berat volume rata-rata. Menurut (SNI 03-3449-1994) beton ringan adalah beton yang memakai agregat ringan atau campuran pasir alam sebagai agregat pengganti dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton yaitu 1850 Kg/m³ yang pada umumnya berat bata ringan berkisar antara 600 Kg/m³ – 1600 Kg/m³. Dengan demikian hasil pengujian berat volume memenuhi standart dan dapat dikategorikan sebagai bata ringan.

• Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan posisi benda uji silinder dengan arah vertikal dan posisi tepat di tengah mesin kuat tekan. Adapun dari hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium Teknologi Beton Universitas Dr. Soetomo Surabaya dapat dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 4 sebagai berikut:

Tabel 6 Rekapitulasi Pengujian Kuat Tekan Rata-Rata Pada Umur 7, 14, dan 28 Hari

No.	Kode Benda Uji (%)	Kuat Tekan (N/ mm ²)		
		7 hari	14 hari	28 hari
1	PS-0	1,792	2,075	2,358
2	PS-25	1,886	1,981	2,547
3	PS-50	2,075	1,886	2,83
4	PS-75	1,603	2,264	2,924
5	PS-100	1,981	1,883	2,753



Gambar 4 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata-Rata Pada Umur 7, 14, dan 28 Hari

Berdasarkan Tabel 6 dan Gambar 4 data hasil pengujian terlihat bahwa variasi campuran pasir silika 75 % memiliki rata-rata hasil kuat tertinggi jika ditinjau antara kuat tekan dan umur benda uji yaitu pada umur 7 hari memiliki hasil kuat tekan rata-rata terkecil yaitu 1,603 N/mm², umur 14 hari memiliki hasil kuat tekan 2,264 N/mm² dan pada variasi campuran pasir silika 75 % umur 28 hari memiliki hasil kuat tekan rata-rata terbesar yaitu 2,924 N/mm². Berbeda dengan campuran variasi

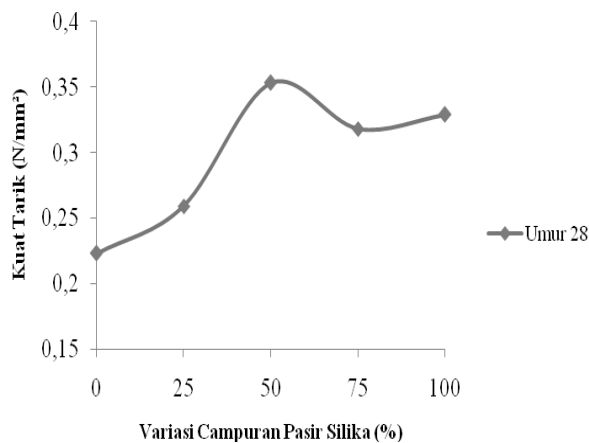
pasir silika 50 % pada saat umur 7 hari memiliki kuat tekan tertinggi yaitu 2,075 N/mm² namun menurun saat umur 14 hari menjadi 1,886 N/mm² dan mengalami peningkatan lagi pada saat umur 28 hari yaitu 2,83 N/mm².

• Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tarik belah dilakukan dengan posisi benda uji silinder dengan arah horizontal dan posisi tepat di tengah mesin kuat tekan dengan penambahan alat bantu besi penampang. Adapun dari hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium Teknologi Beton Universitas Dr. Soetomo Surabaya dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 5 sebagai berikut:

Tabel 7 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Benda Uji Pada Umur 28 Hari

No.	Kode Benda Uji (%)	Kuat Tarik Belah (N/mm ²)
1	PS-0	0,223
2	PS-25	0,259
3	PS-50	0,353
4	PS-75	0,318
5	PS-100	0,329



Gambar 5 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tarik Benda Uji Pada Umur 28 Hari

Berdasarkan Tabel 7 dan Gambar 5 menunjukkan dengan penambahan pasir silika mempengaruhi hasil kuat tarik belah rata-rata pada bata ringan. Dari data hasil pengujian terlihat bahwa variasi campuran pasir silika 0 % umur 28 hari memiliki hasil kuat tarik belah rata-rata terkecil yaitu 0,223 N/mm² terus mengalami peningkatan kuat tarik yang terbesar pada variasi campuran pasir silika 50 % yaitu 0,353 N/mm² dan mengalami penurunan di variasi campuran pasir silika 75 % dengan hasil kuat tarik 0,318 N/mm² dan pada variasi campuran pasir silika 100 % mengalami peningkatan kembali menjadi 0,329 N/mm².

• Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Pada Umur 28 hari

Adapun hubungan antara kuat tekan dan kuat tarik belah dapat dilihat pada Tabel 8 di bawah ini:

Tabel 8 Hasil Pengujian Porositas Pada Umur 28 Hari

No.	Kode Benda Uji	Kuat Tekan (N/mm ²)	Kuat Tarik Belah (N/mm ²)	Hubungan Kuat Tarik Belah / Kuat Tekan $\alpha = \frac{f_{tr}}{\sqrt{f'_c}}$	Perbandingan Kuat Tarik Belah dan Kuat Tekan $\alpha = \frac{f_{tr}}{f'_c} \times 100 \%$
1	PS-0	2,358	0,223	0,145	9,45
2	PS-25	2,547	0,259	0,162	10,16
3	PS-50	2,83	0,353	0,178	10,58
4	PS-75	2,924	0,318	0,185	10,87
5	PS-100	2,753	0,329	0,198	11,95

Sumber: Hasil Olahan Peneliti

Hubungan nilai kuat tarik belah terhadap akar kuadran kuat tekan beton menurut SNI T-15-1991-03 menyatakan bahwa $f'_t = 0,7\sqrt{f'_c}$ pada hasil penelitian hubungan kuat tarik belah terhadap akar kuadran kuat tekan berkisar antara $f'_t = 0,145$ sampai $0,198\sqrt{f'_c}$ dan perbandingan kuat tarik belah terhadap kuat tekan berkisar antara 9,45 sampai 11,95%.

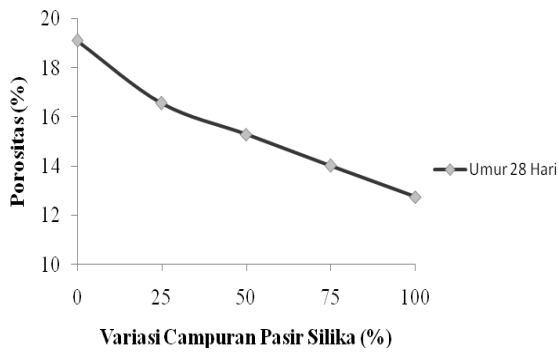
• Pengujian Porositas

Semakin tinggi tingkat kepadatan pada beton maka semakin besar kuat tekan atau mutu beton, sebaliknya semakin besar porositas beton, maka kekuatan beton akan semakin kecil. Jadi porositas juga memiliki pengaruh terhadap hasil nilai pada kekuatan kuat tekan dan kuat tarik belah pada bata ringan. Berikut hasil pengujian porositas bata ringan umur 28 hari pada Tabel 9 dan Gambar :

Tabel 9 Hubungan Campuran Variasi Pasir Silika Terhadap Porositas Pada Umur 28 Hari

No.	Kode Bana Uji	Porositas Rata-Rata (%)
1	PS-0	19,108
2	PS-25	16,561
3	PS-50	15,287
4	PS-75	14,013
5	PS-100	12,739

Sumber: Hasil Olahan Peneliti



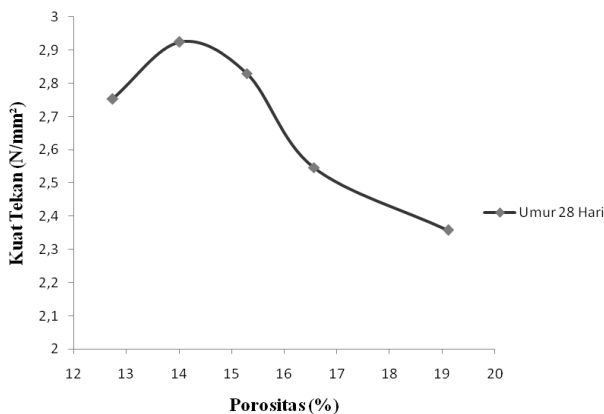
Gambar 6 Grafik Hubungan Campuran Variasi Pasir Silika Terhadap Porositas Pada Umur 28 Hari

Berdasarkan Tabel 9 dan Gambar 6 dapat dilihat bahwa semakin besar variasi campuran pasir silika maka berpengaruh terhadap semakin kecilnya porositas yang terjadi. Hal ini disebabkan karena pada pasir silika memiliki kadar resapan air yaitu 1,72 % dan pasir Mojokerto memiliki kadar air 1,38 %. Pada variasi campuran pasir silika 0 % memiliki nilai porositas 19,108 % dan terus mengalami penurunan hingga pada variasi campuran pasir silika 100 % memiliki nilai porositas 12,739 %.

Tabel 10 Hubungan Porositas Pada Umur Dengan Kuat Tekan 28 Hari

No.	Kode Banda Uji	Kuat Tekan (N/mm ²)	Porositas Rata-Rata (%)
1	PS-0	2,358	19,108
2	PS-25	2,547	16,561
3	PS-50	2,83	15,287
4	PS-75	2,924	14,013
5	PS-100	2,753	12,739

Sumber: Hasil Olahan Peneliti



Gambar 7 Grafik Hubungan Porositas Dengan Kuat Tekan Pada Umur 28 Hari

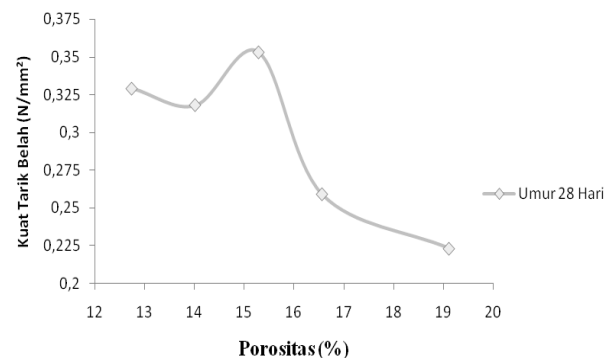
Dari Tabel 10 dan Gambar 7 dapat dilihat hubungan antara porositas dan kuat tekan pada umur 28 hari memiliki pengaruh, yang disimpulkan semakin kecil nilai porositas maka semakin tinggi pula hasil nilai dari kuat

tekan. Terlihat pada hasil nilai kuat tekan pada umur 28 hari yang memiliki nilai kuat tekan tertinggi 2,924 N/mm² dengan nilai porositas 14,013 % dan memiliki hasil nilai kuat tekan terendah pada umur 28 hari dengan nilai kuat tekan 2,358 N/mm² dengan nilai porositas 19,108 %. Hal ini membuktikan hasil dari nilai porositas juga berpengaruh terhadap hasil nilai kuat tekan pada bata ringan.

Tabel 11 Hubungan Porositas Dengan Kuat Tarik Belah Pada Umur 28 Hari

No.	Campuran Pasir Silika (%)	Kuat Tarik Belah (N/mm ²)	Porositas Rata-Rata (%)
1	0	0,223	19,108
2	25	0,259	16,561
3	50	0,353	15,287
4	75	0,318	14,013
5	100	0,329	12,739

Sumber: Hasil Olahan Peneliti



Gambar 8 Grafik Hubungan Porositas Dengan Kuat Tarik Belah Pada Umur 28 Hari

Dari Tabel 11 dan Gambar 8 dapat dilihat hubungan antara porositas dan kuat tarik belah memiliki pengaruh, dapat dilihat pada nilai porositas 15,287 % memiliki nilai kuat tarik belah tertinggi yaitu 0,353 N/mm², lalu mengalami penurunan kuat tarik belah pada nilai porositas 16,561 % dengan nilai kuat tarik belah 0,259 N/mm² sampai pada nilai porositas 19,108% mengalami nilai penurunan dengan nilai kuat tarik belah 0,223 N/mm².

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil data pengujian dan grafik yang merupakan hasil penelitian mengenai penggunaan pasir silika dan penambahan kalsium pada pembuatan bata ringan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Pengaruh kuat tekan dan kuat tarik belah dari hasil penelitian menggunakan substitusi pasir silika pada komposisi PS-75%, umur 28 hari mengalami kenaikan kuat tekan maksimal sebesar 2,924 N/mm² atau 2,924 Mpa, sedangkan kuat tarik belah maksimal sebesar 0,353 N/mm² atau 0,353 Mpa. Pada komposisi PS-50%,
- 2) Berat volume komposisi pasir silika PS-100 % umur 28 hari rata-rata sebesar 1162,3 Kg/m³, Menurut (SNI

03-3449-1994) beton ringan mempunyai berat berkisar antara $600 \text{ Kg/m}^3 - 1600 \text{ Kg/m}^3$. Dengan demikian hasil pengujian berat volume memenuhi standart dan dapat dikategorikan sebagai bata ringan.

5. SARAN

- 1) Sebelum melakukan penelitian perlu dikenali sifat bahan dan peralatannya terlebih dahulu dan juga diperlukan pemahaman yang baik dalam perencanaan dalam pembuatan bata ringan. Pada penelitian ini pengaruh penggunaan campuran pasir silika dengan prosentase tertentu sangat mempengaruhi hasil pada nilai kuat tekan dan kuat tarik belah, dengan campuran pasir silika masih memungkinkan didapatkan nilai kuat tekan dan kuat tarik belah yang lebih maksimal lagi dengan penambahan bahan tambahan yang lebih bervariasi misalkan prosentase foam agent yang lebih bervariasi, penggunaan campuran agregat selain pasir Mojokerto, kalsium yang bervariasi, penambahan zat aditif Aditton, perbandingan antara semen dan pasir yang bervariasi dan FAS yang juga bisa divariasi agar menghasilkan campuran yang optimal sehingga didapatkan nilai kuat tekan, kuat tarik belah yang maksimal.
- 2) Melihat hasil penelitian ini maka penelitian ini masih bisa dilanjutkan untuk mendapatkan kuat lebih dari 5 N/mm^2 atau 5 Mpa . Untuk pemakaian agregat halus (pasir silika) dengan presentase yang sudah optimum yaitu 75%, untuk menghasilkan nilai kuat tekan dan kuat tarik belah yang lebih maksimal lagi mungkin masih bisa dengan menggunakan pasir silika dengan mesh yang lebih bervariasi dan juga penggunaan substitusi bahan campuran selain pasir Mojokerto supaya bisa mendapatkan variasi bata ringan yang lebih ringan dan kuat sehingga menghasilkan bata ringan yang optimal melebihi batas maksimum yang telah ditentukan untuk kuat tekan dan kuat tarik belah.

6. DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. (1997), *Foaming Agents for Usse in Producing Cellular Concrete UsingPreformed Foam*, ASTM C 796 – 87.
- ASTM Standart, 2002, ASTM C 270, “standart kuat tekan mortar atau plesteran”, ASTM Internasional West Conshohocken.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2002. SNI 03-6882 Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan, Yayasan LPMB, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1971. Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971), Departemen Pekerjaan Umum.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2011, Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder SNI 1974-2011, Badan Standarisasi Nasional.
- Endang Kasiati, 2012 “Perubahan Kuat Tekan Optimum Beton Pada Komposisi Campuran Pasir Silika Dengan Pasir Limbah.
- Lilik Sri Widodo. 2015 “Pengaruh Foam Agend dan Serbuk Gypsun Terhadap Kualitas Bata Ringan”.Jurnal Universitas Muhammadiyah Surakarta.

