

Analisis Siesmic Desain Batu Bata Antisipatif Gempa (ATG)

Marwahyudi¹

¹Universitas Sahid Surakarta
e-mail: ¹yudhiedesign@gmail.com

Abstrak

Gempa bumi mengakibatkan beberapa kerusakan. Kerusakan terjadi pada bagian atap, dinding, plafond. Kerusakan segera diselesaikan agar tidak menambah korban jiwa. Kerusakan pada dinding diantisipasi dengan perkuatan. Kekuatan dinding dipengaruhi oleh kekuatan kuat ikat antar batu bata, plaster dan aci. Penelitian ini fokus pada desain batu bata yang mampu meningkatkan kekuatan. Desain batu bata yang ditawarkan adalah desain batu bata Antisipatif Gempa (ATG). Penelitian desain batu bata ini dimulai tahun 2015 sampai 2018 menggunakan dana DIKTI. Analisis penelitian menggunakan *software* aplikasi dengan metode *push over*. Metode ini dilakukan untuk kedua kelompok benda uji, Kelompok pertama sebagai pembanding dengan desain batu bata normal. Kelompok kedua adalah batu bata ATG sebagai penelitian. Metode ini untuk mengetahui kekuatan batu bata ATG dalam saat menerima gempa. Batu bata ATG meningkatkan daerah lekat sehingga lebih baik dalam menahan gaya gempa dibanding batu bata normal. Penggunaan batu bata ATG pada bangunan rumah tinggal diharapkan akan mengurangi kerusakan yang timbul akibat gempa bumi.

Kata Kunci: Desain Batu Bata, Daerah Lekat, *Push Over*

Pendahuluan

Indonesia termasuk daerah rawan bencana alam. Bencana alam diantaranya banjir, tanah longsor, gempa bumi. Bencana alam mengakibatkan kerusakan terbanyak pada rumah tinggal, dikarenakan rumah tinggal perencanaanya tidak berdasar peraturan Standar Nasional Indonesia (SNI). Kondisi ini diperparah dengan tukang belum memahami SNI.

Kerusakan diakibat oleh gempa terdapat pada dinding, atap, langit-langit [1]-[4]. Kerusakan dinding diantisipasi dengan pemilihan bahan batu bata dan bahan mortar yang baik. Bahan batu bata baik akan meningkatkan kekuatan. Bahan mortar yang baik akan meningkatkan lekatan.

Dinding saat menerima gaya gempa mengalami kegagalan geser. Kegagalan geser terlihat dari pola retakan yang ada pada dinding. Dinding mengalami pola riga pola kerusakan; kerusakan sudut, kerusakan geser diagonal dan kerusakan horisontal [5]-[7].



Gambar. 1 Retakan kecil pada RSUD Ambarawa. Sumber: BMKG



Gambar. 2 Retakan besar akibat gempa Ambarawa. Sumber: BMKG

Pada gambar 1 menggambarkan retakan yang kecil. Jika mendapat gaya gempa kedua kali maka akan membesar dan rawan runtuh. Pada gambar 2 menggambarkan retakan besar. Jika mengalami gempa yang kedua kalinya maka akan runtuh. Kedua

retakan diatas dapat diantisipasi pemilihan batu bta yang kuat, mortar yang bagus atau dengan pemasangan dinding berbahan batu bata ATG. Batu bata ini akan mengantisipasi keretakan.

Desain batu bata ATG seperti gambar dibawah ini.



Gambar. 3 Desain batu bta ATG 1. Sumber: penelitian



Gambar. 4 Desain batu bata ATG 2. Sumber: penelitian

Penggunaan batu bata ATG akan meningkatkan kekuatan dinding. Peningkatan diakibatkan mempunyai daerah lekat yang lebih luas. Desain ATG memiliki model *head joint* yang tidak segaris sehinga menambah tahanan retakan. Retakan terjadi pada

penelitian ini sebagai berikut.

The screenshot shows the ANSYS Workbench interface for a Static Structural analysis. The main window displays a graph of Base Shear (N) versus Displacement (mm). The graph shows a linear elastic region followed by a peak and then a drop, indicating buckling. The peak occurs at approximately 11.273 mm displacement and 37244.49 N base shear. The graph also shows a post-buckling region where the base shear decreases. The graph is titled 'Static pushover analysis'.

