



Terbit online pada laman web jurnal : <http://jurnal.sttp-yds.ac.id>

SAINSTEK (e-Journal)

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Struktur

Analisis Sifat Mekanik Bata Ringan Cellular Lightweight Concrete Menggunakan Program LUSAS V17

Roma Dearn^a, Reni Suryanita^b, Ismediyanto^c

^aJurusan Teknik Sipil Universitas Riau, Tampan, Pekanbaru 28292, Indonesia

^bJurusan Teknik Sipil Universitas Riau, Tampan, Pekanbaru 28292, Indonesia

^cJurusan Teknik Sipil Universitas Riau, Tampan, Pekanbaru 28292, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 31 Agustus 2019

Revisi Akhir: 03 Desember 2019

Diterbitkan Online: 28 Desember 2019

KATA KUNCI

Bata Ringan

LUSAS V.17

Pembebanan

Penurunan

KORESPONDENSI

Telepon: "+62 821-7442-4542"

E-mail: roma.dearni@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Kemajuan teknologi yang semakin pesat pada perkembangan dunia konstruksi modern, sehingga memunculkan inovasi baru dalam dunia konstruksi. Salah satunya adalah pembuatan bata ringan Cellular Lightweight Concrete (CLC). Density yang rendah memungkinkan resiko ketika terkena getaran atau percepatan tanah, salah satunya getaran yang disebabkan oleh gempa bumi dapat diperkecil. Untuk itu, penggunaan bata ringan efektif dalam konstruksi bangunan tinggi maka perlu dilakukan simulasi numerik pada bata ringan agar mempermudah kita menganalisis sifat mekanik bata ringan di lapangan. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan nilai penurunan pada uji laboratorium serta menganalisis sifat mekanik tegangan, regangan dan modulus elastisitas pada pemberian beban yang bervariasi. Pemberian beban berdasarkan data optimum pada uji laboratorium maka di pakai rentang beban dimulai dari 20 kN hingga 35 kN dengan variabel beban 0,5 kN. Pemodelan benda uji memiliki panjang 60 cm, lebar 10 cm dan tinggi 20 cm. Parameter input pada program menggunakan hasil uji laboratorium yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya berupa nilai modulus elastisitas, poisson ratio dan densitas. Hasil penelitian didapatkan nilai penurunan permukaan pada pemberian beban 26 kN saat uji laboratorium sebesar 4,82 mm, sedangkan secara numerik menghasilkan 4,94 mm. Pemberian beban 35 kN menimbulkan penurunan permukaan maksimal sebesar 6,65 mm. Nilai tegangan maksimal yang ditimbulkan pada saat simulasi numerik sebesar 0,82 N/mm², sedangkan nilai regangan dihasilkan sebesar 0,026. Berdasarkan penelitian ini disimpulkan bahwa nilai penurunan pada eksperimental lebih kecil dibandingkan dengan analisis menggunakan pemrograman LUSAS V.17 dan disimpulkan bahwa semakin besar beban yang diberikan maka semakin besar juga nilai tegangan regangan dan penurunannya.

1. PENDAHULUAN

kemajuan teknologi yang semakin pesat pada perkembangan dunia konstruksi modern, sehingga memunculkan inovasi baru dalam dunia konstruksi, salah satunya pembuatan bata ringan CLC (Cellular Lightweight Concrete). Bata ringan merupakan bata beton yang memiliki densitas lebih ringan dari pada bata beton pada umumnya. Berat sendiri yang besar berpengaruh besar terhadap keruntuhan bangunan jika mendapat getaran atau percepatan tanah, salah satunya getaran yang disebabkan oleh gempa. Sehingga dengan membuat berat sendiri bangunan lebih ringan dari kondisi bata normal akan membuat bangunan lebih aman ketika terkena getaran gempa.

Pemberian beban pada bata ringan CLC menimbulkan deformasi berupa perubahan bentuk permukaan. Jika gaya yang diberikan

tidak terlalu besar maka kekuatan ini mungkin cukup untuk melawan gaya yang diberikan, sehingga saat beban dihapuskan memungkinkan objek untuk mencapai keadaan setimbang baru dan kembali ke kondisi semula. Jika gaya yang lebih besar diberikan maka dapat menyebabkan deformasi permanen dari objek atau bahkan menyebabkan kegagalan struktural.