<http://eprints.ums.ac.id/35543/1/naskah%20publikasi.pdf>

- Mukarom, 2018 “Pembuatan Bata Ringan Dengan Menambahkan Foam Agent Dengan Berbagai Komposisi”.
- Rezko Yunanda dkk, 2014 “Penggunaan Pasir Kuarsa Sebagai Bahan Pengganti Semen Tipe I Pada Disain Beton K-250 Dan K-300” Vol. 2, 2014.
- Rencana Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-2000 Standar Nasional Indonesia, Semen Portland Pozolan (SNI 15-0302-2004).
- Standar Nasional Indonesia, Metode Pengujian Waktu Ikut Awal Semen (SNI 03-6827-2002).
- Standar Nasional Indonesia, Tata Cara Pembuatan).
- Standar Nasional Indonesia, Bata Beton Untuk Pasangan Dinding (SNI 03-0349-1989).
- Subakti, A. 1995. *Mix Desain Beton Normal dengan Metode DOE dan ACI*. Surabaya

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

Identifikasi Kawasan *Slum Area* di Kota Malang

Fifi Damayanti¹ and Pamela Dinar Rahma²

¹ *SIPIL, Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tungga Dewi, Malang*

² *SIPIL, Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tungga Dewi, Malang*

E-mail: fifidamayanti197408@yahoo.com, pamela.dinar@unitri.com.

ABSTRAK: Perumahan dan permukiman adalah bagian dari kehidupan komunitas dan secara keseluruhan bagian dari lingkungan sosial. Baik secara langsung maupun tidak langsung akan selalu terjadi hubungan timbal balik baik antara penghuni dan huniannya yang juga tidak lepas dari konsep hubungan antara manusia dengan lingkungannya. Permukiman umumnya terbentuk dalam dan pada suatu kawasan yang merupakan hasil antara interaksi manusia dengan lingkungan alam ataupun sosialnya. Metode yang dipergunakan dalam penelitian ini yaitu metode penelitian yang bersifat deskriptif kualitatif yaitu pada saat untuk mengidentifikasi kawasan dan area *slum area* yang berada di kota Malang. Observasi populasi dilakukan pada 5 kecamatan, sampel yang dipakai sebanyak 7 kelurahan. Purposive Sampling adalah Metode dalam dipakai dalam menentukan sampel. Dari total sebanyak 57 kelurahan ditemukan 29 kelurahan dikategorikan kawasan permukiman kumuh. Kawasan kumuh di kota Malang diidentifikasi paling banyak terdapat pada daerah kecamatan Lowokwaru.

Kata Kunci: *slum area*, deskriptif kualitatif, malang

1. PENDAHULUAN

Berkembangnya suatu kota menyebabkan meningkatnya arus urbanisasi yang antara lain menimbulkan permasalahan akan perumahan dan permukiman. Secara formal melalui beberapa programnya, pemerintah terus berusaha menyelesaikan permasalahan mengenai perumahan dan permukiman. Namun dikarenakan permintaan akan kebutuhan perumahan dan permukiman yang terus meningkat, maka beberapa kalangan masyarakat membangun (baik secara individu maupun kelompok) secara ilegal. Perumahan dan permukiman adalah merupakan bagian yang tak terpisahkan dari kehidupan komunitas dan keseluruhan lingkungan sosial.

Hunian dalam arti harfiah yaitu dapat diidentifikasi sebagai dengan rumah atau sebagai benda mati. Jika dalam konteks ini, dimana hunian yang dimaksudkan sebagai istilah yaitu yang dimaksud? vernacular architecture?, yaitu merupakan hasil karya sebuah perwujudan kesepakatan dari seluruh lapisan masyarakat, dan bukan hasil dari karya seseorang saja dan juga merupakan bagian dari salah satu aktivitas kehidupan manusia yang menghuninya.

Akan selalu terjadi hubungan berupa timbal balik yaitu antara penghuni dan huniannya namun juga yang tidak lepas dari sebuah konsep hubungan antara manusia dengan sekitarnya / lingkungannya. Permukiman atau yang juga dapat disebut istilahnya sebagai Human Settlement dimana menurut Doxiadis () dalam Kuswartojo (2005) yaitu merupakan sebuah domain / tempat yang dihuni oleh sekelompok manusia. Dimana Manusia yang bermukim di berbagai tempat tersebut akan menentukan jenis bentuk permukimannya.

Permukiman terdiri dari elemen yaitu the content (society dan man) dan the container (network, shell, dan nature). Kelima unsur permukiman ini saling terikat dan terkait anatara satu sama lainnya, akan tetapi komposisi dan porsi lima elemen-elemen ini sangat variatif, sehingga nantinya akan dapat membentuk definisi permukiman dengan sebuah karakter tertentu.

Dari pemaparan mengenai definisi permukiman tersebut, dimana definisi permukiman tidak hanya dapat dipahami secara 3 (tiga) dimensi saja, melainkan juga dengan 4 (empat) dimensi, dikarenakan manusia dan masyarakat sejatinya selalu berubah-ubah dan cenderung berkembang secara berkelanjutan secara terus-menerus. Definisi permukiman kumuh dapat didasarkan pada karakteristiknya yaitu suatu lingkungan permukiman yang dulu maupun saat ini telah mengalami penurunan secara kualitas.

Atau Dengan kata lain dapat disebut memburuk yaitu secara fisik tersurat maupun tersirat, social-budaya maupun social-ekonomi. Dan tidak memungkinkan tercapainya kehidupan yang layak bahkan cenderung dapat membahayakan bagi penghuninya. Adapun Ciri permukiman kumuh yaitu merupakan bentuk permukiman dengan jenis tingkat hunian, kepadatan, kerapatan bangunan yang sangat tinggi, bentuk bangunan tidak teratur, dan juga kualitas hunian yang sangat rendah.

Disisi lain tidak memadainya prasarana dan sarana yang sangat pokok seperti sumber air minum, jaringan jalan, distribusi air limbah dan distribusi sampah. Kawasan kumuh adalah definisi kawasan dimana kondisi hunian dan kondisi hunian masyarakat di dalam kawasan tersebut teramat sangat buruk. Rumah hunian maupun sarana dan prasarana yang terdapat di Kawasan tersebut tidak sesuai dengan apa yang disebut standar yang sedang berlaku, baik yang dimaksud dengan standar kebutuhan, kepadatan-kerapatan bangunan, deskripsi persyaratan rumah sehat, deskripsi kebutuhan sarana air bersih, deskripsi sanitasi maupun deskripsi persyaratan kelengkapan prasarana jalan, deskripsi ruang terbuka, serta deskripsi kelengkapan fasilitas sosial lainnya.

Ciri-ciri sebuah pemukiman kumuh, adalah seperti yang didefinisikan oleh Prof. DR. Parsudi Suparlan adapun beberapa diantaranya adalah :

1. Fasilitas umum dimana kondisinya dapat dikatakan kurang atau sangat tidak memadai.
2. Kondisi ruang, hunian dan permukiman mencerminkan penghuninya kekurangan.
3. kesemrawutan ruang, intonasi volume dan kepadatan suara tinggi

4. Pemukiman kumuh merupakan suatu bentuk satuan-satuan komunitas dimana penghuninya hidup secara menyendiri dengan batas-batas berupa kebudayaan dan juga sosial yang jelas, yaitu terwujud sebagai:
 - Berbentuk Sebuah komunitas tunggal, lokasinya berada di tanah milik pemerintah / negara, dan karena itu dapat dikategorikan sebagai hunian liar.
 - Sebuah Satuan komunitas tunggal yang berbentuk bagian dari sebuah RT atau sebuah RW.
 - Sebuah satuan berbentuk komunitas tunggal yang berwujud yaitu sebagai sebuah RT atau RW atau bahkan memungkinkan terwujud sebagai sebuah Kelurahan, dan bukan berbentuk hunian liar.
5. Penghuni pemukiman kumuh apabila secara sosial dan ekonomi tidak cukup homogen, warganya didefinisikan mempunyai jenis mata pencaharian dan tingkat kepadatan-kepadatan yang beranekaragam, dan juga asal muasalnya. Dalam definisi masyarakat pemukiman kumuh juga dikenal adanya berbagai pelapisan sosial berdasarkan atas dasar kemampuan ekonomi mereka yang bervariasi dan berbeda-beda tersebut.
6. Sebagian besar penghuni pemukiman area kumuh adalah mereka pekerja yang bermata pencaharian di sektor informal atau disebut mempunyai mata pencaharian tambahan di sektor informal.

Jika didasarkan pada salah satu ciri diatas, dapat disebutkan bahwa permukiman kumuh diantaranya memiliki ciri kondisi ruang, hunian, dan pemukiman yang mencerminkan kondisi yang kurang mampu Penggunaan ruang yang berada pada sebuah ruang yang tidak sesuai akan fungsi aslinya sehingga nantinya berubah menjadi sebuah fungsi permukiman, seperti yang muncul pada daerah sempadan nantinya untuk kebutuhan Ruang Terbuka Hijau. Keadaan demikian akan menunjukkan bahwa penghuninya yang ekonominya kurang mampu untuk membeli atau bahkan menyewa rumah di area perkotaan dengan harga lahan dan bangunan yang tinggi, akan tetapi lahan kosong di daerah perkotaan pun sudah tidak tersedia. Permukiman tersebut muncul di permukaan dengan sarana dan prasarana yang kurang bahkan sangat tidak memadai, kondisi dan keadaan rumah yang kurang bahkan sangat tidak baik dengan kepadatan dan kerapatan yang tinggi serta mengancam kondisi kesehatan sekitar bahkan penghuni. Dengan begitu, permukiman yang berada pada kawasan area SUTET, kawasan area sempadan sungai, kawasan area sempadan rel kereta api, dan kawasan area sempadan situ/danau merupakan kawasan permukiman kumuh.

Menurut Ditjen Bangda Depdagri, ciri-ciri permukiman atau daerah perkampungan kumuh dan miskin dipandang dari segi sosial ekonomi adalah sebagai berikut :

1. Sebagian besar penduduknya berpenghasilan dan berpendidikan rendah, serta memiliki sistem sosial yang rentan.

2. Sebagian besar penduduknya berusaha atau bekerja di sektor informal Lingkungan permukiman, rumah, fasilitas dan prasarananya di bawah standar minimal sebagai tempat bermukim, misalnya memiliki:
 - Kepadatan penduduk yang tinggi > 200 jiwa/km²
 - Kepadatan bangunan > 110 bangunan/Ha.
 - Kondisi prasarana buruk (jalan, air bersih, sanitasi, drainase, dan persampahan).
 - Kondisi fasilitas lingkungan terbatas dan buruk, terbangun

Permukiman adalah bagian dari lingkungan di luar kawasan lindung, dapat merupakan kawasan perkotaan dan pedesaan, berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal atau hunian dan tempat kegiatan yang mendukung perikehidupan dan penghidupan. Sedangkan kata kumuh menurut kamus besar bahasa Indonesia diartikan sebagai kotor atau cemar. Jadi, bukan padat, rapat becek, bau, reyot, atau tidak teraturnya, tetapi justru kotornya yang menjadikan sesuatu dapat dikatakan kumuh.

Menurut Johan Silas, Permukiman Kumuh dapat diartikan menjadi dua bagian, yang pertama ialah kawasan yang proses pembentukannya karena keterbatasan kota dalam menampung perkembangan kota sehingga timbul kompetisi dalam menggunakan lahan perkotaan. Sedangkan kawasan permukiman berkepadatan tinggi merupakan embrio permukiman kumuh. Dan yang kedua ialah kawasan yang lokasi penyebarannya secara geografis terdesak perkembangan kota yang semula baik, lambat laun menjadi kumuh.

Untuk melakukan identifikasi kawasan permukiman kumuh digunakan kriteria. Penentuan kriteria kawasan permukiman kumuh dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai aspek atau dimensi seperti kesesuaian peruntukan lokasi dengan rencana tata ruang, status (kepemilikan) tanah, letak/kedudukan lokasi, tingkat kepadatan penduduk, tingkat kepadatan bangunan, kondisi fisik, sosial, ekonomi dan budaya masyarakat lokal. Selain itu digunakan kriteria sebagai kawasan penyangga kota metropolitan seperti kawasan permukiman kumuh teridentifikasi yang berdekatan atau berbatasan langsung dengan kawasan yang menjadi bagian dari kota metropolitan.

Kriteria kawasan permukiman kumuh Berdasarkan uraian diatas maka untuk menetapkan lokasi kawasan permukiman kumuh digunakan kriteria-kriteria yang dikelompokkan kedalam kriteria:

- VitalitasNonEkonomi
- VitalitasEkonomi Kawasan
- Status Kepemilikan Tanah
- Keadaan Prasarana dan Sarana
- Komitmen Pemerintah Kabupaten/Kota
- Prioritas Penanganan

Kegiatan penilaian kawasan permukiman kumuh dilakukan dengan sistem pembobotan pada masing-masing kriteria diatas. Umumnya dimaksudkan bahwa setiap kriteria memiliki bobot pengaruh yang berbeda-beda. Selanjutnya dalam penentuan bobot kriteria bersifat relatif dan bergantung pada preferensi individu atau

kelompok masyarakat dalam melihat pengaruh masing-masing kriteria.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian mengenai slum area ini menggunakan metode penelitian deskriptif kualitatif. Penelitian deskriptif kualitatif merupakan penelitian yang menghasilkan data non-numerik. Menurut Moleong (2015) sebuah fenomena yang dialami sebuah subyek dapat dipahami secara holistik dengan menggunakan penelitian kualitatif. Lebih jauh Moleong menyatakan bahwa salah satu karakteristik penelitian kualitatif adalah bersifat deskriptif. Deskriptif dalam hal ini mengandung arti bahwa pengumpulan data yang nantinya dilakukan menghasilkan data berupa gambar, kata-kata dan bukan numerik. Semua data yang didapatkan akan menjadi poin penting penelitian yang telah dilakukan. Sehingga laporan penelitian tersebut akan berisi dari kutipan-kutipan data yang menggambarkan penyajian data tersebut.

Penelitian deskriptif kualitatif bertujuan untuk mengungkapkan data, fenomena, variabel dan keadaan yang terjadi pada saat penelitian akan berlangsung dengan apa adanya. Hal ini akan berkaitan dengan karakteristik penelitian yang harus bersifat objektif. Penelitian ini menafsir dan memaparkan data yang nantinya terkait dengan fenomena yang sedang terjadi, perilaku dan pandangan yang ada dalam suatu masyarakat, pengaruh terhadap suatu peristiwa, perbandingan dua kondisi yang berbeda, perbedaan antar fakta dan lain-lain. Dalam penelitian kualitatif manusia diandalkan sebagai alat penelitiannya. Secara umum kegiatan yang akan dilakukan dalam penelitian ini antara lain aktivitas pengumpulan data, yang kemudian dianalisis, penginterpretasian data, hingga menarik sebuah simpulan yang berdasar kepada hasil analisis data tersebut.

