

SIMULASI NUMERIK & UJI EKSPERIMENTAL PEMBEBANAN PRE-KOMPRESI DAN LATERAL PADA PASANGAN BATA TRIPLET

oleh:

M. Aswanto

Dosen Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta

M_aswanto@yahoo.com

ABSTRAK : Kajian ini mencoba menggunakan kapabilitas perangkat lunak elemen hingga untuk melakukan analisis struktur pasangan bata triplet. Diantaranya penggunaan, aplikasi kriteria keruntuhan pada Elemen Concrete (William & Warnke), pada bata merah. Perangkat lunak yang digunakan ANSYS. Parameter mekanik sebagai input, diambil dari test individual terhadap masing-masing material penyusun. Sebagai pembanding adalah test uji pembebanan pasangan bata triplet dengan beban prekompresi dan lateral. Bata merah dipakai jenis bata tradisional dari Cikarang.

Kata kunci : Bata Triplet, elemen hingga, kompresi, lateral

ABSTRACT: This study attempted to use the software capability to perform finite element analysis of masonry structures triplet. Including the use, application criteria collapse in Concrete Elements (William and Warnke), the red brick. ANSYS software is used. Mechanical parameters as input, taken from the test individually to each constituent material. For comparison is loading test test masonry triplet with prekompresi and lateral loads. Red brick used traditional brick type of Cikarang.

Keywords: Brick Triplet, finite element, compression, lateral

PENDAHULUAN

Konstruksi batu bata mendominasi hampir kebanyakan material konstruksi yang digunakan di Indonesia. Konstruksi perumahan rata-rata penduduk Indonesia menjadikan batu-bata merah sebagai elemen utama struktur. Baik sebagai struktur pemikul maupun sebagai dinding. Walaupun demikian riset-riset di negara kita yang menyelidiki sifat dan karakteristik mekaniknya masih terasa kurang. Termasuk simulasi numerik dengan menggunakan perangkat lunak elemen hingga (MEH) untuk memodelisasi pasangan bata merah. Kesulitannya adalah ketidaktersediaan parameter-parameter mekaniknya.

Sebagai subyek penelitian ini adalah Simulasi Numerik perilaku model-model eksperimen pasangan bata Triplet ketika mendapat beban Prekompresi dan Lateral. Besaran Input parameter mekanik bata dan mortar didapatkan dari hasil eksperimental.

Model Elemen Hingga

Permodelan pasangan Triplet dengan pendekatan hubungan *interface* (antar muka) bata dan mortar yang **kontinyu** sebagai Solid3D, yaitu elemen bata dan mortar menggunakan nodal yang sama.

Tegangan/stress diantara dua solid kontinyu, dan meshing harus dibuat sama diantara dua bagian solid tersebut. Hal ini diterapkan untuk memodelkan triplet dalam kondisi batas *bond strength* belum terlewati, sehingga triplet merupakan satu kesatuan material solid gabungan antara bata dan mortar yang utuh.

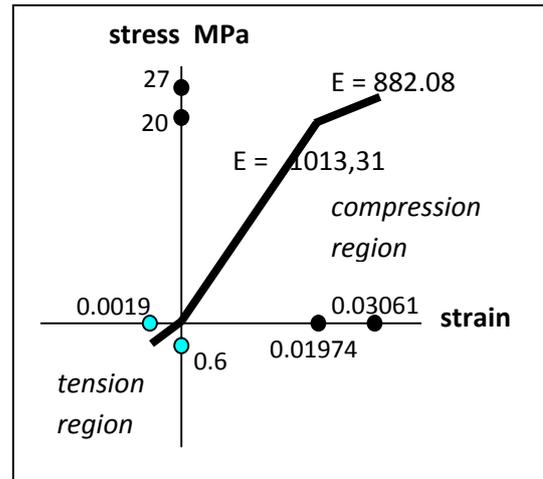
Gambar 1 : Geometri Struktur Aktual dan Diskritisasi Elemen Hingga.