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini berupa nilai deformasi penurunan permukaan dari pemrograman LUSAS V.17. Kemudian dilakukan perbandingan berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Efendi (2019) yang dilakukan secara eksperimental. Hasil analisis dari LUSAS dapat diperoleh bagaimana hubungan tegangan dan regangan dengan pemberian beban. Adapun sifat mekanik yang dikaji pada penelitian ini adalah keruntuhan, tegangan dan regangan serta pengaruh pemberian beban yang bervariasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bata Ringan

Bata ringan adalah material bangunan yang terbuat dari bahan baku utama terdiri dari pasir silika, kapur, semen, air, ditambah dengan suatu bahan pengembang dan memiliki berat jenis (*density*) lebih ringan daripada bata pada umumnya. Pembuatan beton ringan biasanya dibuat dengan cara pemberian gelembung udara kedalam campuran betonnya, dengan menggunakan agregat ringan, misalnya tanah liat bakar, batu apung dan sebagainya (Tjokrodinuljo, 2013).

Bata ringan mempunyai bahan baku utama terdiri dari pasir silika, kapur, semen, air, ditambah dengan suatu bahan pengembang yang kemudian dirawat dengan tekanan uap air. Tidak seperti bata biasa, berat bata ringan dapat diatur sesuai kebutuhan. Pada umumnya berat jenis bata ringan berkisar antara 600 hingga 1600 kg/m³. Oleh karena itu, keunggulan utama bata ringan terletak pada berat jenisnya, sehingga apabila digunakan pada proyek bangunan tinggi (*high rise building*) akan dapat secara signifikan mengurangi berat sendiri bangunan, yang selanjutnya berdampak kepada perhitungan pondasi.

2.2. Bata Ringan CLC (Cellular Lightweight Concrete)

Bata ringan CLC adalah beton selular yang mengalami proses curing secara alami, CLC adalah beton konvensional yang mana agregat kasar (kerikil) digantikan oleh udara, dalam prosesnya menggunakan busa organik yang sangat stabil dan tidak ada reaksi kimia ketika proses pencampuran adonan, foam/busanya berfungsi sebagai media untuk membungkus udara.

Bahan baku yang dipakai untuk membuat bata ringan CLC yaitu semen, pasir, foaming agent (busa organik), dan air. Kebanyakan produsen memanfaatkan semen portland, meski penggunaan semen lain pun tidak terlalu bermasalah. Pasir yang digunakan adalah pasir sungai yang berukuran 4, 6, atau 8 mm tergantung tingkat kepadatan bata ringan yang diharapkan. Penambahan foaming agent berfungsi sebagai media untuk membungkus gelembung-gelembung udara agar terjebak di dalam bata ringan.



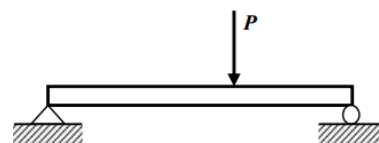
Gambar 1. Bata Ringan CLC (*Cellular Lightweight Concrete*)

2.3. Deformasi

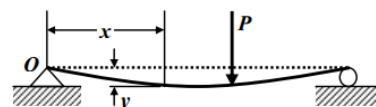
Deformasi adalah perubahan bentuk atau ukuran dari sebuah objek karena sebuah diterapkan gaya (energi deformasi dalam

hal ini ditransfer melalui kerja) atau perubahan suhu (energi deformasi dalam hal ini ditransfer melalui panas). Kasus pertama dapat menjadi akibat dari kekuatan tarik, kekuatan tekan, geser, lipatan atau torsi (memutar).

Deformasi sering digambarkan sebagai regangan. Ketika deformasi terjadi, gaya internal antar-molekul muncul melawan gaya yang diberikan. Jika gaya yang diberikan tidak terlalu besar maka kekuatan ini mungkin cukup untuk melawan gaya yang diberikan, yang memungkinkan objek untuk mencapai keadaan setimbang baru dan kembali ke kondisi semula ketika beban akan dihapus. Jika gaya yang lebih besar diberikan maka dapat menyebabkan deformasi permanen dari objek atau bahkan menyebabkan kegagalan struktural. Perubahan penampang benda uji sebelum dan sesudah dapat dilihat pada Gambar 2.