Menurut Denzin & Lincoln, bahwa paradigma akan dipandang sebagai seperangkat utuh keyakinan-keyakinan dasar yang nantinya berkaitan dengan prinsip. Sedangkan Thomas Kuhn menyatakan bahwa sebuah paradigma digunakan dalam 2 arti yang berbeda. Pertama, paradigma dapat diartikan keseluruhan konstelasi nilai, Teknik, kepercayaan dan sebagainya yang dimiliki anggota-anggota masyarakat tertentu. Yang kedua, menunjuk sejenis elemen dalam konstelasi tersebut, pemecahan teka-teki konkrit dan apabila dijadikan sebagai sebuah model, akan mampu menggantikan kaidah-kaidah eksplisit sebagai dasar pemecahan sains normal dan tertinggal. Dalam sebuah penelitian paradigma digunakan sebagai sebuah dasar. Terdapat dua macam paradigma yang secara umum digunakan dalam penelitian ilmiah yaitu Scientific paradigm (paradigma ilmiah) dan naturalistic paradigm atau disebut paradigma alamiah merupakan paradigma yang secara umum. Pada arsitektur scientific paradigm berkaitan dengan rekayasa teknik arsitektur sedangkan naturalistic paradigm berhubungan dengan penjelasan bentuk yang selalu mengandung unsur makna simbolik

Dalam penelitian ini dilakukan observasi terhadap lima kecamatan dengan dilengkapi sampel kelurahan sebanyak 7 kelurahan. Kelurahan yang menjadi sampel adalah Kelurahan Dinoyo, Kelurahan Summersari

(Kecamatan Lowokwaru), Kelurahan Kauman (Kecamatan Klojen), Kelurahan Jodipan (Kecamatan Belimbing), Kelurahan Kota Lama (Kecamatan Kedung Kandang), Kelurahan Kasin dan Kelurahan Ciptomulyo (Kecamatan Sukun). Penentuan sampling menggunakan Purposive Sampling, peneliti menentukan sampel penelitian dengan asumsi bahwa kelurahan tersebut termasuk dalam kawasan permukiman kumuh atau slum area berdasarkan observasi awal.

3. KONDISI KAWASAN PERMUKIMAN KUMUH/SLUM AREA DI KOTA MALANG

Permasalahan utama program pengadaan perumahan yang belum terselesaikan hingga saat ini adalah kebutuhan perumahan yang layak bagi masyarakat dalam arti luas belum terpenuhi, khususnya bagi masyarakat miskin, dan masyarakat berpenghasilan rendah serta tidak tetap. Kelayakan perlu dipahami dengan kehidupan atau sifat sosio-ekonomi masyarakat yang bersangkutan bukan secara teknis rasional melainkan dengan memahami. Sejalan dengan pertumbuhan penduduk daerah perkotaan mengakibatkan peningkatan kebutuhan sarana dan prasarana perkotaan terutama kebutuhan perumahan (Panudju, 1999).

Salah satu permasalahan yang sampai sekarang belum bisa diselesaikan adalah penyediaan akan kebutuhan perumahan. Padahal rumah merupakan salah satu kebutuhan dasar bagi setiap manusia selain pangan dan sandang. Pengadaan perumahan daerah perkotaan sangat terbatas sehingga masalah pemenuhan kebutuhan perumahan sampai saat ini masih sulit dipecahkan, terutama bagi masyarakat berpenghasilan rendah. Mayoritas masyarakat miskin sering kali terpaksa melakukan sesuatu diluar hukum, bukan hanya dalam kaitan dengan tanah perkotaan tetapi juga dalam memperoleh tempat tinggal. Masyarakat miskin tidak mampu membangun sesuai dengan izin mendirikan bangunan yang berlaku (McAuslan, 1986).

Peraturan perencanaan dan pembangunan rumah, dimaksudkan untuk menjamin bahwa standar kesehatan dan keamanan dasar dapat terpenuhi. Tetapi dengan tuntutan standar yang tidak realistis dan terlalu mahal, mayoritas masyarakat miskin dipersalahkan karena tidak pernah memenuhi ketentuan standar. Kasus yang terjadi di sebagian besar negaranegara berkembang mengenai permasalahan rumah, khususnya bagi masyarakat golongan kurang mampu adalah golongan tersebut tidak mampu menjangkau harga rumah walaupun dalam batas ukuran layak minimal. Sehingga masyarakat tinggal di kawasan-kawasan marginal dengan kondisi rumah yang memprihatinkan, sebagai contoh yaitu di kota-kota besar dari negara dunia ketiga, jumlah penghuni yang tinggal di daerah permukiman liar semakin meningkat. Masyarakat tidak mampu membangun rumah yang layak (secara sah, memiliki saluran air dan mengindahkan kebersihan.

Pengadaan perumahan daerah perkotaan akan sangat terbatas, sedangkan menurut Panudju (1999) masalah akan pemenuhan kebutuhan perumahan hingga sampai saat ini masih sangat sulit dipecahkan, khususnya bagi masyarakat yang berpenghasilan rendah. Adapun Kebutuhan perumahan di daerah perkotaan akan selalu

meningkat dengan pesat. Akibatnya dimana sebagian penduduk yang kurang mampu, akan mencari tempat tinggal pada kawasan yang tidak atau kurang teratur, lingkungan kurang baik, kawasan slum, kawasan squater, atau pada kawasan marginal seperti pada bantaran sungai. Hal ini membentuk bentuk permukiman-permukiman liar yaitu dalam usaha untuk mendapatkan tempat untuk bernaung dan berlindung yang relative dekat dengan tempat bekerja.

Menurut Turner (1972) seiring dengan bertambahnya pendapatan, prioritas kebutuhan akan huniannya akan berubah. Prioritas kebutuhan akan perumahan bagi masyarakat yang berpenghasilan rendah dan sangat rendah akan memiliki perbedaan dalam urutan prioritas yang dipandang paling primer yaitu prioritas pertama terutama pada faktor jarak antara rumah dengan tempat bekerja, prioritas kedua terdapat pada faktor kejelasan status kepemilikan tanah dan hunian, sedangkan, dan prioritas terendah terletak pada faktor bentuk dan juga kualitas bangunan. Padahal Kota Malang adalah kota terbesar nomor dua di Jawa Timur. Kota Malang dikenal dengan semboyan berupa Tri Bina Cita yaitu sebagai berbagai nama diantaranya Kota Pariwisata, Kota Industri dan Kota Pendidikan yaitu yang mencerminkan profil akan potensi ekonomi Kota Malang, dengan batas wilayahnya :

- Sebelah Barat berbatasan yaitu dengan Kecamatan Wagir Kecamatan Dau
- Sebelah Timur berbatasan yaitu dengan Kecamatan Pakis dan Kecamatan Tumpang.
- Sedangkan Sebelah Utara berbatasan yaitu dengan Kecamatan Singosari dan Kecamatan Karangploso
- Sedangkan Sebelah Selatan berbatasan yaitu dengan Kecamatan Tajinan dan Kecamatan Pakisaji

Kota Malang yang beribukota di daerah Klojen yang memiliki luas sebesar 110 Km² yang terbagi kedalam 57 Kelurahan/Desa dan juga 5 Kecamatan. Adapun Komoditi unggulan Kota Malang yaitu terdiri atas sektor perkebunan dan jasa. Sektor produk Perkebunan adapun komoditi unggulannya adalah Kopi, Tebu, , dan Kelapa, sedangkan untuk sub sektor jasa tepatnya yaitu Pariwisata. Adapun Klasifikasi permukiman di Kota Malang akan dibagi menjadi tiga jenis yaitu permukiman yang dibangun oleh masyarakat, permukiman yang dibangun oleh pengembang. Jika dipandang dari trend yang ada saat ini maka pada hakikatnya permukiman yang dibangun oleh orang pribadi atau masyarakat terdapat tiga jenis yaitu permukiman yang tertata dengan rapi, permukiman sembarangan dan tidak teratur, serta permukiman kampung kumuh.

Laju Pertumbuhan dan Kepadatan Penduduk di Kota Malang Hasil dari Sensus Penduduk tahun 2010 Dari Tabel 1. Laju Pertumbuhan dan Kepadatan Penduduk di Kota Malang Hasil dari Sensus Penduduk tahun 2010 dapat diketahui bahwa kecamatan Klojen merupakan kecamatan terpadat di kota Malang, dan kecamatan Kedung Kandang yang merupakan kecamatan yang laju pertumbuhan penduduknya paling tinggi.

Selain itu berdasarkan data Pemerintah Kota Malang diketahui bahwa sebanyak 29 kelurahan dari keseluruhan total 57 kelurahan yang letaknya tersebar di berbagai penjuru di Kota Malang, tepatnya di provinsi Jawa Timur, ternyata masuk dikategorikan sebagai kawasan pemukiman kumuh. Pemukiman ini nantinya akan ditata ulang sedemikian rupa sehingga akan terwujud program bebas area dan kawasan kumuh pada tahun 2019.

Tabel 1. Laju Pertumbuhan dan Kepadatan Penduduk di Kota Malang Hasil Sensus Penduduk 2010

Kecamatan Districts	Luas Wilayah Area (Km ²)	Penduduk		Laju Pertumbuhan Pend. Thn Population Rate	Kepadatan Pend. Km ² 2010 Population Density
		Population of Census			
		Sensus Pend. 2000	Sensus Pend. 2010		
		Census 1990	Census 2000		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
010. Kedungkandang	39.89	150,262	174,477	2.72	4,374
020. Sukun	20.97	162,094	181,513	0.67	8,656
030. Klojen	8.83	117,500	105,907	-1.96	11,994
040. Blimbing	17.77	158,556	172,333	0.76	9,698
050. Lowokwaru	22.60	168,570	186,013	1.98	8,231
Jumlah/Total	110.06	756,982	820,243	0.86	7,453
Catatan : Berdasarkan Sensus Penduduk 2010					

Catatan : Berdasarkan Sensus Penduduk 2010

Dari Tabel 2. Kriteria Penentuan Kawasan dan area Kumuh di Kota Malang berikut terlihat bahwa kecamatan Lowokwaru merupakan kecamatan dengan nilai kriteria kawasan kumuh yang tertinggi yakni sebesar 1470 dengan nilai kriteria Kelurahan Sumber Sari sebesar 870 dan nilai kriteria sebesar 600 dari Kelurahan Dinoyo. Kriteria ini didapatkan dari kelurahan Sumber Sari dan Dinoyo. Sedangkan kecamatan Blimbing memiliki nilai kriteria terendah yakni 570 dari kelurahan Purwantoro.

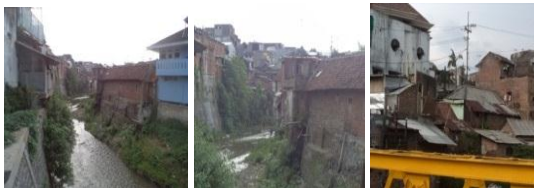
Tabel 2. Kriteria Penentuan Kawasan Kumuh di Kota Malang

Kecamatan/ Kelurahan	Vitalitas Ekonomi	Vitalitas Non Ekonomi	Sarana Dan Prasarana	Komitmen Pemerintah	Status Tanah	Total
Kec. BLIMBING						
Jodipan	100	370	150	250	100	970
Kec. KEDUNG KANDANG						
Kota lama	100	400	160	250	100	1010
Kec. LOWOKWARU						
Sumber Sari	100	320	180	250	20	870
Dinoyo	80	270	130	100	20	600
Kec. SUKUN						
Ciptomulyo	100	340	220	250	100	1010
Kec. KLOJEN						
Kauman	100	340	150	250	80	920
Kec. BLIMBING						
Purwantoro	60	220	120	150	20	570

- a. Elemen-elemen permukiman informal di wilayah kecamatan Lowokwaru (Dinoyo ? Sumber Sari) Malang Jawa timur:

Berdasarkan observasi lapangan dan identifikasi bangunan yang terdapat di kecamatan Lowokwaru, memberikan gambaran bahwa kondisi elemen?elemen permukiman informal di lokasi tersebut, mengenai:

- Kondisi rumah tinggal sangat tidak aman karena jarak rumah dengan bantaran sungai sangat dekat dan rawan longsor apabila terjadi banjir akibat hujan yang lebat.
- Jarak antar rumah sangat-sangat padat, rapat dan hampir tidak ada cahaya sinar matahari yang dapat masuk ke dalam rumah, sehingga kondisi dindingnya lembab.
- Kepadatan penduduk sangat tinggi. Akses jalan sangat sempit, kebanyakan berupa gang yang hanya bisa dilewati motor dan sepeda.
- Ada sebuah jembatan yang sejatinya berfungsi yaitu sebagai jalur penghubung antar sungai dengan kondisi jembatan sudah rapuh. Jembatan ini menjadi satu-satunya jalur alternatif masyarakat untuk mempersingkat jarak tempuh mereka dari rumah menuju tempat lain.
- Vegetasi atau pepohonan sangat minim.
- Untuk fasilitas umum hanya berupa tempat peribadatan masjid.



Gambar 1. Rumah Tumbuh di Kecamatan Lowokwaru



Gambar 2. Vegetasi di Kecamatan Lowokwaru



Gambar 3. Akses Jalan di Kecamatan Lowokwaru

- b. Elemen-elemen permukiman informal di wilayah kecamatan Kedung Kandang (Kota Lama) Malang Jawa timur:

Berdasarkan observasi lapangan dan identifikasi bangunan yang ada di wilayah kecamatan Kedung Kandang, memberikan gambaran bahwa kondisi elemen?elemen permukiman informal di lokasi tersebut, mengenai:

- Rumah dibangun di sepanjang pinggir rel-rel lintasan kereta api yang sangat membahayakan penduduk yang mendiami kawasan tersebut.
- Kepadatan penduduk sangat padat dan jarak antar rumah satu dengan rumah lain sangat rapat dan padat dan kotor.
- Kondisi jalan setapak sangat sempit berupa gang-gang kecil.
- Sirkulasi jalan mempergunakan jalan di sepanjang pinggir kereta api.



Gambar 4. Rumah Tumbuh di Kecamatan Kedung Kandang



Gambar 5. Akses Jalan di Kecamatan Kedung Kandang

- c. Elemen-elemen permukiman informal di wilayah kecamatan Blimbing (Jodipan) Malang Jawa timur:

Berdasarkan observasi lapangan dan identifikasi bangunan yang terdapat di kecamatan Blimbing (Jodipan), memberikan gambaran bahwa kondisi elemen?elemen permukiman informal di lokasi tersebut, mengenai:

- Banyak rumah dibangun dengan kondisi seadanya ditutup seng, sangat tidak dapat memenuhi syarat
- Kondisi rumah tinggal sangat tidak aman, karena jarak rumah dengan bantaran sungai sangat dekat dan rawan longsor apabila terjadi banjir akibat hujan yang lebat.
- Jarak antar rumah yang sangat- sangat rapat dan hampir tidak ada cahaya sinar matahari yang dapat masuk ke sisi dalam rumah, sehingga kondisi dindingnya lembab.

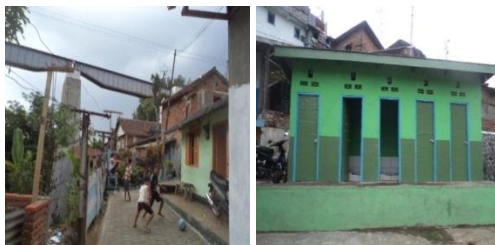


Gambar 6. Rumah Tumbuh di Kecamatan Blimbing

- Vegetasi sangat minim, tanaman sengaja ditanam di pot-pot kecil yang tidak memenuhi syarat penghijauan kawasan
- Jalan berupa gang-gang sangat sempit yang menghubungkan kawasan kumuh dengan wilayah luar sangatlah tidak memenuhi syarat.



Gambar 7. Akses Jalan di Kecamatan Blimbing



Gambar 8. Fasilitas Umum di Kecamatan Belimbing

- Kawasan ini memiliki fasilitas umum berupa lapangan kecil untuk tempat olahraga bulutangkis dan bola voley, tetapi keadaannya sangat membahayakan karena berada di pinggir sungai.
- Fasilitas peribadatan berupa masjid
- Mempunyai fasilitas MCK umum dengan kondisi dibawah standar kebersihan dan kesehatan yang sangat tidak memenuhi syarat.