Analysis Results

Load Factor	Displacement	Base Shear
0.00	0.0000E+000	3.117202E-006
0.02	0.00600572	40.16936
0.04	0.01302936	82.81366
0.06	0.01950246	126.1474
0.08	0.02619224	168.6077
0.10	0.03249797	209.7784
0.12	0.03911968	251.0105
0.14	0.04627274	295.4272
0.16	0.05360172	337.8603
0.18	0.05799462	380.3219
0.20	0.06482031	422.7385
0.22	0.07043942	465.1551
0.24	0.07666119	507.5717
0.26	0.08262574	549.9883
0.28	0.08903912	592.4048
0.30	0.09190035	634.8213
0.32	0.0131642	677.2378
0.34	0.0174173	719.6542
0.36	0.11346023	762.0705

Target Displacement

Damage Limitation (dL)	Significant Damage (SD)	Near Collapse (NC)
2.08426	2.67076	4.63535

Isolated Curve

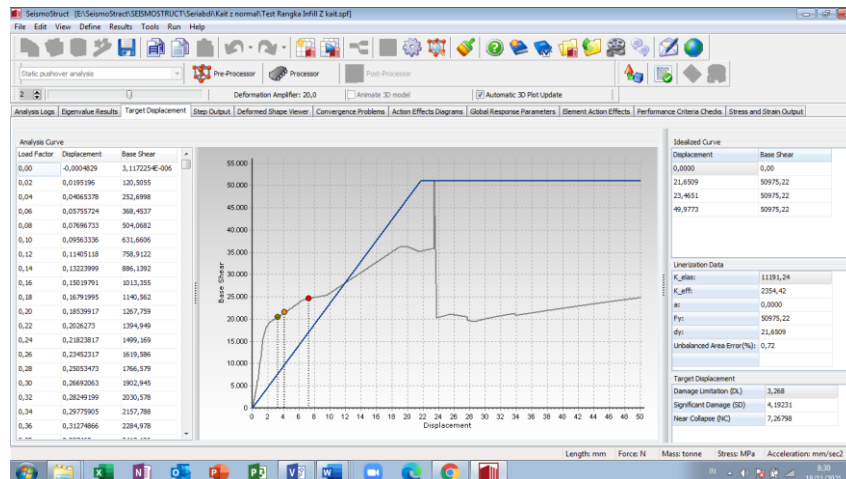
Displacement	Base Shear
0.0000	0.00
11.1273	37244.49
15.9114	37244.49
49.9577	37244.49

Lineration Data

Parameter	Value
K _{stiff}	11281.02
K _{eff}	3356.12
n	0.0000
P ₁	37244.49
P ₂	11.1273
Unbalanced Area Error (%)	0.50

Length: mm Force: N Mass: tone Stress: MPa Acceleration: mm/sec²

644

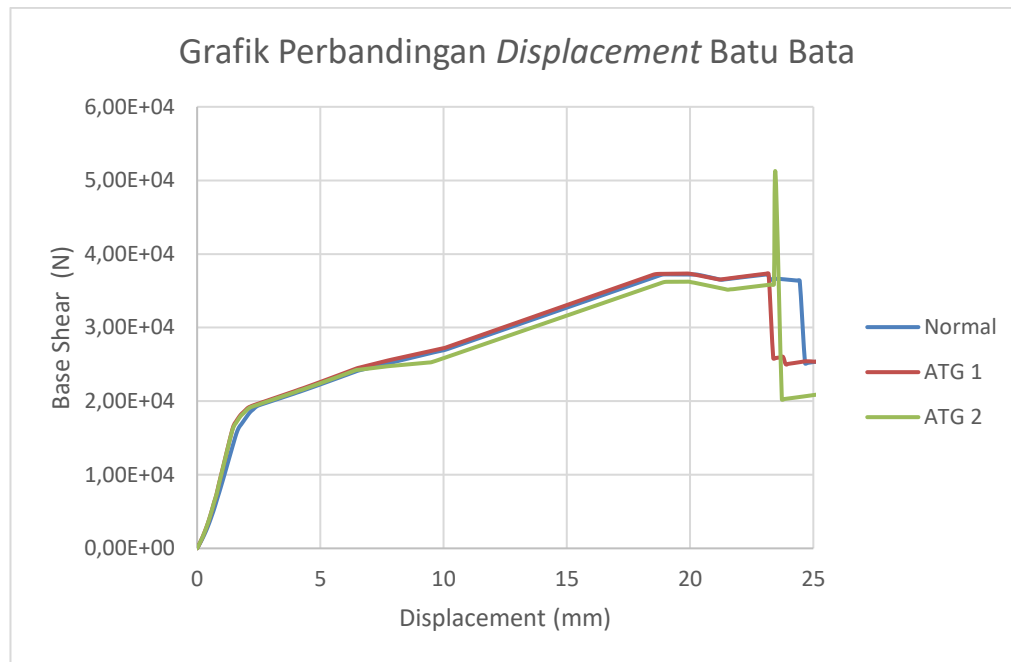
Gambar. 6 Hasil analisis numerik *software* batu bata ATG 2. Sumber: penelitian

Hasil analisis numerik menunjukkan kekuatan batu bata ATG 1 37344,49 N dan ATG 2 50875,22 N. Batu bata ATG 2 memiliki kekuatan yang lebih besar dibandingkan batu bata ATG 1. Berikut ini berturut-turut nilai dari Batu bata normal, ATG 1 dan ATG 2. N.