(a) Balok Sebelum Terjadi Deformasi



(b) Balok dalam Konfigurasi Terdeformasi

2.4. Kuat Tekan

Kuat tekan adalah kemampuan suatu benda uji untuk menerima gaya tekan mekanis sampai terjadinya kegagalan (*failure*) persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Dilakukan pemeriksaan kuat tekan untuk mengetahui secara pasti akan kekuatan bata ringan. Pada mesin uji tekan, benda yang akan diuji diletakkan pada mesin uji tekan dan diberi beban, benda akan runtuh pada saat beban maksimum bekerja (Mulyono, 2007). Secara teoritis, kekuatan tekan bata ringan dipengaruhi oleh kekuatan komponen-komponennya yaitu pasta semen, volume rongga, agregat, dan hubungan antar muka (*interface*) antara pasta semen dengan agregat.

Tabel 1. Syarat-Syarat Fisis Bata Beton

Syarat Fisis	Satuan	Tingkat mutu bata beton pejal				Tingkat mutu bata beton berlobang			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
Kuat tekan bruto rata-rata minimum	kg/cm ²	100	70	40	25	70	50	35	20
Kuat tekan bruto masing-masing benda uji minimum	kg/cm ²	90	65	35	21	65	45	30	17
Penyerapan air rata-rata maksimum	kg/cm ²	25	35	-	-	25	35	-	-

2.5. Tegangan – Regangan dan Modulus Elastisitas

Tegangan (stress) didefinisikan sebagai gaya yang diperlukan oleh benda untuk kembali ke bentuk semula atau gaya (F) yang diberikan pada benda dibagi dengan luas penampang (A) tempat gaya tersebut bekerja. Pengujian tegangan-regangan berhubungan dengan pengujian kuat tekan. Nilai tegangan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Tegangan } (\sigma) = \frac{F \text{ (kN)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}}$$

Dengan :

σ = Tegangan (kN/cm²)

F = Gaya (kN)

A = Luas penampang (cm²)

Perubahan relatif dalam ukuran atau bentuk suatu benda karena pemakaian tegangan disebut regangan (strain). Regangan adalah suatu besaran yang tidak memiliki dimensi karena rumusnya yaitu meter per meter. Definisi regangan berdasarkan rumusnya adalah perubahan panjang (ΔL) dibagi dengan panjang awal benda (L) . Nilai regangan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Regangan (e)} = \frac{\Delta L \text{ (cm)}}{L \text{ (cm)}}$$

Dengan :

e = Regangan

ΔL = Perubahan panjang (cm)

L = Panjang mula-mula (cm)

Beton yang sedang menahan beban akan terbentuk suatu hubungan regangan dan tegangan yang merupakan fungsi dari waktu pembebanan. Beton menunjukkan sifat elastis murni pada waktu menahan beban singkat. Modulus elastisitas yang besar menunjukkan beton mampu menahan beban yang besar dengan kondisi regangan yang kecil. Nilai Modulus elastisitas didapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Modulus (E)} = \frac{\sigma}{e}$$

Dengan :

E = Modulus Elastisitas (kg/cm²)

σ = Tegangan (kg/cm²)

e = Regangan

Bila nilai E semakin kecil, maka akan semakin mudah bagi bahan untuk mengalami perpanjangan atau pemampatan. Dalam SI, satuan *Modulus Young* sama dengan satuan tegangan (N/m²), karena pembagian tegangan dengan regangan tidak menimbulkan pengurangan satuan (regangan tidak memiliki satuan). Semakin besar regangan yang terjadi, maka semakin kecil nilai modulus elastisitas. Semakin besar nilai modulus suatu benda, maka semakin sulit benda tersebut dapat memanjang, dan sebaliknya.

2.6. Density Bata Ringan

Density atau massa jenis atau rapatannya adalah pengukuran massa setiap satuan dengan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki massa

jenis lebih tinggi (misalnya besi) akan memiliki volume yang lebih rendah daripada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah (misalnya air). Rumus untuk menentukan massa jenis sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Dengan:

ρ = massa jenis,

m = massa,

V = volume.