- d. Elemen-elemen permukiman informal di area kecamatan Klojen (Kauman) Malang Jawa timur:

Berdasarkan observasi lapangan dan identifikasi bangunan yang terdapat di wilayah kecamatan Klojen (Kauman), memberikan gambaran bahwa kondisi elemen?elemen permukiman informal di lokasi tersebut, mengenai:

- Kepadatan penduduk sangat padat dan jarak antar rumah sangat rapat dan padat, terlihat sangat kotor.
- Jarak antar rumah sangat-sangat rapat dan hampir tidak ada cahaya matahari yang dapat masuk ke dalam rumah, sehingga kondisi dindingnya lembab.
- Vegetasi atau pepohonan tidak ada, hanya tanaman yang ditanam di pot kecil didepan rumah sebagian warga setempat.
- Jalan setapak sangat sempit tidak memenuhi syarat
- Sirkulasi warga untuk menghubungkan lokasi rumah mereka dengan wilayah luar berupa jalan setapak dengan perkerasan paving swadaya masyarakat sendiri.
- Kawasan ini tidak ada fasilitas umum, hanya tempat peribadatan berupa masjid



Gambar 9. Rumah Tumbuh di Kecamatan Klojen



Gambar 10. Akses Jalan di Kecamatan Klojen

- e. Elemen-elemen permukiman informal di wilayah kecamatan Sukun (Kasin, Ciptomulyo) Malang Jawa timur: Berdasarkan observasi lapangan dan identifikasi bangunan yang berada di wilayah kecamatan Sukun (Kasin, Ciptomulyo), memberikan gambaran bahwa kondisi elemen?elemen permukiman informal di lokasi tersebut, mengenai:

- Kepadatan penduduk sangat padat dan jarak antar rumah yang sangat-sangat rapat dan padat, terlihat sangat kotor.

- Jarak antar rumah sangat-sangat rapat dan hampir tidak ada cahaya matahari yang dapat masuk ke dalam rumah, sehingga kondisi dindingnya lembab.



Gambar 11. Rumah Tumbuh di Kecamatan Sukun



Gambar 12. Akses Jalan di Kecamatan Sukun

- Vegetasi atau pepohonan tidak ada, hanya tanaman yang ditanam di pot kecil di depan rumah sebagian warga setempat.
- Akses jalan sangat sempit, kebanyakan berupa gang yang hanya bisa dilewati motor dan sepeda, hal ini sangat tidak memenuhi syarat.
- Sirkulasi warga untuk menghubungkan lokasi rumah mereka dengan wilayah luar berupa jalan setapak dengan perkerasan paving swadaya masyarakat sendiri.

Dari kondisi elemen-elemen informal pada setiap kecamatan dapat disimpulkan bahwa kecamatan di kota Malang memiliki kawasan kumuh. Hal ini terlihat jelas pada kondisi permukiman, akses jalan serta kondisi sarana-prasarana umum yang kurang layak. Selain itu penggunaan lahan lebih banyak digunakan untuk perumahan, dan hanya sebagian kecil lahan yang digunakan sesuai fungsinya.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian terlihat bahwa slum area atau area kumuh banyak terdapat di Kecamatan Lowokwaru. Hal ini dikarenakan jumlah penduduk yang padat dengan kelajuan/pertumbuhan penduduk yang cukup tinggi. Dari kondisi elemen-elemen informal pada setiap kecamatan dapat disimpulkan bahwa kecamatan di kota Malang memiliki kawasan kumuh. Hal ini terlihat jelas pada kondisi permukiman, akses jalan serta kondisi sarana-

prasarana umum yang kurang layak. Selain itu penggunaan lahan lebih banyak digunakan untuk perumahan, dan hanya sebagian kecil lahan yang digunakan sesuai fungsinya. Faktor yang mempengaruhi tumbuhnya slum area di Kawasan atau area tersebut antara lain adalah kepadatan penduduk dan kelajuan/pertumbuhan penduduk. Selain itu jarak permukiman dengan sarana dan/atau prasarana umum atau pusat kota menjadi faktor yang lain. Kriteria untuk menentukan sebuah kawasan termasuk dalam Slum Area antara lain vitalitas ekonomi kawasan, vitalitas non-ekonomi kawasan, sarana dan prasarana kawasan, status penggunaan tanah dalam kawasan, serta komitmen pemerintah.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2013. *Profil Kota Malang*. Dalam www.slumarea.wix.com. Diakses tanggal 28/11/2015
- Asian Development Bank. 2002, *Buku Panduan Tentang Permukiman Kembali*, ADB, Manila Philippines
- Anonymous. 1986, *Rumah Untuk Rakyat Bukan Impian?: Tempat Tinggal Untuk Yang Tak Punya Rumah*. Prisma, Mei, Nomor 5, Jakarta
- Bria, Petrus. 2001. *Kajian Pemukiman Kembali Penduduk Kedung Ombo, di Desa Kedung Mulyo Kabupaten Boyolali*, Tesis, Magister Perencanaan Kota dan Daerah, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Djemabut, Blaang. 1986, *Perumahan dan Permukiman Sebagai Kebutuhan Pokok*, Yayasan Obor Indonesia, Jakarta, 1986.
- Hidayati, A Nurul. 1997. *Tipologi Kampung Kumuh di Kotamadya Malang*, Tesis, Magister Perencanaan Kota dan Daerah, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Kuswantojo, Tjuk.; Rosnarti, Dwi; Effendi, Vinondini; Eko K, Rasiono; Sidi, Purnomo. 2005. *Perumahan dan Permukiman di Indonesia; Upaya membuat perkembangan kehidupan yang berkelanjutan*. ITB, Bandung.
- Kuswantojo, Tjuk. 2010. *Permukiman dan perkotaan: Mengusik Tata Penyelenggaraan Lingkungan Hidup dan Permukiman*. ITB, Bandung
- Murdaningsih, Dwi. 2015. *29 Kelurahan di Malang Kumuh*. Dalam www.Republika.co.id,Mlg. Diakses tanggal 28/11/2015
- Rahayu, Murtanti Jani dan Rutiana D. 2007. *Strategi Perencanaan Pembangunan Permukiman Kumuh. Kasus Pemukiman Bantaran Sungai Bengawan Solo, Kelurahan Pucangsawit, Surakarta*. GEMA TEKNIK - No 1/Tahun X Januari 2007. Hal. 89-96

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

STUDI KELAYAKAN PERUMAHAN CITRAPURI KENITEN 1 PONOROGO DILIHAT DARI SITE PLAN

Siti Choiriyah,¹ dan Deni Eko Prasetyo²

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

E-mail: siti.choiriyah@itats.ac.id, dekop23@gmail.com

ABSTRAK : Pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat seiring dengan kebutuhan akan perumahan juga mengikuti, karena rumah adalah kebutuhan primer. Sebagai pengembang Perumahan Citra Puri Keniten 1 terletak di jalan Arif Rahman Hakim-Jalan Raya Ponorogo-Madiun Kabupaten Ponorogo berusaha memenuhi kebutuhan akan tempat tinggal sesuai dengan keinginan pembeli, maka dilakukukan beberapa studi kelayakan perumahan salah satunya adalah studi kelayakan *Site Plan* berdasarkan SNI-03-1733-2004. Persyaratan dasar rumah dan bangunan yaitu harus memenuhi persyaratan administrasi, mengacu pada RTRW (Rencana Tata Ruang Wilayah) setempat. Tipe dasar perumahan untuk menentukan luas minimum rata-rata perpetakan tanah didasarkan pada faktor kegiatan alam dan peraturan bangunan. Dan juga harus terdapat Sarana Ruang Terbuka Hijau (RTH) untuk menjaga keseimbangan dan kelestarian lingkungan yang merupakan salah satu sumber akan cahaya maupun oksigen. Hasil analisisnya yaitu : Perencanaan perumahan tersebut telah memenuhi standar SNI-03-1733-2004 mulai dari administrasi perijinan, tipe perumahan, sarana Ruang Terbuka Hijau (RTH) dengan luas 66.79% : 33.21% dan sarana prasarana (Jalan, tempat beribadah, drainase, jaringan air bersih, saluran air kotor, taman atau penghijauan serta tempat bermain).

Kata Kunci: RTH, Site Plan, RTRW

1. PENDAHULUAN

Pesatnya pertumbuhan penduduk mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Badan Pusat Statistik menjelaskan bahwasanya penduduk di Kabupaten Ponorogo mengalami peningkatan yang pesat. Di tahun 2017 jumlah penduduk mencapai 867.393 jiwa. Dengan hal ini mengakibatkan kebutuhan yang semakin meningkat. Salah satunya adalah kebutuhan akan tempat tinggal untuk berlindung, yaitu rumah. Oleh sebab itu, dibutuhkan pengembangan konsep perumahan yang dilengkapi dengan sarana prasarana dan utilitas umum supaya dapat menciptakan tata kota yang lebih baik dan nyaman (UU. No.1 Th.2011).

Namun perlu adanya studi kelayakan untuk menganalisis layak atau tidaknya sebuah perencanaan perumahan (*site plan*) supaya memenuhi standar. Karena konsep perumahan yang layak dapat dilihat dari lokasinya yang strategis untuk mempermudah akses jalan ke tempat tujuan serta kelengkapan sarana prasarananya seperti jaringan jalan, sistem drainase, tempat ibadah, tempat bermain untuk anak-anak, taman, dan lapangan olahraga (SNI-1733-2004).

2. PENELITIAN TERDAHULU

Penelitian terdahulu yang serupa dengan penelitian ini telah banyak dilakukan, di antaranya adalah :

- 1) Penelitian yang dilakukan oleh Wibowo pada tahun 2013 yang berjudul "Analisis *site plan* Perumahan Taman Sentosa tahap II Kecamatan Ngemplak Kabupaten Boyolali". Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perencanaan *site plan* Perumahan Taman Sentosa tahap kedua yang memenuhi standar. Adapun hasilnya adalah perumahan tersebut layak dan sesuai standar, dimana terdapat Ruang Terbuka Hijau (RTH) dan kelengkapan sarana prasarana yang memadai, meskipun terdapat

beberapa hal yang kurang seperti drainase dan manajemen pengelolaan sampah.

Kelayakan *site plan* perumahan berdasarkan SNI-03-1733-2004

- 1) Persyaratan dasar rumah dan bangunan yaitu harus memenuhi persyaratan administrasi, mengacu pada RTRW (Rencana Tata Ruang Wilayah) setempat, terdapat perencanaan sarana dan prasarana yang memadai.
- 2) Tipe dasar perumahan untuk menentukan luas minimum rata-rata perpetakan tanah didasarkan pada faktor kegiatan alam dan peraturan bangunan dengan rumus:

$$L \text{ per orang} = U / T_p \quad (\text{Pers. 1})$$

L per orang : luas lantai hunian per orang

U: kebutuhan udara segar/orang/jam dalam satuan m^3

T_p : tinggi plafon minimal dalam satuan m

Maka luas lantainya per orang:

$$L \text{ per orang dewasa} = U \text{ dewasa} / T_p = 24 \text{ m}^3 / 2.5 \text{ m} = 9,6 \text{ m}^2 \quad (\text{Pers. 2})$$

$$L \text{ per orang anak} = U \text{ anak} / T_p = 12 \text{ m}^3 / 2.5 \text{ m} = 4.8 \text{ m}^2 \quad (\text{Pers. 3})$$

Keterangan :

U dewasa : Kebutuhan udara segar /orang dewasa/jam dalam satuan m^3

U anak : Kebutuhan udara segar/orang anak/jam dalam satuan m^3

T_p : Tinggi plafon minimal dalam satuan m

Jika koefisien dasar bangunan 50%, maka luas kaveling minimum untuk keluarga dengan anggota 5 orang:

$$L \text{ kav min.} = 100/50 \times 51 \text{ m}^2 = 100 \text{ m}^2 \quad (\text{Pers. 4})$$

- 3) Sarana Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang merupakan komponen berwawasan lingkungan yang mempunyai arti menjaga keseimbangan dan kelestarian lingkungan karena adalah salah satu sumber akan cahaya maupun oksigen yang dimanfaatkan oleh penduduk perumahan. RTH ini dapat dimanfaatkan antara lain: sarana tempat bermain anak-anak, taman maupun lapangan olahraga, untuk luas RTH dapat dianalisis dengan perbandingan antara wilayah terbangun dan wilayah terbuka minimal adalah 70% : 30% dengan rumus:

$$\text{Wilayah Terbangun} = \frac{LTeg}{LLhT} \quad (\text{pers. 5})$$

$$\text{Wilayah Terbuka} = \frac{LTe}{LLhT} \quad (\text{pers. 6})$$

- 4) Perencanaan sarana dan prasarana untuk menunjang fasilitas perumahan. Terdapat 6 macam sarana prasarana.

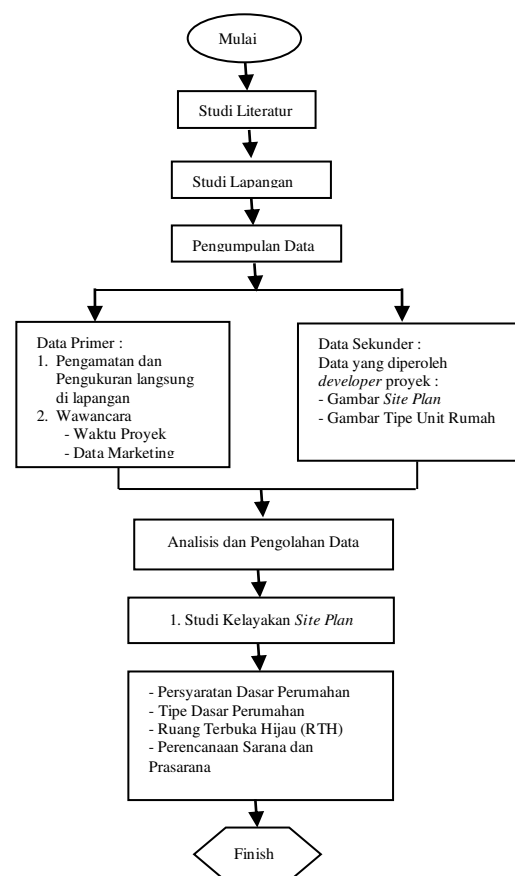
- Jaringan drainase yang merupakan saluran yang berada disepanjang perumahan dan perencanaannya harus sesuai dengan ketentuan dan persyaratan teknis yang diatur dalam peraturan / perundang-undangan yang berlaku, terutama mengenai tata cara perencanaan umum jaringan drainase lingkungan perumahan di perkotaan. Jaringan drainase merupakan prasarana yang berfungsi mengalirkan air permukaan ke saluran drainase perumahan di perkotaan dan mengontrol debit air pada saat musim penghujan.
- Jaringan jalan yang merupakan sarana untuk keluar masuk di kawasan perumahan yang harus disesuaikan dengan klasifikasi berdasarkan fungsi jalan dan kelas kawasan.
- Jaringan air bersih dan air limbah yang merupakan kebutuhan akan air bersih untuk setiap unit rumah agar dapat tercukupi. Air bersih tersebut harus memenuhi persyaratan yang standar. Jaringan air limbah yaitu jaringan untuk mengalirkan limbah rumah tangga, dalam perencanaan ini harus sesuai ketentuan dan persyaratan teknis yang diatur dalam peraturan atau perundang-undangan yang berlaku, terutama mengenai tata cara perencanaan umum jaringan air bersih dan air kotor di lingkungan perumahan di perkotaan. Jenis dari sarana ini untuk minimal jaringan air bersih difasilitasi dengan PDAM sedangkan untuk jaringan air limbah minimal disediakan septiktank dan sumur resapan.
- Jaringan persampahan yang merupakan pengelolaan sampah yang ada di kawasan perumahan supaya lingkungan tetap terjaga dari kotoran maupun sampah organik dan anorganik, serta menjaga lingkungan dari pemasangan global, karena sampah perumahan sampah yang tergolong banyak disebabkan

pengguni perumahan yang padat. Maka harus disediakan tempat sampah disetiap unit rumah dan pembuangan sampah sementara.