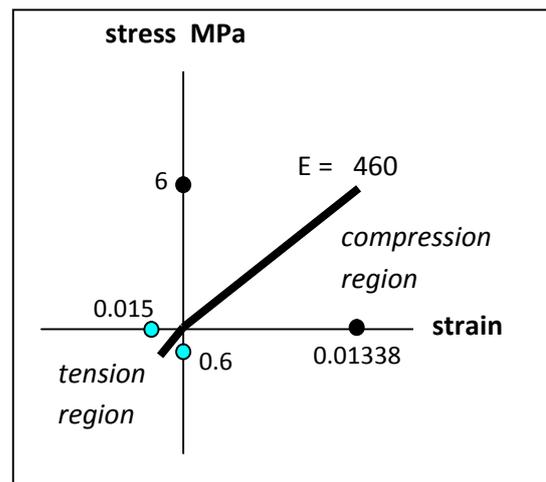
Untuk itu permodelan geometri bentuk asli struktur kedalam bentuk elemen hingga harus dapat mempresentasikan dengan baik nodal-nodal, elemen-elemen, konektivitas nodal dan elemen, material properti, kondisi batas dan berbagai besaran engineering lain yang merupakan presentasi dari kondisi fisik struktur. Secara khusus, pembuatan model elemen hingga adalah mendefinisikan nodal dan elemen struktur yang akan membentuk geometri struktur aktual (gambar 1).

Modelisasi Material

Perilaku material didasarkan atas hubungan kurva tegangan-regangan dan berbagai parameter mekanik yang didapatkan dari uji tes tekan dan tarik, yang dilakukan mahasiswa UI dan dari studi literatur.



Grafik1 : Hubungan Stress-Strain Mortar.[file: gambar aniso.xls]



Grafik 2 : Hubungan Stress-Strain Bata Merah.[file: gambar aniso.xls]

Untuk mendapatkan data input parameter mekanik, dilakukan pengujian di laboratorium terhadap material penyusun Pasangan Triplet. Yaitu Mortar dan Bata.

- Guruh Sakti [2], melakukan pengujian mortar untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas, kuat tekan dan tarik, hubungan tegangan regangan dan tegangan maksimum tekan tarik.

- DB. Satrio [3], melakukan pengujian bata merah untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas, kuat tekan dan tarik, hubungan tegangan regangan dan tegangan maksimum tekan tarik.
- Material propertiseperti sudut geser dalam (θ), kohesi (c) didapatkan dari studi literatur [4,5].

Hasil yang diperoleh dari tes laboratorium diatas, dijadikan sebagai parameter input untuk permodelan Numerik. Selengkapnyaparameter mekanik material dapat dilihat pada Tabel 1.

Kriteria Keruntuhan

Kriteria keruntuhan yang digunakan dan sudah terprogramasi dalam perangkat lunak (ANSYS) yaituelemen yang dapat mengakomodasi perilaku material *non-ductile*. Elemen yang mempunyai kapabilitas memodelkan *crack* dan *crush* ini disebut SOLID65. Dalam formulasinya elemen ini menggunakan kriteria keruntuhan *William KJ & Warnke ED*. Elemen ini dapat digunakan untuk memprediksi kapan terjadinya *crack* dan propagasinya. Secara visual, *crack* ditandai dengan bulatan pada titik integrasi elemen.

- Warna merah mengindikasikan *crack* pertama (*initial crack*).
- Hijau sebagai *crack* kedua.
- Biru sebagai *crack* ketiga.
- Tanda silang sebagai *crack* yang tertutup kembali.
- *Crushing* ditandai dengan bentuk hexagonal merah di titik integrasi.

Kriteria ini awalnya digunakan untuk model respon non-linier dari *reinforcement concrete* ketika mendapat beban statik. Model ini memodelkan retak/*crack* yang diakibatkan oleh kelemahan beton dalam menahan kekuatan tarik, dan algoritma *plasticitylaw* (bertambahnya regangan pada kondisi tegangan yang tetap) ketika *crush* dalam kondisi lingkungan tekan dan dalam diskripsi orientasi dari masing-masing bidang *crack* dan *crush*.

Ansys [11], menyediakan elemen khusus 3 dimensi 8 nodal solid isoparametrik, untuk memodelkan respon non linier material brittle berdasarkan model konstitutif dari perilaku uji triaksial material beton oleh *William KJ & Warnke ED*.