2.7. Poisson Ratio

Poisson ratio adalah perbandingan antara regangan arah transversal dengan regangan arah aksial. Regangan transversal adalah perbandingan antara penyusutan luasan dengan luasan mula-mula atau pengembangan luasan dengan luasan mula-mula sedangkan regangan aksial adalah perbandingan antarpertambahan panjang dengan panjang mula-mula atau pemampatan panjang dengan panjang mula-mula.

Poisson ratio merupakan nilai rasio antara regangan lateral dengan regangan aksial. Berdasarkan Gambar 2.9 jika elemen dengan lebar d dan panjang l akan diberikan beban sebesar F, maka panjang elemen akan menjadi l₀ dan lebar menjadi d₀. Menurut Neville (2009) poisson ratio dari beton bervariasi, secara umum nilai poisson rasio berkisar antara 0,15.

2.8. Perangkat Lunak Elemen Hingga LUSAS V.17

Finite element method, disebut dalam Bahasa Indonesia metode elemen hingga. Metode ini dapat menyelesaikan suatu problem dengan cara membagi objek analisa menjadi bagian-bagian kecil yang terhitung. *LUSAS V.17* adalah program *finite element* yang menampilkan bentuk grafis yang terdiri banyak macam geometri seperti titik, garis, bidang, volume dan definisi atribut berupa material, beban, tumpuan dan mesh.

LUSAS versi 17 dapat digunakan dalam pengecekan desain rangka baja dan kemampuan mengoptimalkan beban yang diperluas, peningkatan pratekan, model *creep* dan susut tambahan, dan fasilitas baru untuk pemodelan interaksi struktur tanah. Fitur tampilan dan pengeditan yang baru menyederhanakan manajemen dan mengubah penetapan atribut serta meningkatkan kemudahan penggunaan umum. Pada penggunaan perangkat keras minimum yang disarankan *Prosesor Core i5* atau setara dari pabrikan serupa setidaknya 4 GB RAM dan *hard disk* setidaknya 160 GB. Layar diperlukan resolusi minimum 1024 x 768.

LUSAS V.17 adalah program finite element yang menampilkan bentuk grafis yang terdiri banyak macam geometri seperti titik, garis, bidang, volume dan definisi atribut berupa material, beban, tumpuan dan mesh. Program Finite Element *LUSAS V.17* jenis elemen yang dikelompokkan sesuai dengan fungsinya yaitu: Bars, Beams, 2D Continuum elements, 3D Continuum elements, Plates, Shell, Membranes, Joints, Field Elements dan Interface Elements.

Menurut Intansari (2012) sistem analisa program *LUSAS* terbagi menjadi tiga tahapan utama yang harus dimengerti sebelum masuk ke dalam pemodelan. Tiga tahapan utama tersebut yaitu pemodelan (Modelling), menjalankan pemodelan/analisis (Running the analysis) dan melihat hasil analisa (Viewing the result).

2.8.1. Pemodelan

a) Geometry (geometri)

Model yang dibuat dalam LUSAS V.17 diasumsikan sebagai gambaran grafis yang terdiri dari beberapa koordinat posisi yang saling berhubungan sehingga disebut dengan ruang 3D (tiga dimensi) dimana hal tersebut merupakan geometri dari model.

b) Attributes (perlengkapan)

Attributes yaitu perilaku yang di berikan pada model yang telah dibuat atau faktor-faktor yang dikenakan di atasnya. Ada beberapa tipe atribut yang mewakili jenis perilaku dari model. Contoh atribut yaitu pembebanan dan tumpuan dimana keduanya sangat berbeda, dan contoh atribut bahan yaitu bahan *isotropic*, *anisotropic*, dan *orthotropic*.

c) Loadcases (pembebanan)

Loadcases merupakan istilah untuk suatu kumpulan pembebanan. Setiap loadcases akan diselesaikan secara terpisah dan hasil analisa juga tersedia secara terpisah.

d) Meshing (jaringan)

Meshing adalah pengaturan model/elemen dimana model/elemen yang telah dibuat harus dipecah menjadi *node* dan elemen yang lebih kecil. Semakin rapat *mesh* yang dibuat maka akan semakin akurat analisa yang dilakukan oleh LUSAS.

e) Utilities (keperluan)

Utilities merupakan jenis analisa yang memerlukan atau membuat data tambahan yang mirip dengan atribut tetapi tidak bisa diterapkan atau ditugaskan pada geometri. Contoh dari *utilities* yaitu nilai-nilai yang diunakan untuk membuat grafik.

f) Controls

Controls digunakan untuk mengontrol proses analisa dari suatu model. Hal ini dilakukan karena pada dasarnya analisa statis linear lebih mudah dari pada analisa non-linear, tetapi kadang-kadang perlu untuk mengontrol proses dari analisa itu sendiri.