- Jaringan listrik yang merupakan kebutuhan akan daya listrik untuk setiap unit rumah, dalam pemasangan jaringan listrik dikawasan perumahan harus direncanakan berdasarkan peraturan dan persyaratan yang berlaku seperti: kebutuhan daya listrik dan jaringan listrik dengan ketentuan Setiap lingkungan perumahan harus mendapatkan daya listrik dari PLN dengan daya listrik minimum 450 VA per jiwa dan untuk sarana lingkungan sebesar 40%
- Sarana peribadatan yang memerhatikan struktur penduduk menurut agama yang dianut dan tata cara masyarakat setempat dalam menjalankan ibadah agamanya dengan ketentuan jumlah penduduk 250 jiwa dibangun Musholla luas lahan 45m², penduduk 2500 jiwa disediakan Masjid dengan luas lahan 300m².

3. METODE PENELITIAN

Alur penelitian terdiri dari studi literatur, studi lapangan, pengumpulan data, analisis dan pengolahan data serta studi kelayakan *site plan*. Diagram alir terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

4. PEMBAHASAN

Pengumpulan data merupakan bagian awal dari penelitian yang dilakukan dengan cara survei lapangan di Perumahan Citra Puri Keniten 1, dengan ini akan mendapatkan data sebagai berikut :

- 1) Data Primer yaitu data yang didapat di proyek secara langsung dengan mengamati maupun wawancara.
- 2) Data Sekunder yaitu data yang didapat dari pihak *developer* perumahan yang meliputi: Gambar *Site Plan*, Tipe Perumahan, RAB, Harha Jual Perumahan.

Analisis Kelayakan *Site Plan* Perumahan Berdasarkan SNI-03-1733-2004

1) Persyaratan Dasar Perumahan

Lingkungan perumahan ini menjadi kawasan baru memiliki kependudukan sendiri yang diatur oleh Rukun Tetangga dan Rukun Warga (RT/RW) Administrasi berdasarkan wawancara yang telah dilakukan, perumahan telah melakukan administrasi perijinan sebelum pembangunan dimulai yaitu: Ijin *advise planning*, Ijin *site plan* PU, Ijin UPL-UKL, Ijin Peruntukan Pengembangan Tanah (IPPT), Spil lapangan oleh BPN, Ijin peil banjir dan IMB induk tiap unit rumah.

2) Tipe Dasar Perumahan

Tabel 1 Tipe Dasar Perumahan

Jenis Bangunan	Luas Bangunan	Luas Tanah /	Luas Kav.	Jumlah Unit	Luas Tanah / Kaving
Ruko 1 - 4	104	52	-	4	-
Ruko 5	112	56	-	1	-
Ruko 6	140	110	-	1	-
Tipe 45	45	95	72	7	Memenuhi Standar
Tipe 45	45	81	72	2	Memenuhi Standar
Tipe 45	45	74	72	1	Memenuhi Standar
Tipe 52	52	114	72	1	Memenuhi Standar
Tipe 52	52	110	72	1	Memenuhi Standar
Tipe 52	52	98	72	1	Memenuhi Standar
Tipe 52	52	90	72	2	Memenuhi Standar
Tipe 52	52	93	72	1	Memenuhi Standar
Tipe 56	56	111	86.4	8	Memenuhi Standar
Tipe 56	56	91	86.4	1	Memenuhi Standar
Tipe 56	56	114	86.4	1	Memenuhi Standar
Tipe 56	56	161	86.4	1	Memenuhi Standar
Tipe 80	80	190	86.4	2	Memenuhi Standar
Tipe 80	80	156	86.4	1	Memenuhi Standar
Tipe 80	80	206	86.4	3	Memenuhi Standar
Tipe 80	80	228	86.4	1	Memenuhi Standar
Tipe 89	89	88	86.4	1	Memenuhi Standar
Tipe 89	89	91	86.4	2	Memenuhi Standar
Tipe 89	89	97	86.4	1	Memenuhi Standar
Tipe 89	89	100	86.4	3	Memenuhi Standar
Tipe 89	89	104	86.4	1	Memenuhi Standar
Tipe 89	89	111	86.4	10	Memenuhi Standar
Tipe 89	89	112	86.4	1	Memenuhi Standar
Tipe 89	89	117	86.4	1	Memenuhi Standar
Tipe 89	89	119	86.4	2	Memenuhi Standar
Tipe 89	89	129	86.4	1	Memenuhi Standar
Tipe 89	89	132	86.4	1	Memenuhi Standar
Tipe 89	89	133	86.4	2	Memenuhi Standar
Tipe 89	89	145	86.4	1	Memenuhi Standar
Tipe 104	104	128	86.4	5	Memenuhi Standar
Tipe 130	130	156	144	1	Memenuhi Standar
Tipe 130	130	190	144	1	Memenuhi Standar
Tipe 130	130	192	144	1	Memenuhi Standar
Total Unit				75	

- 3) Sarana Ruang Terbuka Hijau (RTH) Tujuan dari ruang terbuka hijau ini adalah untuk menjaga keseimbangan dan kelestarian lingkungan perumahan, serta salah satu sumber akan udara maupun cahaya matahari yang dimanfaatkan untuk kelangsungan hidup penduduk yang berada di kawasan tersebut, berikut hasil analisisnya pada Tabel 2:

Tabel 2 Wilayah terbangun dan terbuka perumahan

No	Jenis Sarana dan Prasarana	Luas (m2)
Wilayah Terbangun		
1	Semua Unit Perumahan	8760.09
2	Musholla	150.00
3	Pos Satpam	3.00
4	Tempat Pembuangan Sampah (TPS)	15.00
Total Luas Wilayah Terbangun		8928.09
Wilayah Terbuka		
1	Jaringan Jalan	3,651.75
2	Tempat bermain anak	211.00
3	Taman / Penghijauan	576.50
Total Luas Wilayah Terbuka		4,439.25
Total Lahan Perumahan		13,367.34

$$- \text{Wilayah Terbangun} = \frac{8928,09}{13367,34} \times 100 = 66,79\%$$

$$- \text{Wilayah Terbuka} = \frac{4439,25}{13367,34} \times 100 = 33,21\%$$

4) Sarana Dan Prasarana Lingkungan Perumahan

Jalan perumahan tersebut menggunakan paving, sedangkan untuk lebar jalan 9,75 meter ditambah dengan jaringan drainase disamping kanan dan kiri dengan lebar 1 meter. Jaringan Air Bersih Pemenuhan kebutuhan akan air bersih dalam kawasan perumahan tersebut dengan menyediakan sumber air dari PDAM. Jaringan Air Limbah dalam perumahan ini telah disediakan septiktank dan sumur resapan yang bertujuan supaya kawasan perumahan lebih nyaman serta lingkungan tidak tercemar oleh limbah. Tempat Peribadatan dalam perumahan ini akan dibangun sebuah Musholla dengan luas 150m². Dalam memperhitungkan luasan Musholla dapat dilihat dari jumlah penduduk yaitu dengan hasil analisis sebanyak 269 jiwa, maka luasan Musholla telah memenuhi standar. Jaringan Drainase dalam kawasan ini terdapat dua detail drainase yang digunakan yaitu menggunakan buis beton dengan diameter 60cm dan beton cetak dengan ukuran 100 x 100 cm. Jaringan Persampahan pada kawasan perumahan ini dilengkapi dengan bak sampah pada setiap unit rumah yaitu berjumlah 75 unit bak sampah yang berada didepan rumah, dengan adanya bak sampah ini maka setiap rumah tangga dapat menjaga kebersihan dari sampah organik maupun anorganik sehingga kawasan

perumahan tetap terjaga kebersihannya. Jaringan Listrik pada kawasan perumahan mendapatkan daya listrik dari PLN, untuk besaran dayanya dibagi menjadi dua jenis, untuk jenis pertama bagi perumahan tipe tidak bertingkat (tipe 45, tipe 52, tipe 56 dan tipe 80) yaitu dengan daya listrik sebesar 1300 VA sedangkan untuk jenis kedua bagi perumahan yang tipe bertingkat (tipe 89, tipe 104, dan tipe 130) dengan daya listrik sebesar 2200 VA.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini Analisis kelayakan *Site Plan* berdasarkan SNI-03-1733-2004 adalah:

1. Persyaratan dasar perumahan tersebut telah memenuhi standar yang berlaku
2. Tipe dasar perumahan ini telah memenuhi standar akan pasokan udara untuk penduduk disetiap unit rumah
3. Ruang Terbuka Hijau (RTH) telah memenuhi standar yaitu perbandingan antara luas terbangun dan terbuka adalah 66,79% : 33,21%
4. Sarana prasarana di perumahan telah memenuhi standar yang meliputi: jaringan jalan, air bersih, air limbah, tempat peribadatan, jaringan drainase, jaringan persampahan dan jaringan listrik.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Alwisol. 2010. Psikologi Kepribadian. Malang: UMM Press.
- Febrian, H., dan Sibi, M. 2017. Studi Kelayakan Proyek Pembangunan Perumahan Bethsaida Bitung oleh PT. Cakrawala Indah Mandiri Dengan Kriteria Investasi. Jurnal Sipil Statik, Vo.5 No.7 September 2017, (401-410)ISSN: 2237-6732. (<https://ejournal.unsrat.ac.id>, diakses 29 Januari 2018)
- KEPMEN No.468 Tahun 1998 tentang Persyaratan Teknis Aksesibilitas pada Bangunan Umum dan Lingkungan.
- Messah, Y., Pah, J.S., dan Putri, R. 2015. Studi Kelayakan Finansial Investasi Perumahan UME Malinan Permai Kabupaten Kupang. Jurnal Teknik Sipil Vo.IV, No.2 September 2015. (eprints.ums.ac.id, diakses 29 Januari 2018)
- Peraturan Menteri Keuangan Republik Indonesia Nomor : 93/PMK.011/2014 tentang *Sasaran Inflasi Tahun 2016, Tahun 2017 dan Tahun 2018*
- Peraturan Menteri Negara Perumahan Rakyat Nomor : 34/PERMEN/M/2006 tentang *Pedoman Umum Penyelenggaraan Keterpaduan Prasarana, Sarana, Utilitas (PSU) Kawasan Perumahan*.
- Standar Nasional Indonesia SNI-03-1733-2004 tentang *Tata Cara Perencanaan Lingkungan Perumahan di Perkotaan*.
- Supriadi., Qomariyah, S., dan Muttaqin, AY. 2013. Perencanaan Site Plan dan Studi Kelayakan Investasi pada Perumahan Pondok Permata Hijau Desa Wirun Kecamatan Mojolaban. E-jurnal MATRIKS Teknik Sipil/Juni 2013/118. (<http://matrik.sipil.ft.uns.ac.id>, diakses 29 Januari 2018)
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2011 tentang *Perumahan Dan Kawasan Pemukiman*.

STUDI PERILAKU STRUKTUR *ECCENTRICALLY BRACED FRAME* (EBF) AKIBAT BEBAN GEMPA DAN BEBAN SIKLIK

Budi Suswanto¹, Aniendhita Rizki Amalia², Isdarmanu³, dan Fajri Aulia⁴

^{1,2,3,4}Departemen Teknik Sipil, FTSLK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

E-mail: budi_suswanto@ce.its.ac.id, aniendhita.ra@ce.its.ac.id, isdarmanu@ce.its.ac.id, fajri.auliaa@gmail.com

ABSTRAK: Salah satu alternatif dalam merancang bangunan gedung tahan gempa adalah dengan menggunakan struktur baja dengan sistem *Eccentrically Braced Frame* (EBF). Sistem struktur EBF merupakan sistem yang mensyaratkan perilaku inelastik hanya terjadi pada balok *link* selama pembebanan gempa sehingga *link* akan mengalami rotasi inelastik, sedangkan komponen lainnya dari EBF tetap dalam kondisi elastik. Terdapat tiga kriteria balok *link* yang dimungkinkan dalam sistem struktur EBF, yaitu *short link* (EBF-S), *intermediate link* (EBF-I), dan *long link* (EBF-L) yang ditentukan dari normalisasi panjang *link* dengan rasio antara kapasitas momen plastis (M_p) dan kapasitas geser plastis (V_p). Analisis struktur dilakukan terhadap tiga model bangunan 10 lantai yang menggunakan sistem EBF tipe *Split K-Braces* dengan variasi panjang *link*. Proses analisis struktur secara umum dilakukan dengan bantuan software ETABS, sedangkan untuk analisis mikro terhadap satu portal struktur EBF digunakan bantuan software ABAQUS. Dari hasil analisis struktur ETABS dan ABAQUS dapat disimpulkan bahwa model gedung EBF-S mempunyai simpangan lateral yang paling kecil dan gaya geser dasar *ultimate* yang paling besar jika dibandingkan dengan EBF-I dan EBF-L, hal ini menunjukkan bahwa EBF-S mempunyai kekakuan struktur yang paling besar dibandingkan dengan struktur lainnya, demikian juga model portal EBF-S memiliki luas bidang tegangan-regangan yang paling besar dari model EBF-I dan EBF-L, hal ini menunjukkan bahwa EBF-S memiliki daktilitas dan kemampuan disipasi energi yang paling baik.

KATA KUNCI: *Eccentrically Braced Frame*, *link*, daktilitas.

1. PENDAHULUAN

Dalam proses merencanakan struktur bangunan tahan gempa, struktur baja masih menjadi pilihan favorit para praktisi teknik sipil sebagai material struktur bangunan tahan gempa. Hal tersebut terjadi dikarenakan material baja memiliki kekuatan dalam menahan beban yang relatif tinggi dan sifat elatis baja yang memberikan sumbangan daktilitas dan disipasi energi yang lebih baik dibandingkan material beton (Dewobroto, 2015). Dalam kaitannya dengan permasalahan kegempaan, menurut Engelhardt (2007) terdapat beberapa sistem struktur baja tahan gempa yang dapat diterapkan pada bangunan yaitu; *Moment Resisting Frame* (MRF), *Concentrically Braced Frame* (CBF), *Eccentrically Braced Frame* (EBF), *Buckling Restrained Braced Frame* (BRBF), dan *Special Plate Shear Walls* (SPSW).

Sistem struktur EBF merupakan sistem yang membatasi perilaku inelastik hanya terjadi pada balok *link* yang berada di antara dua pengekang eksentrik, sedangkan bagian balok luar, kolom dan pengekang diagonal tetap elastik selama beban seismik bekerja. Oleh karena itu, sistem EBF dapat memenuhi tingkat daktilitas yang tinggi seperti MRF dan juga dapat memberikan tingkat kekakuan elastis yang tinggi seperti CBF (Danesmand dan Hashemi, 2011).