No	Nama	Damage Limitation (DL)	Significant Damage (SD)	Near Collapse (NC)
1	Normal	2,18826	2,80718	4,86665
2	ATG 1	2,08426	2,67376	4,63535
3	ATG 2	3,268	4,19231	7,26798

Tabel. 1 Hasil kondisi *displacement* kerusakan. Sumber: penelitian

Tabel diatas menunjukkan bahwa batu bata ATG 2 memiliki batas kerusakan lebih tinggi dibandingkan batu bata lainnya. Tanda kerusakan ringan batu bata ATG 2 ditunjukan setelah gedung mengalami simpangan sebesar 3,268 mm. Pada Batu bata ATG 2 kerusakan benar-benar terjadi pada nilai *displacement* 4,19231 mm. Nilai ini lebih besar dibandingkan batu bata lainnya. Kerusakan total akan terjadi pada nilai *displacement* 7,26798 mm. Nilai ini juga lebih besar dibandingkan dengan batu bata yang lainnya.

Gambar. 7 Perbandingan *displacement* batu bata. Sumber: penelitian

Gambar diatas menunjukkan setelah dinding mengalami fase elastis sampai pada awal kerusakan atau sampai daerah batas plastis, masih mampu memikul gaya dan kekuatannya masih memiliki kecenderungan meningkat. Kemudian mengalami fase plastis yang memiliki pola non linier. Kondisi ini dikarenakan kekuatan dinding sudah tidak setabil dan mulai terjadi pemisahan material penyusun. Pemisahan material ini mengakibatkan perubahan kondisi homogen satu bagian menjadi homogen beberapa bagian. Pemisahan ini berakibat memasuki fase non linier. Pada akhir grafik menunjukkan keruntuhan total. Hal yang menarik adalah pada batu bata ATG 2 sebelum mengalami kerusakan total, kekuatan akan melejit ekstrim dibandingkan batu bata lainnya. Pola diagram batu bata mulai dari fase elastis sempurna, perubahan atau batas plastis yang selanjutnya ke fase plastis. Kemudian fase akhir adalah kerusakan total [6], [9], [14], [17]–[20].

Simpulan dan Saran

Batu bata yang memiliki ikatan dan memperluas daerah ikat akan meningkatkan kekuatan tahanan gaya horisontal. Peningkatan ini ditunjukkan oleh nilai kekuatan maksimum yang mampu ditahan. Nilai dari *Damage*, *Significant Damage*, *Near Collapse* menunjukkan tertinggi dibanding yang lainnya.

Perlu dilakukan analisis lebih mendalam tentang batu bata ATG 2. Analisis dikhususkan pada fase keruntuhan. Grafik batu bata ATG 2 di fase keruntuhan sangat menarik yaitu sebelum runtuh total batu bata ini meningkat secara drastis kemudian baru terjadi keruntuhan total.

Kenaikan ini apakah dipengaruhi oleh model ikatan batu bata di ATG 2. Atau dipengaruhi oleh yang lainnya. Semoga penelitian ini bisa dilanjutkan agar mendapatkan desain batu bata yang benar-benar meningkatkan kekuatan secara signifikan

Penghargaan

Saya sampaikan ucapan terima kasih kepada beberapa pihak yang membantu terlaksananya penelitian ini, yaitu