2.8.2. Menjalankan Analisis

LUSAS akan menganalisa tegangan statis linear secara *default*. Namun, untuk mengatur analisis nonlinear dibutuhkan kontrol analisis yang merupakan *property* dari *loadcases*, dan *loadcases* ditampilkan dalam *treeview loadcase*. Pada program LUSAS v.17 proses analisis disebut dengan *solve*. Hasil yang diperoleh dapat ditampilkan dengan memilih icon  (*solve now*) lalu klik OK. Jika analisis berhasil, maka hasil analisis akan ditampilkan pada *Treeview*.

2.8.3. Hasil Analisis

Untuk menampilkan hasil analisis dapat melibatkan berbagai macam fitur pilihan antara lain :

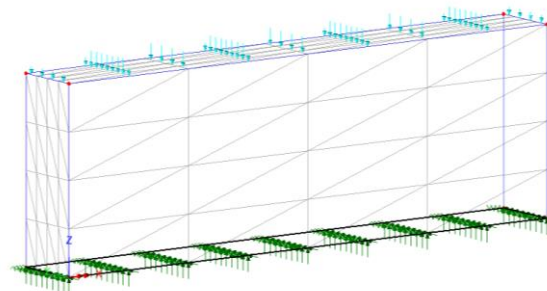
- Deformed* yaitu untuk menunjukkan deformasi yang terjadi pada elemen hasil analisis
- Contur*, digunakan untuk menunjukkan kontur distribusi dari tegangan
- Vector*, digunakan untuk menunjukkan pola retakan pada model struktur
- Diagram* digunakan untuk menunjukkan nilai pada hasil analisis seperti tegangan.
- Graphing* yang digunakan untuk menunjukkan grafik dari hasil analisis.

Print Result yang menampilkan hasil yang diperoleh untuk keseluruhan model struktur seperti tegangan baja, perpindahan dll.

3. METODOLOGI

3.1. Spesifikasi Elemen Bata Ringan

Pemodelan benda uji memiliki panjang 60 cm, lebar 10 cm dan tinggi 20 cm, mutu bata ringan (f_c') sebesar 0,578 MPa (Hasil eksperimental terdahulu), nilai densitas yang dipakai 694,5 kg/m³, untuk nilai *Poisson Ratio* digunakan 0,15 dan nilai modulus elastisitas sebesar 84,79 kg/cm².



Gambar 3. Pemodelan Elemen Bata Ringan pada Program Elemen Hingga LUSAS V.17

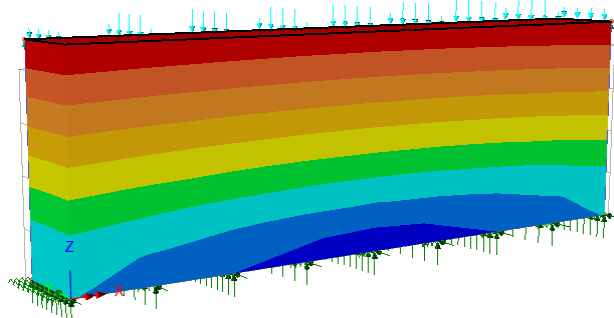
3.2. Balok Pemodelan Geometri Bata Ringan pada Program LUSAS V.17

Permodelan pada perangkat lunak LUSAS V.17 dilakukan dengan memperhitungkan unsure geometrik dari struktur seperti data nilai *modulus elastisitas*, *poisson ratio* dan *densitas*. Setelah memasukkan *input* data kedalam permodelan program maka kita dapat memasukkan data pembeban yang akan diberikan baik berupa total ataupun unit per area. Hasil yang tersedia dapat dilihat dan dapat dikombinasikan dengan beberapa atribut untuk membuat plot padagrafik.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Analisis dengan Pemberian Beban 26 kN pada Program LUSAS V.17

Hasil penurunan yang didapatkan dari pemberian beban sebesar 26 kN pada program perangkat lunak LUSAS berupa gambar kontur dengan warna yang bermacam-macam. Kontur deformasi penurunan permukaan bata ringan dengan pemeberian beban 26,0 kN dapat dilihat pada Gambar 3.