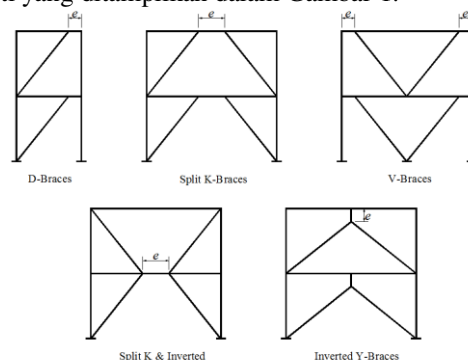
Terdapat tiga kriteria balok *link* yang dimungkinkan dalam sistem struktur EBF yaitu; *short link*, *intermediate link*, dan *long link*. Kriteria ini ditentukan dari normalisasi panjang *link* dengan rasio antara kapasitas momen plastis (M_p) dan kapasitas geser plastis (V_p). *Link* dengan rasio panjang kurang dari 1,6 dikategorikan sebagai *short link* atau *link* geser dikarenakan pelelehan geser yang dominan terjadi. *Link* dengan rasio panjang lebih dari 2,6 dikategorikan sebagai *long link* atau *link* lentur disebabkan lebih dominannya pelelehan lentur. Sedangkan *link* dengan rasio panjang di antara 1,6 sampai 2,6 dikategorikan sebagai *intermediate link* atau *link*

geser-lentur dikarenakan pelelehan yang terjadi merupakan kombinasi dari geser dan lentur (Richards dan Uang, 2005). Namun, penggunaan ketiga jenis *link* pada struktur EBF ini masih terbatas karena kurangnya pengalaman pelaksanaan dan pengetahuan mengenai manfaat penggunaan struktur EBF tersebut.

Analisis dilakukan terhadap tiga model bangunan 10 lantai yang menggunakan sistem EBF tipe *Split K-Braces* dengan variasi panjang *link*. Proses analisis struktur secara umum dilakukan dengan bantuan software ETABS, sedangkan untuk analisis mikro terhadap satu portal struktur EBF digunakan bantuan software ABAQUS versi 6.14 untuk setiap tipe *link*.

2. PERENCANAAN STRUKTUR EBF

Sistem struktur *Eccentrically Braced Frame* (EBF) mulai digunakan secara luas sejak ditemukan pada tahun 1970an dan terus dikembangkan hingga saat ini. Engelhardt (2007) memberikan beberapa kemungkinan penempatan *bracing* untuk sistem struktur EBF yang dapat diterapkan pada struktur bangunan seperti yang ditampilkan dalam Gambar 1.

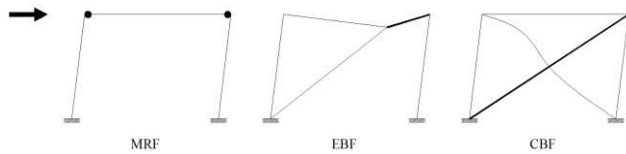


Gambar 1. Beberapa kemungkinan penempatan *bracing* untuk sistem struktur EBF (Engelhardt, 2007)

Dari beberapa kemungkinan penempatan *bracing* untuk sistem struktur EBF pada Gambar 1, konfigurasi *Split-K Braced* mempunyai keuntungan karena bentuknya yang simetris dan letak *link* yang tidak langsung terhubung oleh kolom sehingga terhindar dari masalah *full moment connection* pada kolom (sendi plastis tidak terjadi di dekat kolom).

Link dalam EBF dibentuk dari *offset* sambungan *bracing* pada balok atau *bracing* yang berbatasan dengan kolom sehingga selama beban seismik bekerja *link* menjadi aktif dan mengalami pelelehan. Atau dengan kata lain *link* berfungsi sebagai sekering daktil (ductile fuse) selama pembebanan gempa, sehingga *link* akan mengalami rotasi inelastik sedangkan komponen lainnya dari EBF tetap elastik (Popov, dkk., 1987).

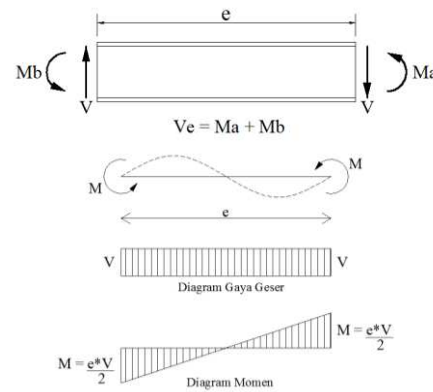
Sistem EBF menahan beban lateral melalui kombinasi dari aksi rangka dan *truss*, dengan kata lain dapat dilihat sebagai sistem *hybrid* antara *Moment Resisting Frame* (MRF) dan *Concentrically Braced Frame* (CBF). EBF menyediakan daktilitas yang tinggi seperti MRF dengan konsentrasi aksi inelastik pada *link* dan pada saat yang sama memberikan tingkat kekakuan elastis seperti yang diberikan oleh CBF (Danesmand & Hashemi, 2011). Gambar 2 menampilkan lokasi aksi inelastik yang terjadi pada MRF, EBF dan CBF. Pada sistem MRF lokasi aksi inelastik terjadi pada setiap ujung balok, untuk sistem CBF aksi inelastik terjadi pada batang *bracing*, sedangkan untuk sistem EBF aksi inelastik terjadi pada balok *link*.



Gambar 2. Lokasi aksi inelastik pada MRF, EBF dan CBF (Engelhardt, 2007)

2.1 Komponen Penyusun Sistem EBF

Elemen *link* dalam sistem EBF berperilaku sebagai balok pendek dengan gaya geser yang bekerja berlawanan arah pada kedua ujungnya. Karena adanya gaya geser yang bekerja pada kedua ujung balok, maka momen yang dihasilkan pada kedua ujung balok mempunyai besar dan arah yang sama. Deformasi yang dihasilkan berbentuk S dengan titik balik pada tengah bentang dan besarnya momen yang bekerja adalah sebesar 0.5 kali besar gaya geser dikali dengan panjang *link*. Plastifikasi yang terjadi pada suatu elemen *link* disebabkan karena kedua gaya tersebut. Gambar 3 memperlihatkan gambaran gaya yang bekerja pada elemen *link*.



Gambar 3. Gaya yang bekerja pada balok *link* (Popov, dkk., 1987)

Pengujian eksperimental dan numerik yang telah dilakukan para peneliti terdahulu menunjukkan bahwa *link* yang mengalami pelelehan geser (*short link*) memberikan daktilitas dan kestabilan yang besar dalam menahan beban gempa. Namun, kemungkinan pemberian area bukaan dalam arsitektur yang terlalu kecil menjadikan pemilihan *short link* kurang diminati. Akibatnya, penelitian terhadap panjang *link* dikembangkan yaitu *link* yang mengalami pelelehan lentur.

Kriteria balok *link* ditentukan dari normalisasi panjang *link* dengan rasio antara kapasitas momen plastis (M_p) dan kapasitas geser plastis (V_p). Pada *link* geser, gaya geser mencapai keadaan plastis (V_p) terlebih dahulu sebelum momen lentur mencapai kapasitas plastisnya sehingga *link* mengalami leleh dalam geser. Sedangkan pada *link* lentur, momen plastis (M_p) tercapai dahulu sebelum terjadi kelelahan geser.

Pendefinisian dari normalisasi panjang *link* (ρ) adalah sebagai berikut (Bruneau, dkk., 2011):

$$\rho = e / (M_p / V_p) \quad (\text{Pers. 1})$$

dimana

$$M_p = Z_x F_y \quad (\text{Pers. 2})$$

dan

$$V_p = 0.6 F_y (d - 2t_f) t_w \quad (\text{Pers. 3})$$

keterangan

ρ = normalisasi panjang *link*

Z_x = modulus plastis penampang

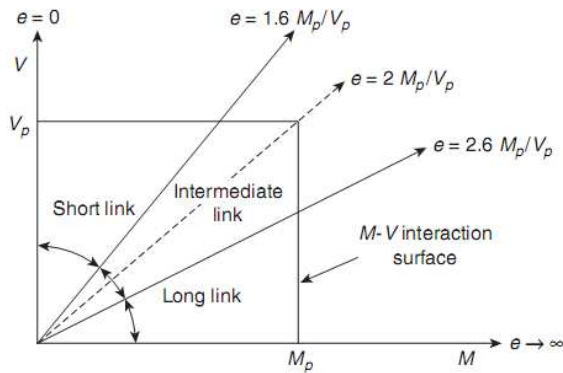
F_y = tegangan leleh minimum

d = tinggi penampang;

t_f = ketebalan sayap

t_w = ketebalan badan penampang.

Klasifikasi *link* berdasarkan nilai ρ yang dimilikinya dapat dilihat secara visual pada Gambar 4 berikut ini.

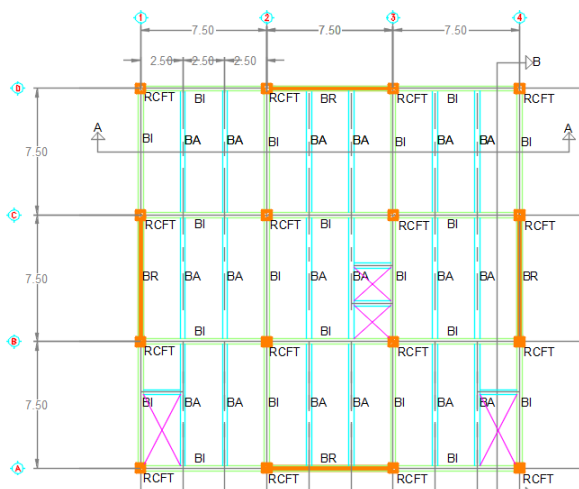
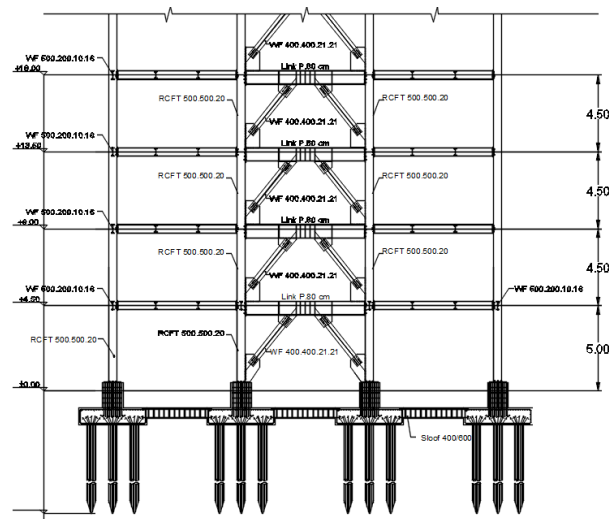
Gambar 4. Klasifikasi tipe *link* (Bruneau et al., 2011)

2.2 Bracing Diagonal dan Balok di Luar Link

Bracing diagonal merupakan *bracing* yang menghubungkan kolom dan balok di luar *link* secara diagonal. Kombinasi kuat lentur dan aksial yang disyaratkan untuk *bracing* diagonal maupun balok di luar *link* harus diambil dari kombinasi pembebanan yang telah ditetapkan dalam standar yang ada. Untuk kombinasi pembebanan yang memasukkan pengaruh seismik, pada *bracing* gaya aksial dan momen harus dikalikan minimum 1,25 kali dari kuat geser nominal yang diharapkan pada *link*, sedangkan untuk balok di luar *link* harus dikalikan minimum 1,1 kali dari kuat geser nominal *link* (AISC 341, 2010).

3. METODE STUDI PERILAKU STRUKTUR EBF

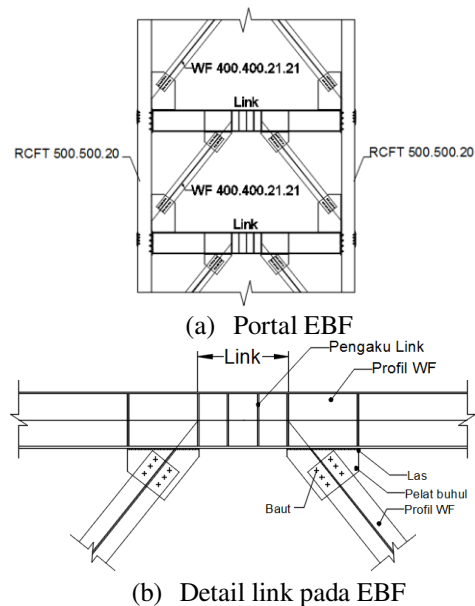
Bangunan yang ditinjau adalah berupa gedung struktur baja bertingkat dengan pengaku eksentrik sebagai struktur penahan beban lateral gempa. Material yang digunakan adalah baja pada elemen struktur, dengan mutu baja BJ41 ($F_y = 250$ MPa, $F_u = 410$ MPa, $E = 200.000$ MPa). Struktur direncanakan memiliki tiga bentang ke arah sumbu x dan tiga bentang ke arah sumbu y dengan lebar masing-masing bentang adalah 7,5 m. Tinggi total gedung adalah 45 m dengan tinggi setiap lantai adalah 4,5 m, dan jumlah lantai adalah 10 lantai, dengan denah pembalokan lantai *typical* dan potongan seperti ditunjukkan pada Gambar 5 dan 6.

Gambar 5. Denah pembalokan dan kolom (*typical*)

Gambar 6. Potongan melintang bangunan

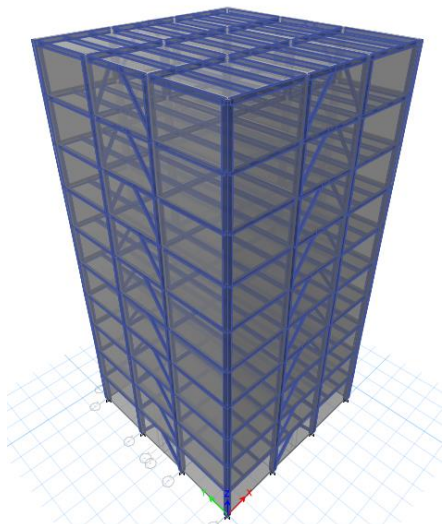
3.1 Variabel Desain

Struktur gedung dengan model *K-Split* EBF didesain dengan variasi 3 panjang link yang berbeda-beda yaitu *short link* (EBF-S), *intermediate link* (EBF-I), dan *long link* (EBF-L) untuk melihat pengaruh dari ketiga tipe *link* pada perilaku struktur EBF, dengan model *bracing* ditunjukkan pada Gambar 7.

Gambar 7. Model *bracing* pada portal EBF

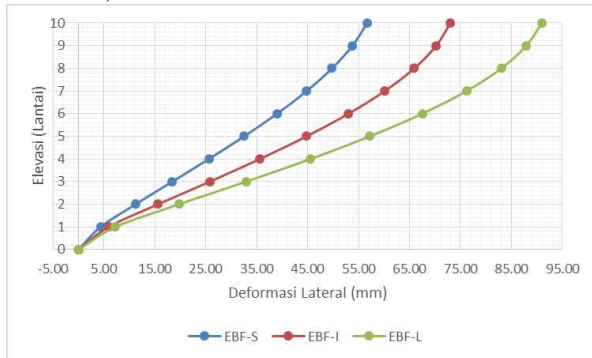
Data dan model yang telah ditetapkan ini selanjutnya dimodelkan dan dianalisis dengan bantuan *software* ETABS 2016 untuk mendapatkan gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur serta deformasi yang terjadi, sedangkan untuk analisis mikro untuk portal EBF dilakukan dengan bantuan *software* ABAQUS versi 6.14.

Permodelan struktur gedung 3 dimensi dilakukan menggunakan program bantu ETABS, seperti ditunjukkan pada Gambar 8. Struktur gedung akan dimodelkan sesuai dengan peruntukan gedung sebagai apartemen, sehingga dapat dijadikan acuan dalam perencanaan agar memenuhi persyaratan yang berlaku pada SNI 1729:2015 dan SNI 1726:2012.