Tabel 1 : Modelisasi Material dan Nilai Batas Kriteria Keruntuhan

Linier Material Propeties	Bata	Mortar
Elastic ModuliCompresive (uji destruktif)	460 ^[3]	1013,3 ^[2]
Elastic ModuliTensile (uji destruktif)	39 ^[3]	314 ^[2]
Major Poisson Ratios	0,15 ^[1]	0,23 ^[1]
Non Ductile Material Model (kriteria keruntuhan <i>William KJ & Warnke ED</i>)	Bata	Mortar
Shear Transfer Coefficients for open <i>crack</i>	0,1	0,3

Shear Transfer Coefficients for closed <i>crack</i>	0,5	0,7
Ultimate uniaxial tensile strength	0,6 ^[3]	0,75 ^[2]
Ultimate uniaxial compressive strength	6 ^[3]	20 ^[2]
Ultimate biaxial compressive strength(1.2 f_c)	7,2	24
Ambient Hydrostatic Stress State ($3^{1/2} f_c$)	10,392	34,641
Ultimate compressive strength for a state of biaxial compression superimposed on hidrostatik stress state (1.45 f_c)	8,7	29
Ultimate compressive strength for a state of uniaxialcompression superimposed on hidrostatik stress state (1.725 f_c)	10,35	34,5
Stiffness multiplier for <i>cracked</i> tensile condition (0.6)	0,6	0,6

Tiap elemen mempunyai 8 titik integrasi yang akan dievaluasi apakah terjadi *crack-crush* ditiap titik tersebut selama beban diberikan. Dalam rutin-rutin programnya, dapat dilakukan modifikasi relasi tegangan-regangan ketika terjadi *crack* (Bab II, 2.5.1), sehingga bisa dilakukan penyesuaian *shear transfer* pada bidang *crack*. Dengan variasi antara *full shear transfer* sampai *no shear transfer*. Setelah *crack* awal terjadi, bila masih ada tegangan tangensial kearah bidang *crack*, dapat menyebabkan timbulnya *crack* kedua dan ketiga, yang dievaluasi pada titik-titik integrasi.

Kapabilitas elemen diatas, diterapkan dalam kajian ini untuk memprediksi keruntuhan material brittle, khususnya bata dan mortar dalam pasangan Triplet.

Prosedur Test Eksperimental

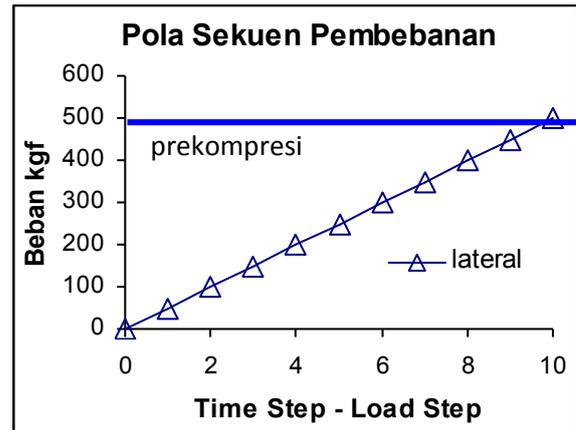
Uji test pembebanan pasangan bata triplet (dengan variasi warna-warna bata, mutu komposisi mortar dan beban prekompresi) di Lab, dilakukan dengan memberikan beban pra-tekan yang konstan dan beban lateral yang semakin meningkat sampai tercapai keruntuhan triplet.



Gambar 2. Pengujian Pasangan Bata Triplet [file metodologi.doc]

Beban pra-tekan merepresentasikan beban vertikal yang bekerja pada dinding bata. Nilai-nilai beban pra-tekan yang diberikan diperoleh dari perhitungan beban yang bekerja pada pasangan dinding bata merah dalam struktur gedung. Umumnya pasangan bata merah memiliki tinggi 4 m dengan tebal pasangan 90 mm - 100 mm. Maka beban yang bekerja per 1 m' adalah sebesar $250 \text{ kg/m}^2 \times 4 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 1000 \text{ kg}$. Luas bidang permukaan atas pasangan bata adalah sebesar $1000 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} = 100000 \text{ mm}^2$. Oleh karena itu beban yang bekerja dalam luasan pasangan bata tersebut sebesar $0.01 \text{ kg/mm}^2 = 1 \text{ kg/cm}^2$.

Penulisan ini mengaplikasikan intensitas beban 5 kg/cm^2 , yang dianggap mewakili ketinggian pasangan dinding bata lebih dari 4 m, maka beban prekompresi yang diberikan *jack* kepada Triplet adalah : $5 \text{ kg/cm}^2 \times 10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} = 500 \text{ kg}$.