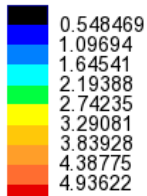


Gambar 4. Kontur Deformasi Penurunan Permukaan Bata Ringan dengan Pemberian Beban 26 kN.

Bentuk keruntuhan yang dihasilkan dari program LUSAS V.17 menggambarkan nilai penurunan yang terjadi secara merata

pada tiap lapisnya dikarenakan pemberian beban secara merata. Pada tiap badan bata ringan memiliki nilai penurunan yang berbeda-beda tergantung pada posisinya masing masing. Warna yang bervariasi pada badan bata ringan menjelaskan masing masing nilai yang berbeda beda. Keterangan warna dari kontur deformasi penurunan permukaan bata ringan dengan pemberian beban 26,0 kN dapat dilihat pada Gambar 3.

Analysis: Analysis 1
Loadcase: 1: Loadcase 1, 51: Increment 51 Load Factor = 26.0000
Results file: 3 juli BEBAN VARIASI-Analysis 1.mys
Entity: Displacement
Component: RSLT (Units: mm)



Maximum 4.93638 at node 556
Minimum 0.0 at node 68

Gambar 5. Keterangan Warna dari Kontur Penurunan dengan Pemberian Beban 26 kN.

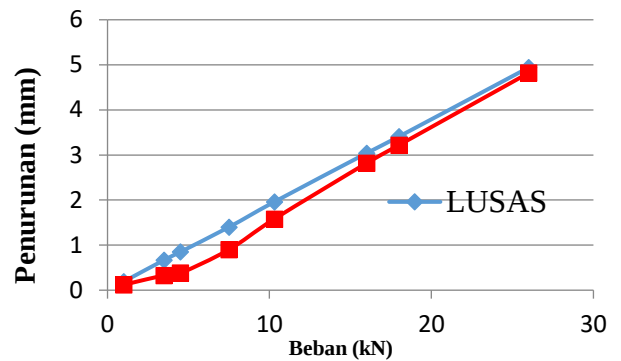
Pada gambar kontur penurunan yang dihasilkan dari *running* program *LUSAS V.17* dapat diperhatikan keterangan biru tua menjadi nilai terendah dan nilai merah menjadi nilai tertinggi. Pada hasil *running* ini di dapat nilai keruntuhan maksimum terletak pada bagian atas yang memiliki nilai sebesar 4,94 mm kemudian semakin ke bawah nilai keruntuhan semakin menurun dengan nilai 0 mm. Dibandingkan dengan nilai eksperimental sebesar 4,82 mm.

Nilai maksimum keruntuhan terjadi pada bagian atas badan bata ringan sedangkan nilai minimum penurunan terjadi dibagian bawah badan bata ringan. Hal ini dikarenakan badan bata ringan yang semakin tertekan semakin padat juga rongganya sehingga kekuatan bata ringan lebih besar menyebabkan nilai keruntuhan lebih kecil. Nilai minimum terletak dibagian bawah badan bata ringan dikarenakan dekat dengan tumpuan dan bagian atas jauh dari tumpuan serta bersentuhan langsung dengan beban yang diberikan. Perbandingan Nilai Penurunan eksperimental dan Program *LUSAS V.17* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2. Perbandingan Nilai Penurunan eksperimental dan Program *LUSAS V.17*

Penurunan (Displacement)		
Beban (kN)	LUSAS (mm)	Eksperimental (mm)
1	0.19	0.12
3.5	0.67	0.33
4.5	0.85	0.38
7.5	1.4	0.9
10.3	1.96	1.58
16.0	3,04	2.82
18	3,41	3,22
26	4,94	4,84