1. LLDIKTI Wilayah VI yang memberikan bantuan dana penelitian lewat skim Hibah Bersaing tahun 2012-2014 dan Pengabdian Masyarakat tahun 2015.
2. Ristekdikti dirjen Inovasi yang memberikan bantuan dana penelitian lewat skim CPPBT tahun 2018.
3. Universitas Sahid Surakarta yang memberikan bantuan fasilitas pendukung penelitian.
4. Universitas Veteran Bangun Nusantara Sukoharjo yang memberikan bantuan fasilitas laboratorium penelitian.
5. Universitas Sebelas Maret Surakarta yang memberikan bantuan fasilitas laboratorium dalam validasi penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] [1] S. Frapanti and J. Tarigan, "Analisa Portal Yang Memperhitungkan Kekakuan dinding Batu Bata dari Berbagai Negara," 2017.
- [2] [2] C. Khairul Lakum, "Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Campuran Untuk Peningkatan Kekuatan Beton," 2009.
- [3] [3] H. Prayuda, "Gaya Lateral In-Plane Struktur Portal Dinding Pasangan Bata ½ Batu Melalui Analisis Numerik," vol. 18, no. 2, pp. 130–139, 2015.
- [4] [4] M. Marwahyudi, "Typologi Kerusakan Masonry Infilled Frame," *Modul. Media Komun. Dunia Ilmu Sipil*, vol. 1, no. 1, p. 11, 2019, doi: 10.32585/modulus.v1i1.376.
- [5] [5] M. Tomaževič, "Shear resistance of masonry walls and Eurocode 6: Shear versus tensile strength of masonry," *Mater. Struct. Constr.*, vol. 42, no. 7, pp. 889–907, 2009, doi: 10.1617/s11527-008-9430-6.
- [6] [6] S. Farooquddin, "LATERAL STIFFNESS OF INFILLED FRAME WITH DOOR & WINDOW OPENINGS FOR VARYING MODULUS OF," pp. 7–9, 2000.
- [7] [7] L. Binda, *Learning from Failure Long-term Behaviour of Heavy Masonry Structures*. 2008.
- [8] [8] G. . Mainstone, R.J., Weeks, "The influence of Bounding Frame on the Racking Stiffness and Strength of Brick Walls," *Proc. 2nd Int. Brick Mason. Conf.*, no. Figure 1, pp. 165–171, 1970, [Online]. Available: <http://www.hms.civil.uminho.pt/ibmac/1970/165.pdf>.
- [9] [9] Marwahyudi, "The Tensile Strength of Hooked Brick," *Int. J. Eng. Trends Technol.*, vol. 18, no. 7, pp. 323–327, 2014, [Online]. Available: <http://ijettjournal.org/volume-18/number-7/IJETT-V18P266.pdf>.
- [10] [10] M. Teguh, "Experimental Evaluation of Masonry Infill Walls of RC Frame Buildings Subjected to Cyclic Loads," *Procedia Eng.*, vol. 171, pp. 191–

- 200, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.01.326.
- [11] [11] B.S. Smith, "Lateral Stiffness of Infilled Frames," *J. Struct. Div.*, vol. 88, no. 6, pp. 183–226, 1962.
- [12] [12] Marwahyudi, "Civil Engineering Environmental and Disaster Risk Management Symposium (CEE DRiMS 2020) Penguatan Riset dan Teknologi untuk Mewujudkan Infrastruktur yang Cerdas , Lestari , dan Tangguh," 2020.
- [13] [13] H. A. Safarizki, L. I. Gunawan, and Marwahyudi, "Effectiveness of Glass Powder as a Partial Replacement of Sand in Concrete Mixtures," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1625, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1625/1/012025.
- [14] [14] W. W. El-Dakhakhni, M. Elgaaly, and A. A. Hamid, "Three-Strut Model for Concrete Masonry-Infilled Steel Frames," *J. Struct. Eng.*, vol. 129, no. 2, pp. 177–185, Feb. 2003, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9445(2003)129:2(177).
- [15] [15] O. Bolea, "The Seismic Behaviour of Reinforced Concrete Frame Structures with Infill Masonry in the Bucharest Area," *Energy Procedia*, vol. 85, no. November 2015, pp. 60–76, 2016, doi: 10.1016/j.egypro.2015.12.275.
- [16] [16] L. Cavaleri and F. Di Trapani, "Prediction of the additional shear action on frame members due to infills," *Bull. Earthq. Eng.*, vol. 13, no. 5, pp. 1425–1454, 2015, doi: 10.1007/s10518-014-9668-z.
- [17] [17] P. Joyklad and Q. Hussain, "Axial compressive response of grouted cement-clay interlocking hollow brick walls," *Asian J. Civ. Eng.*, vol. 20, no. 5, pp. 733–744, 2019, doi: 10.1007/s42107-019-00140-2.
- [18] [18] P. Seshu, *Textbook of finite element analysis*. 2005.
- [19] [19] ASTM, "Standard Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages, ASTM E519-02," *Annu. B. ASTM Stand.*, vol. 92, no. June, pp. 1–5, 2005.
- [20] [20] P. Foytong, M. Boonpichetvong, N. Areemit, and J. Teerawong, "Effect of Brick Types on Compressive Strength of Masonry Prisms," no. February 2017, 2016, doi: 10.14716/ijtech.v7i7.4640.
- [21] [1] S. Frapanti and J. Tarigan, "Analisa Portal Yang Memperhitungkan Kekakuan dinding Batu Bata dari Berbagai Negara," 2017.
- [22] [2] C. Khairul Lakum, "Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Campuran Untuk Peningkatan Kekuatan Beton," 2009.
- [23] [3] H. Prayuda, "Gaya Lateral In-Plane Struktur Portal Dinding Pasangan Bata ½ Batu Melalui Analisis Numerik," vol. 18, no. 2, pp. 130–139, 2015.
- [24] [4] M. Marwahyudi, "Typologi Kerusakan Masonry Infilled Frame," *Modul. Media Komun. Dunia Ilmu Sipil*, vol. 1, no. 1, p. 11, 2019, doi: 10.32585/modulus.v1i1.376.
- [25] [5] M. Tomaževič, "Shear resistance of masonry walls and Eurocode 6: Shear versus tensile strength of masonry," *Mater. Struct. Constr.*, vol. 42, no. 7, pp. 889–907, 2009, doi: 10.1617/s11527-008-9430-6.
- [26] [6] S. Farooquddin, "LATERAL STIFFNESS OF INFILLED FRAME WITH DOOR & WINDOW OPENINGS FOR VARYING MODULUS OF," pp. 7–9, 2000.
- [27] [7] L. Binda, *Learning from Failure Long-term Behaviour of Heavy Masonry*