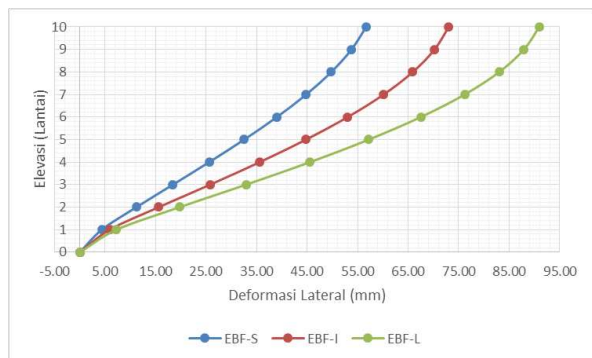


Gambar 1 Pemodelan Struktur Gedung dengan ETABS

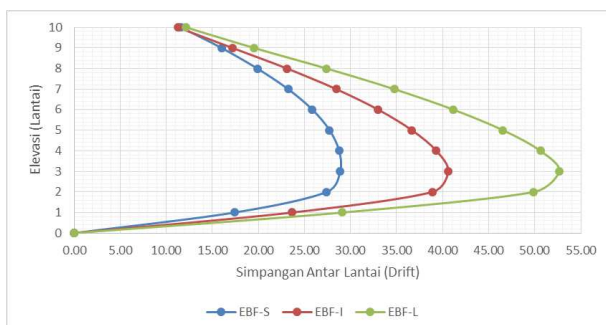
Hasil simpangan gedung dan drift antar lantai arah sumbu X dan Y seperti ditunjukkan pada Gambar 9 sampai 12, telah memenuhi persyaratan sesuai SNI 1726:2012, Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.



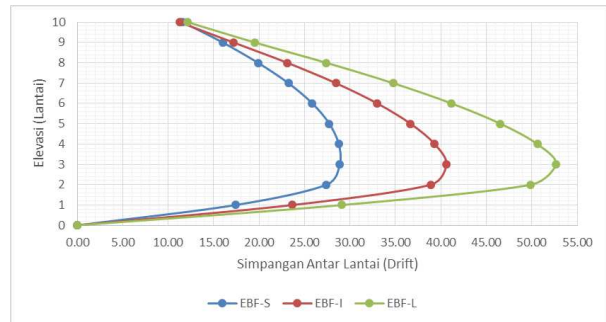
Gambar 9. Simpangan gedung arah sumbu X



Gambar 10. Simpangan gedung arah sumbu Y



Gambar 11. Drift antar lantai arah sumbu X



Gambar 12. Drift antar lantai arah sumbu Y

Tabel 1. Kontrol Nilai Gaya Geser Dasar

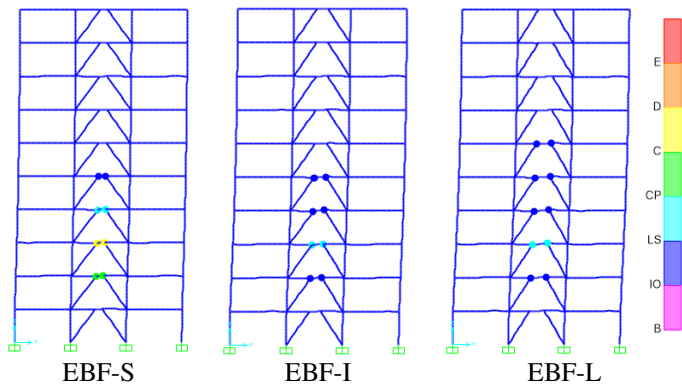
Model Struktur		V dinamik kN	V statik kN	Kontrol $V_d \geq 85\% V_s$
EBF-S	Arah X	2553,678	1173,64	OK
	Arah Y	2553,532		
EBF-I	Arah X	2483,054	1174,23	OK
	Arah Y	2483,054		
EBF-L	Arah X	2487,810	1173,04	OK
	Arah Y	2487,810		

Dari Gambar 9 sampai 12, dapat diketahui bahwa simpangan lateral yang dihasilkan pada model gedung EBF-S lebih kecil dibandingkan dengan dua model yang lain, hal ini menunjukkan bahwa EBF-S mempunyai kekakuan struktur yang lebih kuat dibandingkan dengan struktur EBF-I dan EBF-L. Model gedung EBF-L memiliki nilai simpangan gedung dan drift antar lantai terbesar, sehingga kurang kaku strukturnya. Tabel 1 menunjukkan bahwa kontrol nilai gaya geser dasar struktur EBF sudah memenuhi syarat yang berlaku, yaitu V dinamik harus lebih besar dari $0,85 V$ statiknya.

3.2 Analisis *Pushover* Struktur EBF dengan ETABS

Analisis beban dorong (*pushover analysis*) dilakukan dengan menentukan titik kontrol pada puncak atap, yaitu pada titik 1-A pada masing-masing puncak bangunan ketinggian 10 lantai. Struktur didorong dengan beban gempa statik bertahap arah X dan arah Y, sampai bangunan mencapai kinerjanya dan terjadi keruntuhan bangunan. Masing-masing arah dikenakan pola gempa berdasarkan FEMA 356, yang mana pola distribusi gaya lateral adalah besarnya proporsional dengan gaya geser lantai berdasarkan analisis respon spektrum.

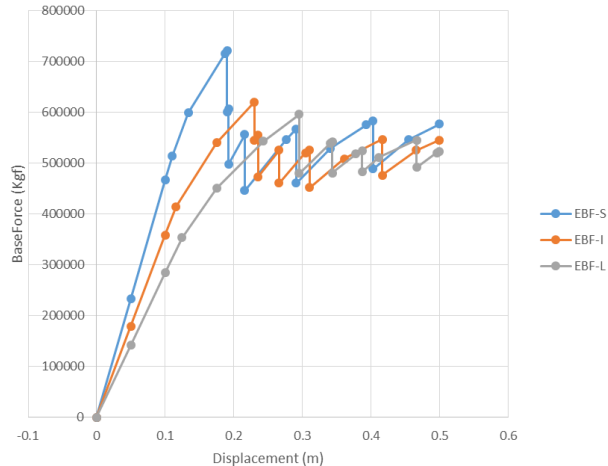
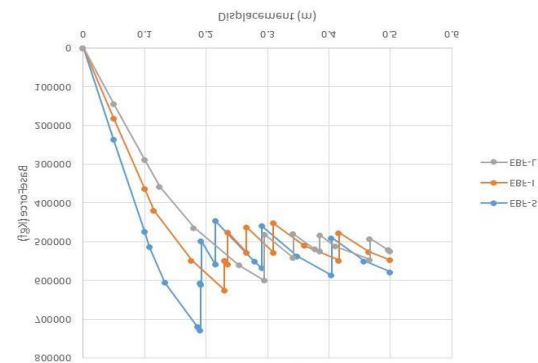
Adapun portal yang ditinjau adalah portal 1 (portal X), seperti ditunjukkan pada Gambar 13. Dari hasil analisis *pushover* dapat diketahui mekanisme sendi plastis yang terjadi pada ketiga model struktur EBF-S, EBF-I, dan EBF-L. Mekanisme sendi plastis ini dapat memperlihatkan keadaan saat terjadinya leleh pertama dan keruntuhan pertama pada model EBF. Leleh pertama ditandai dengan timbulnya petama kali sendi plastis warna merah muda pada elemen struktur (*link beam*), dan keruntuhan pertama terjadi ditandai dengan timbulnya sendi plastis warna merah tua pada *link beam*.



Gambar 13. Kondisi sendi plastis step akhir push over

Terdapat persamaan pada mekanisme timbulnya sendi plastis ketiga model EBF dengan panjang *link* 0,9 m, 1,5 m dan 2,1 meter. Persamaan ketiga model terdapat pada munculnya sendi plastis pertama atau lelehnya pertama elemen *link beam*. Leleh pertama pada elemen *link beam* kedua model terjadi pada langkah awal pushover, yaitu langkah ke-3 dan ke-4, dan elemen *link beam* yang mengalami leleh pertama yaitu terdapat pada lantai 3.

Dari analisis statik nonlinier *pushover* menggunakan program ETABS, didapatkan kurva hubungan gaya geser dasar dan perpindahan titik kontrol untuk ketiga model *link EBF* untuk masing-masing pola beban lateral dan arah gempa yang ditinjau.

Gambar 14. Perbandingan kurva *pushover* EBF-S, EBF-I, dan EBF-L arah XGambar 15. Perbandingan kurva *pushover* EBF-S, EBF-I, dan EBF-L arah Y

Gambar 14 dan 15 menunjukkan bahwa terjadi perbedaan kurva *pushover* pada ketiga model EBF dengan panjang *link beam* 0,9 meter (EBF-S), 1,5 meter (EBF-I), dan 2,1 meter (EBF-L). Berdasarkan grafik tersebut, maka dapat diketahui bahwa model struktur EBF-S memiliki *strength* atau kekuatan yang lebih besar dalam menahan beban gempa dibandingkan dengan model EBF-I dan EBF-L.

Hal ini dikarenakan gaya geser dasar ultimit yang terjadi (yaitu gaya geser dasar maksimum yang dapat ditahan oleh struktur sebelum terjadi penurunan kekuatan) pada model struktur dengan EBF-S lebih besar dibandingkan dengan model struktur lainnya. Besarnya gaya geser dasar ultimit beserta perpindahannya tertera pada setiap kurva *pushover* di atas.

Berdasarkan nilai gaya geser dasar ultimit yang didapat dari analisis *pushover* maka akan dapat dilakukan perbandingan kekuatan pada ketiga model EBF tersebut. Gaya geser dasar ultimit (V_{ult}) diambil saat gaya geser dasar $V = V_{maks}$ atau saat $V \leq 85\% V_{maks}$. Besarnya $V_{ult} = V \geq 85\% V_{maks}$ diambil jika setelah mencapai V_{maks} , masih ada nilai V yang lebih besar atau sama dengan 85% dari nilai V_{maks} . Adapun perbandingan kekuatan ketiga model antara EBF-S, EBF-I, dan EBF-L adalah sebagai berikut:

- Model struktur tipe EBF-S memiliki gaya geser dasar *ultimate* yang lebih besar dibandingkan model EBF-I dan EBF-L.
- Nilai gaya geser dasar *ultimate* terbesar dicapai pada model EBF-S, yaitu sebesar 7.214,4 kN. Sedangkan nilai gaya geser dasar *ultimate* terkecil terdapat pada model EBF-L, yaitu sebesar 5.051,6 kN.

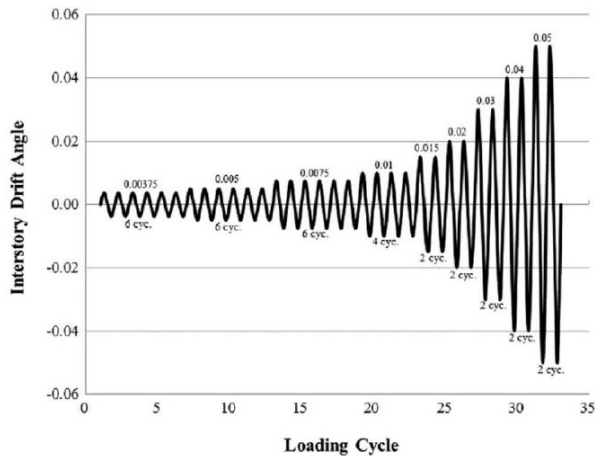
Tabel 2. Penentuan Jarak Pengaku Badan (*Web Stiffeners*) Berdasarkan AISC 360-10

Tipe Link	Panjang Link cm	Panjang Link Pakai cm	Jarak Pengaku Pakai cm
Short	< 114,62	90	30
Intermediate	114,62 - 186,25	150	30
Long	186,25 - 358,18	210	30 dari tiap ujung link

3.3 Analisis Struktur EBF dengan ABAQUS

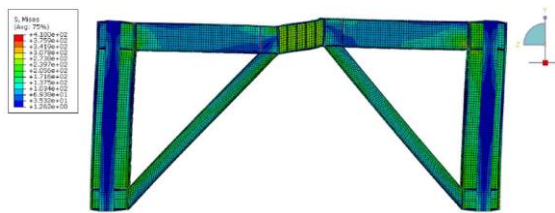
Perilaku dari model EBF-S, EBF-I dan EBF-L dibahas dengan mengambil masing-masing portal EBF pada lantai terbawah dari ketiga model gedung dengan menggunakan *software* ABAQUS versi 6.14 dengan diberikan pembebanan siklik untuk mendapatkan perilaku dari masing-masing portal. *Output* yang dihasilkan yaitu berupa kontur tegangan serta perilaku elemen pada portal EBF.

Pada pemodelan dengan ABAQUS diberikan beban siklik berupa *boundary condition* pada kedua *joint* kolom-balok yang besarnya disesuaikan dengan *cyclic loading protocol* berdasarkan AISC-2005 yang ditunjukkan pada Gambar 16.

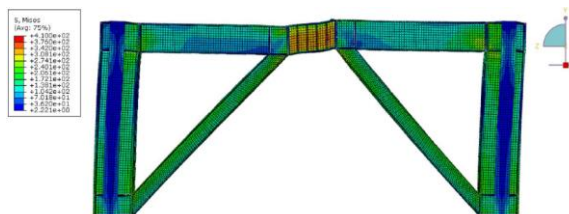


Gambar 16 Cyclic Loading Protocol (AISC-2005)

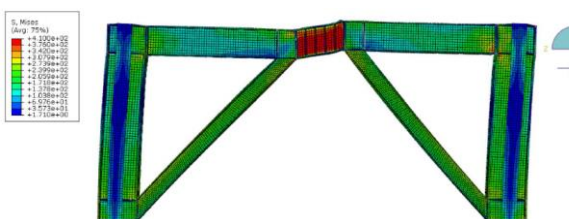
Perilaku struktur didasarkan pada tegangan yang terjadi pada portal EBF-S akibat diberi beban siklik, seperti ditunjukkan dalam Gambar 17 sampai 19. Pada step-1 yaitu dengan pemberian *displacement* sebesar 15 mm menunjukkan bahwa mekanisme keruntuhan pada elemen *link* telah terlihat, hal ini ditandai dengan perubahan bentuk balok *link* menjadi elastis dengan tegangan maksimum yang terjadi pada bagian *web* sebesar 266.25 MPa.



Gambar 17. Kontur Tegangan EBF-S Step-1



Gambar 18. Kontur Tegangan EBF-S Step-3

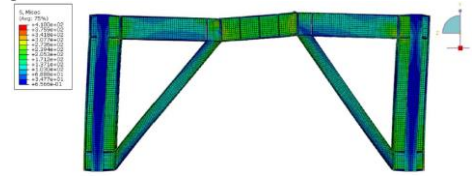


Gambar 19. Kontur Tegangan EBF-S Step-15

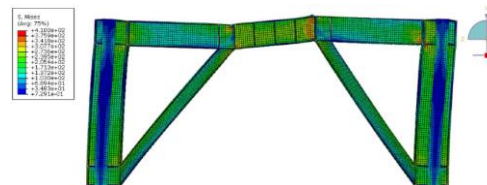
Tanda-tanda awal keruntuhan pada *link* mulai terlihat pada step-3 yang ditandai dengan gradasi warna kontur tegangan yang cukup signifikan di bagian *web* dengan tegangan maksimumnya sebesar 349.62 MPa. Seluruh bidang *web* akhirnya mencapai nilai tegangan *ultimate* (F_u) sebesar 410 MPa pada step-13 yaitu pada saat *displacement load* dinaikkan menjadi 20 mm.