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa dengan pemberian nilai beban yang sama nilai penurunan pada pogram *LUSAS V.17* lebih besar daripada nilai penurunan eksperimental. Grafik Nilai Keruntuhan Eksperimental dan *LUSAS V.17* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 6. Grafik Nilai Keruntuhan Eksperimental dan *LUSAS V.17*

4.2 Pemberian Beban yang Bervariasi

Pada pemberian beban yang bervariasi besar beban dilakukan mulai dari 20 kN hingga 35 kN, diambil *range* yang mendekati nilai optimum bata ringan. Pemberian beban yang bervariasi ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh beban yang di berikan terhadap sifat mekanik bata ringan seperti penurunan tegangan dan regangan. Data nilai deformasi permukaan penurunan, tegangan dan regangan pada pemberian beban yang bervariasi dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut.

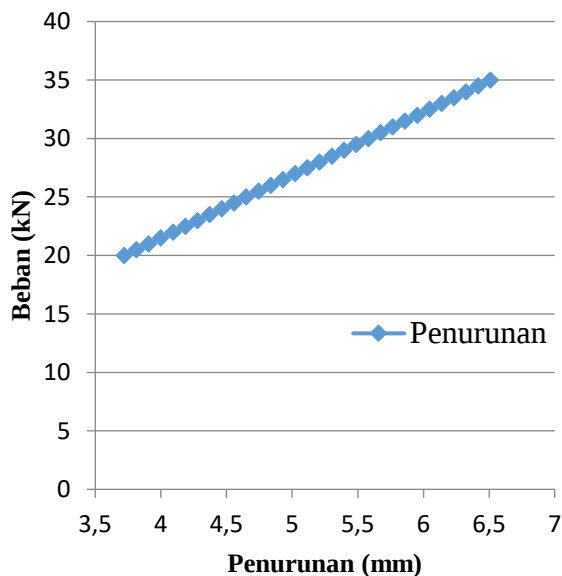
Table 3. Nilai Penurunan, Tegangan dan Regangan

Beban (Mpa)	Penurunan (mm)	Tegangan (N/mm ²)	Regangan (mm/mm)
20	3.79722	0.46722	0.014941
20.5	3.89215	0.47891	0.015315
21	3.98708	0.49059	0.015688
21.5	4.08201	0.50227	0.016062
22	4.17694	0.51395	0.016436
22.5	4.27187	0.52563	0.016809
23	4.3668	0.53731	0.017183
23.5	4.46173	0.54899	0.017556
24	4.55666	0.56067	0.01793
24.5	4.65159	0.57235	0.018303
25	4.74652	0.58403	0.018677
25.5	4.84145	0.59571	0.01905
26	4.93638	0.60739	0.019424
26.5	5.03131	0.61907	0.019797
27	5.12624	0.63075	0.020171
27.5	5.22117	0.64243	0.020544
28	5.3161	0.65411	0.020918
28.5	5.41103	0.6658	0.021291
29	5.50596	0.67748	0.021665
29.5	5.60089	0.68916	0.022039
30	5.69582	0.70084	0.022412
30.5	5.79075	0.71252	0.022786
31	5.88568	0.7242	0.023159
31.5	5.98061	0.73588	0.023533
32	6.07554	0.74756	0.023906
32.5	6.17048	0.75924	0.02428
33	6.26541	0.77092	0.024653
33.5	6.36034	0.7826	0.025027
34	6.45527	0.79428	0.0254
34.5	6.5502	0.80596	0.025774
35	6.64513	0.81764	0.026147

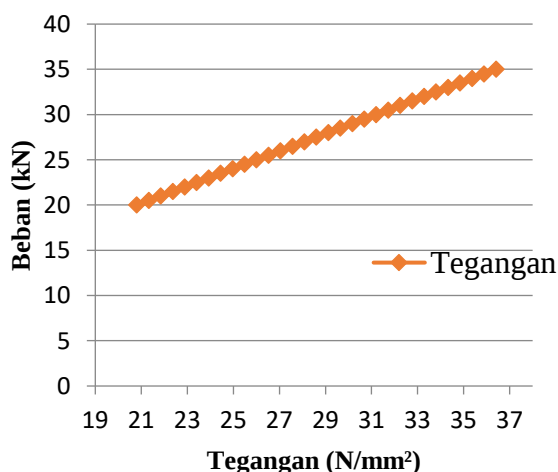
Hasil analisis didapatkan bahwa terjadi peningkatan pada semua tinjauan yang dilakukan yaitu nilai penurunan, tegangan dan regangan. Hasil analisis pada nilai penurunan terbesar terjadi pada pemberian beban 35 kN

sebesar 6,645 mm. Nilai tegangan terbesar terdapat pada pemberian beban sebesar 35 kN yaitu $0,818 \text{ N/mm}^2$, tidak jauh berbeda dari hasil nilai regangan juga terjadi pada pemberian beban 35 kN sebesar 0,019.