Structures. 2008.

- [28] [8] G. . Mainstone, R.J., Weeks, "The influence of Bounding Frame on the Racking Stiffness and Strength of Brick Walls," *Proc. 2nd Int. Brick Mason. Conf.*, no. Figure 1, pp. 165-171, 1970, [Online]. Available: <http://www.hms.civil.uminho.pt/ibmac/1970/165.pdf>.
- [29] [9] Marwahyudi, "The Tensile Strength of Hooked Brick," *Int. J. Eng. Trends Technol.*, vol. 18, no. 7, pp. 323-327, 2014, [Online]. Available: <http://ijettjournal.org/volume-18/number-7/IJETT-V18P266.pdf>.
- [30] [10] M. Teguh, "Experimental Evaluation of Masonry Infill Walls of RC Frame Buildings Subjected to Cyclic Loads," *Procedia Eng.*, vol. 171, pp. 191-200, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.01.326.
- [31] [11] B.S. Smith, "Lateral Stiffness of Infilled Frames," *J. Struct. Div.*, vol. 88, no. 6, pp. 183-226, 1962.
- [32] [12] Marwahyudi, "Civil Engineering Environmental and Disaster Risk Management Symposium (CEE DRiMS 2020) Penguatan Riset dan Teknologi untuk Mewujudkan Infrastruktur yang Cerdas , Lestari , dan Tangguh," 2020.
- [33] [13] H. A. Safarizki, L. I. Gunawan, and Marwahyudi, "Effectiveness of Glass Powder as a Partial Replacement of Sand in Concrete Mixtures," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1625, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1625/1/012025.
- [34] [14] W. W. El-Dakhakhni, M. Elgaaly, and A. A. Hamid, "Three-Strut Model for Concrete Masonry-Infilled Steel Frames," *J. Struct. Eng.*, vol. 129, no. 2, pp. 177-185, Feb. 2003, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9445(2003)129:2(177).
- [35] [15] O. Bolea, "The Seismic Behaviour of Reinforced Concrete Frame Structures with Infill Masonry in the Bucharest Area," *Energy Procedia*, vol. 85, no. November 2015, pp. 60-76, 2016, doi: 10.1016/j.egypro.2015.12.275.
- [36] [16] L. Cavaleri and F. Di Trapani, "Prediction of the additional shear action on frame members due to infills," *Bull. Earthq. Eng.*, vol. 13, no. 5, pp. 1425-1454, 2015, doi: 10.1007/s10518-014-9668-z.
- [37] [17] P. Joyklad and Q. Hussain, "Axial compressive response of grouted cement-clay interlocking hollow brick walls," *Asian J. Civ. Eng.*, vol. 20, no. 5, pp. 733-744, 2019, doi: 10.1007/s42107-019-00140-2.
- [38] [18] P. Seshu, *Textbook of finite element analysis*. 2005.
- [39] [19] ASTM, "Standard Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages, ASTM E519-02," *Annu. B. ASTM Stand.*, vol. 92, no. June, pp. 1-5, 2005.
- [40] [20] P. Foytong, M. Boonpichetvong, N. Areemit, and J. Teerawong, "Effect of Brick Types on Compressive Strength of Masonry Prisms," no. February 2017, 2016, doi: 10.14716/ijtech.v7i7.4640.