Pada kondisi ini dapat dipastikan bahwa *link* telah mencapai batas plastik sehingga konsentrasi tegangan yang terjadi mulai bergeser ke arah balok luar *link*, *bracing* dan kolom. Hal ini ditunjukkan dengan perbedaan

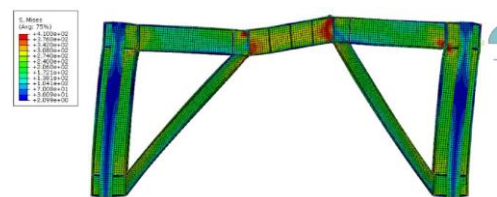
gradasi warna yang semakin meningkat terutama pada titik sambungan antara balok dan kolom. Selain itu bagian *flange* dari balok *link* di daerah sambungan *link* dan balok mengalami perubahan bentuk diakibatkan pengaruh *local buckling*.



Gambar 20. Kontur Tegangan EBF-I Step-1



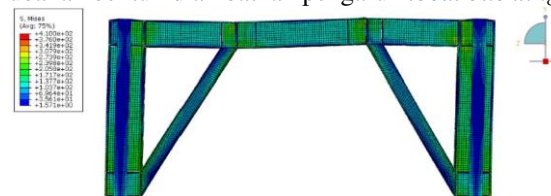
Gambar 21. Kontur Tegangan EBF-I Step-17



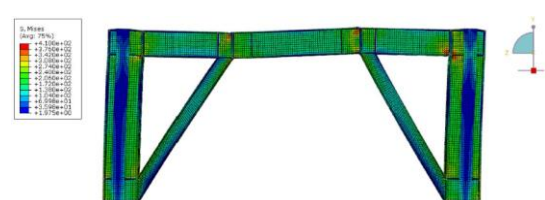
Gambar 22. Kontur Tegangan EBF-I Step-25

Gambar 20 sampai 22 menampilkan perilaku dan tegangan pada portal EBF-I. Pada step-1 dengan pemberian *displacement* sebesar 15 mm, tegangan maksimum yang terjadi pada bagian *web* adalah sebesar 250.46 MPa. Tanda keruntuhan pada *link* dimulai pada bagian ujung *link* yang berhubungan dengan balok. Hal ini terlihat dengan perubahan gradasi warna kontur tegangan pada step-17 yaitu dengan *displacement* sebesar 20 mm dimana tegangan maksimum yang terjadi pada bagian *web* balok *link* adalah sebesar 367.96 MPa.

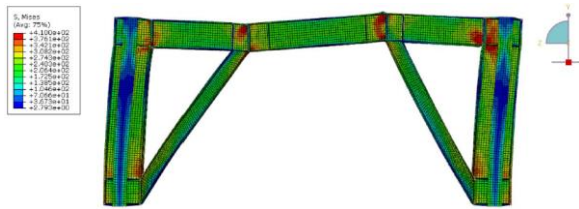
Dengan penambahan step terutama peningkatan nilai *displacement* menjadi 30 mm pada step-25, tegangan pada bagian *web* balok *link* telah mencapai tegangan putus (F_u) sebesar 410 MPa. Konsentrasi tegangan yang terjadi mulai bergeser ke arah balok luar *link*, *bracing* dan kolom seiring dengan peningkatan *displacement* pada beban siklik yang diberikan. Bagian *flange* dari balok *link* di daerah sambungan *link* dan balok juga mengalami perubahan bentuk diakibatkan pengaruh *local buckling*.



Gambar 23. Kontur Tegangan EBF-L Step-1



Gambar 24. Kontur Tegangan EBF-L Step-19



Gambar 25. Kontur Tegangan EBF-L Step-37

Model portal EBF-L yang ditampilkan Gambar 23 sampai 25 menunjukkan tegangan yang terjadi pada *link* cenderung lebih besar pada bagian ujung yang berhubungan dengan balok yang ditandai dengan perbedaan warna kontur tegangan. Saat step-1 dengan pemberian *displacement* awal sebesar 15 mm, nilai tegangan maksimum pada bagian *web* dari balok *link* di bagian ujung adalah sebesar 250.25 MPa.

Dengan peningkatan beban siklik pada step-19 dalam Gambar 24 dengan pemberian *displacement* sebesar 20 mm, tegangan yang dihasilkan pada bagian ujung juga mengalami peningkatan menjadi 379.41 N/mm². Saat *displacement* bertambah menjadi 40 mm yaitu di step-37 dalam Gambar 25, bagian *web* balok *link* pada bagian ujung telah mencapai tegangan putus (F_u) sebesar 410 MPa. *Local buckling* juga terjadi pada bagian *flange* dari balok *link* di daerah sambungan dengan balok.

Sama seperti dua model EBF sebelumnya, konsentrasi tegangan juga bergeser ke arah balok luar *link*, *bracing* dan kolom akan tetapi pada model EBF-L ini memperlihatkan perilaku yang lebih signifikan terjadi pada daerah sambungan balok-kolom, serta balok-*link*.

Dari hasil pemodelan dengan ABAQUS dapat diketahui bahwa pada model EBF-S kelelahan terjadi pada seluruh badan *link* karena geser, sedangkan pada model EBF-I kelelahan terjadi pada sebagian badan *link* dan tepi *link* karena geser dan lentur, sedangkan pada EBF-L kelelahan hanya terjadi pada tepi *link* karena lentur.

4. PERBANDINGAN ANALISIS STRUKTUR DENGAN ETABS DAN ABAQUS

Setelah melakukan analisis struktur terhadap 3 model struktur EBF, maka perlu dilakukan perbandingan hasil analisis struktur tersebut dengan menggunakan ETABS dan ABAQUS. Tabel 3 menunjukkan besaran simpangan arah lateral pada ujung portal yang dihasilkan ETABS dan ABAQUS. Pada titik pengamatan tersebut menunjukkan perbedaan nilai yang terjadi tidak terlalu jauh berbeda, yaitu kurang dari 5%, sehingga hasil analisis ABAQUS telah sesuai pemodelan ETABS.

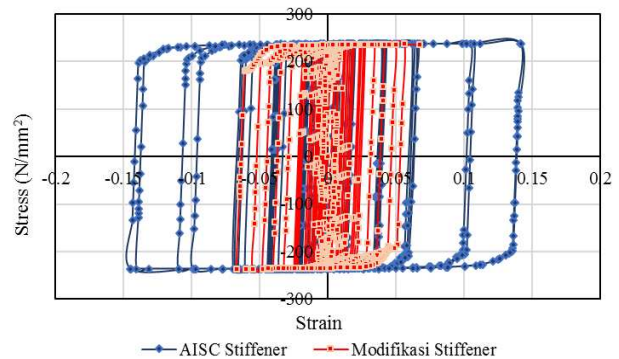
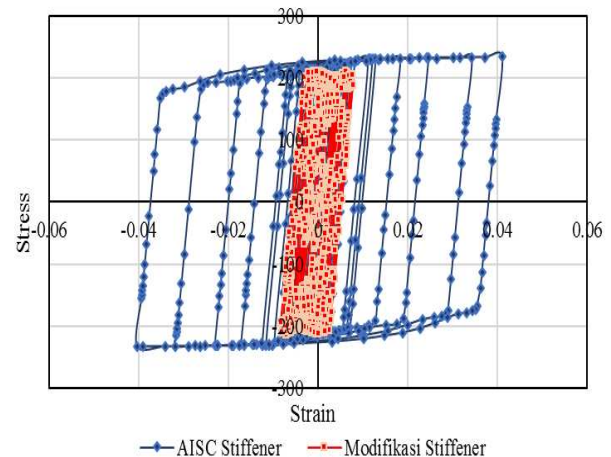
Tabel 3. Perbandingan defleksi ETABS dan ABAQUS

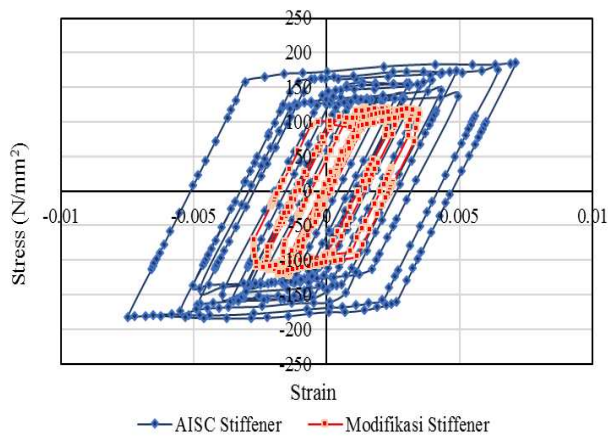
Portal	Titik Pengamatan		Perbedaan	
	ETABS mm	ABAQUS mm	Prosentase %	Penerimaan < 5%
EBF-S	119.89	120.80	0,75	OK
EBF-I	120.24	121.30	0,87	OK
EBF-L	122.29	123.61	1,07	OK

Diagram tegangan-regangan yang ditampilkan diambil pada elemen balok *link* dari setiap model portal EBF dengan kondisi awal dan penambahan pengaku badan pada daerah *link*. Adapun hasil kurva *hysteresis* akibat beban siklik ditunjukkan pada Gambar 26 sampai 28.

Dari Gambar 26, pada model EBF-S dengan pemberian *web stiffener* sesuai AISC tegangan maksimum yang dicapai *link* adalah sebesar 236.61 MPa pada posisi regangan 0.1415, sedangkan untuk model dengan pemberian *diagonal web stiffener* dengan regangan 0.0677 dicapai tegangan maksimum sebesar 236.13 MPa. Perbedaan nilai tegangan antara kedua tipe penempatan *stiffener* tidak jauh berbeda, terkecuali pada nilai regangan dimana regangan pada balok *link* yang diberikan pengaku badan diagonal jauh lebih kecil dibandingkan dengan tanpa pengaku badan diagonal.

Pada model EBF-I yang ditunjukkan oleh Gambar 27, perbedaan nilai tegangan antara balok *link* tanpa pengaku badan diagonal dan dengan pengaku badan diagonal mulai terlihat. Untuk tegangan maksimum pada *link* tanpa pengaku badan diagonal adalah sebesar 233.47 MPa dengan nilai regangan sebesar 0.0411. Pada *link* dengan pemberian pengaku badan diagonal, tegangan maksimum yang terjadi sebesar 210.79 MPa dengan nilai regangannya sebesar 0.0077.

Gambar 26. Kurva *hysteresis* pada model EBF-S akibat beban siklikGambar 27. Diagram tegangan-regangan pada *link* akibat beban siklik pada model EBF-I



Gambar 28. Diagram tegangan-regangan pada *link* akibat beban siklik pada model EBF-L

Untuk model EBF-L yang ditunjukkan oleh Gambar 28, semakin mengalami penurunan nilai tegangannya pada elemen balok *link* yang ditampilkan dalam Gambar 4.33. Tegangan maksimum yang diberikan adalah sebesar 185.28 MPa dengan nilai regangannya sebesar 0.0071 pada *link* tanpa pengaku badan diagonal. Dengan pemberian pengaku badan diagonal menyebabkan reduksi tegangan yang cukup signifikan yaitu menjadi 120.60 MPa saat tegangan mencapai 0.0035.

Tabel 4. Perbandingan luasan bidang tegangan-regangan

Model Portal	EBF-S MPa	EBF-I MPa	EBF-L MPa
Luasan daerah <i>hysteresis loop</i>	119.11	49.10	30.55

Luasan bidang tegangan-regangan dari setiap model portal EBF, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 4 dapat menjelaskan pengaruh panjang *link* serta pemberian pengaku badan diagonal. Model portal EBF-S memiliki luas bidang tegangan-regangan yang lebih besar dari model EBF-I dan EBF-L, hal ini menunjukkan bahwa EBF-S memiliki daktilitas dan kemampuan disipasi energi yang paling baik.

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisis struktur yang telah dilakukan terhadap 3 model struktur EBF-S, EBF-I, dan EBF-L dengan menggunakan ETABS dan ABAQUS, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Simpangan lateral yang dihasilkan pada model gedung EBF-S lebih kecil dibandingkan dengan EBF-I dan EBF-L, hal ini menunjukkan bahwa EBF-S mempunyai kekakuan struktur yang lebih kuat dibandingkan dengan struktur EBF-I dan EBF-L.
- 2) Model struktur tipe EBF-S memiliki gaya geser dasar *ultimate* yang lebih besar dibandingkan model EBF-I dan EBF-L, sehingga lebih bias menyerap energi disipasi akibat beban gempa.
- 3) Dari hasil pemodelan dengan ABAQUS dapat diketahui bahwa pada model EBF-S kelelahan terjadi pada seluruh badan *link* karena geser, sedangkan pada model EBF-I kelelahan terjadi pada sebagian badan *link* dan tepi *link* karena geser dan lentur, sedangkan

pada EBF-L kelelahan hanya terjadi pada tepi *link* karena lentur.

- 4) Besaran simpangan arah lateral pada ujung portal yang dihasilkan ETABS dan ABAQUS. Pada titik pengamatan tersebut menunjukkan perbedaan nilai yang terjadi tidak terlalu jauh berbeda, yaitu kurang dari 5%, sehingga hasil analisis ABAQUS telah sesuai pemodelan ETABS.
- 5) Model portal EBF-S memiliki luas bidang tegangan-regangan yang lebih besar dari model EBF-I dan EBF-L, hal ini menunjukkan bahwa EBF-S memiliki daktilitas dan kemampuan disipasi energi yang paling baik.

6. DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction, (2005), *Seismic Provision for Structural Steel Buildings*. AISC, Inc.
- ANSI/AISC, 341-10. (2010), *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*. American Institute of Steel Construction, Chicago, Illinois.
- ANSI/AISC, 360-10. (2010), *Specification for Structural Steel Buildings*. American Institute of Steel Construction, Chicago, Illinois.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012), *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 1726:2012)*, Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional (2015), *Spesifikasi untuk Bangunan Baja Struktural (SNI 1729:2015)*, Bandung.
- Bruneau, Michel, Chia-Ming Uang, dan Rafael Sabbelli. (2011), *Ductile Design of Steel Structures – Second Edition*. McGraw-Hill Companies, Inc., United States of America.
- Daneshmand, Ardesir, dan Behrokh H. Hashemi (2011), Performance of Intermediate and Long Links in Eccentrically Braced Frames. *Journal of Constructional Steel Research*, Vol. 70 No. 11, hal. 167-176.
- Dewabroto, Wiryanto (2015), *Stuktur Baja – Perilaku, Analisis & Desain – AISC 2010*. Lumina Press, Jakarta.
- Engelhardt, Michael D. (2007), Design of Seismic-Resistant Steel Building Structures. *AISC Module for Teaching the Principles of Seismic-Resistant Design of Steel Building Structures*, American Institute of Steel Construction, Chicago, Illinois.
- FEMA, 356. (2000), *“Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings”*. American Society of Civil Engineers, Washington, D.C.
- Popov, Egor P., Kazuhiko Kasai, dan Michael D. Engelhardt. (1987), “Advances in Design of Eccentrically Braced Frames”. *Bulletin of the New Zealand National Society for Earthquake Engineering*, Vol. 20 No. 1.
- Richards, Paul W., dan Chia-Ming Uang (2005), Effect of Flange Width- Thickness Ratio on Eccentrically Braced Frames Link Cyclic Rotation Capacity. *Journal of Structural Engineering*, Vol. 131 No. 10, hal. 1546-1552.



9 772527 554007