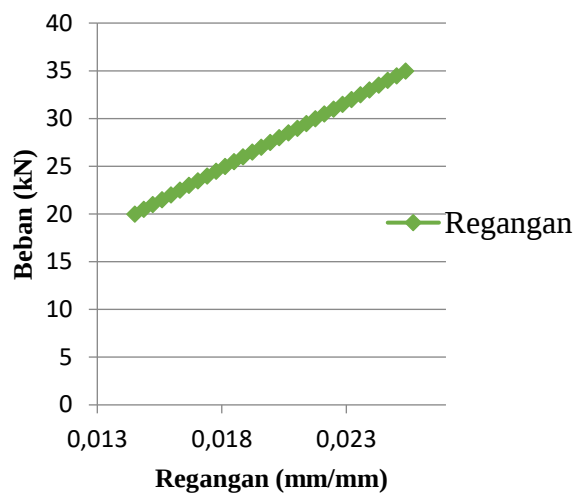
Semakin besar beban yang di berikan maka semakin besar juga nilai penurunan dan nilai tegangan serta regangan. Maka semakin besar beban yang diberikan besar pula tegangan yang terjadi. Grafik nilai deformasi penurunan permukaan bata ringan, nilai tegangan dan regangan dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Nilai Deformasi Penurunan Permukaan Bata Ringan



Gambar 8. Grafik Nilai Tegangan



Gambar 9. Grafik Nilai Regangan

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil analisis simulasi numerik menggunakan LUSAS V.17 sebagai berikut:

- Dari hasil analisis yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa hasil eksperimental tidak jauh berbeda hasilnya dengan menggunakan program LUSAS V.17.
- Dari hasil kontur keruntuhan program LUSAS V.17 dapat dilihat bahwa nilai keruntuhan terbesar terjadi pada bagian atas sebesar 4,94 mm dan nilai minimum terjadi pada bagian bawah sebesar 0 mm.
- Untuk hasil kontur tegangan ringan pada bagian bawah bata ringan terjadi dan regangan didapatkan. nilai tegangan maksimum $0,607 \text{ N/mm}^2$ dan minimum $0,513 \text{ N/mm}^2$. untuk nilai regangan maksimum 0,0194 dan minimum 0,0164.
- Untuk pemberian beban yang bervariasi terhadap bata ringan disimpulkan, semakin besar beban yang diberikan maka semakin besar juga nilai keruntuhan, tegangan dan regangan yang dihasilkan oleh bata ringan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada penelitian ini, kami ingin mengucapkan terima kasih kepada Kemenristekdikti atas pendanaan penelitian melalui Skema Penelitian Berbasis Kompetensi 2019. Semoga hasil penelitian yang didapatkan dapat memberikan kontribusi bagi riset dan teknologi Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar Pustaka ditulis mengikuti format **IEEE style** berikut:

- [1] Djamaluddin, R., Akkas, A. ., & Sarungallo, A. . (2013). Studi Pemodelan Berbasis Fem Balok Beton Bertulang Menggunakan Lusas 14.0 Yang Diperkuat Dengan GFRP.
- [2] Imran, I., & Zulkifli, E. (2014). *Perencanaan Dasar Struktur Beton*. Bandung: Penerbit ITB Bandung.
- [3] Nasional, B. S. (2013). Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, SNI 2847-2013. *BSN. Jakarta*.
- [4] SNI 03-2847-2002. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version).
- [5] Susatio, Y. (2004). Dasar-dasar Metode Elemen Hingga. *Yogyakarta: ANDI OFFSET*.
- [6] Tjokrodinuljo (2007). Teknologi Beton. Yogyakarta: KMTS FT UGM