Gambar 3. Pola Pembebanan, Kondisi Batas dan Dimensi Triplet. [file metodologi.doc]

Sedangkan beban lateral merepresentasikan beban geser/horizontal yang bekerja pada pasangan dinding bata. Beban ini diberikan dengan kenaikan (*increment*) per 100 kg meningkat sampai pasangan bata tersebut runtuh (*failure*).

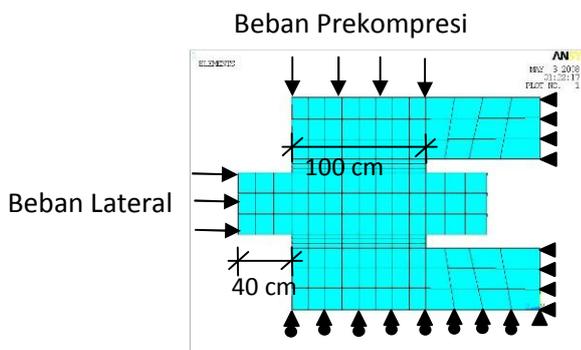
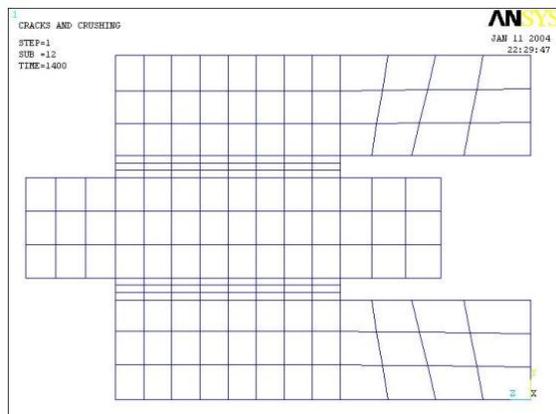
Hasil Eksperimental

Displacement

Test pembebanan triplet di Lab. menghasilkan data-data perpindahan (*displacement*) pada berbagai titik dipemukaan Triplet. Tinjauan ini lebih ditujukan pada titik pengukuran LVDT 6 dan 5 seperti dalam gambar 3.

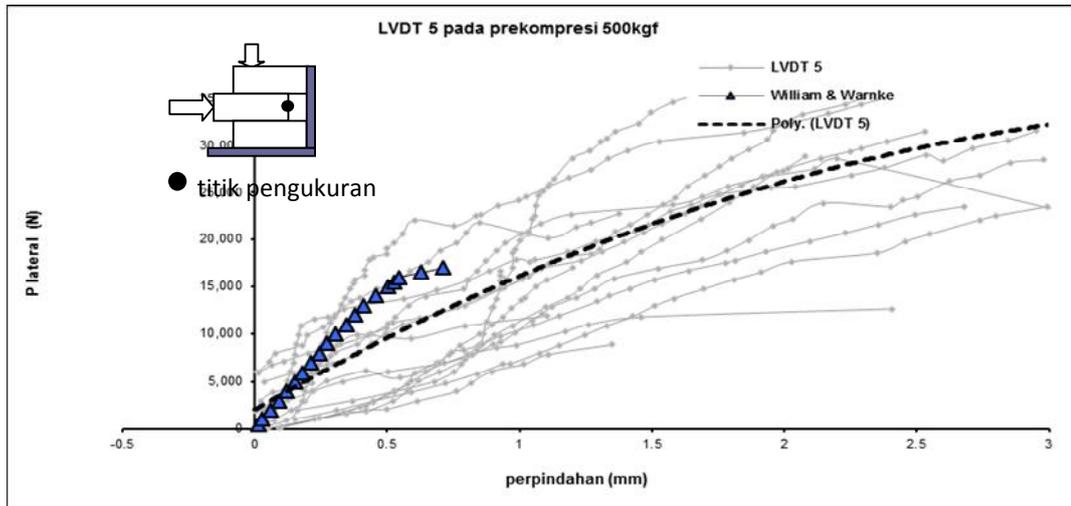
Simulasi numerik dilakukan dengan pola pembebanan, kondisi batas dan material yang diasumsikan mendekati kesamaan dengan kondisi test Lab. Hasil dari simulasi berupa pola *displacement*, dan pada lokasi titik-titik yang sama dibandingkan dengan hasil pengukuran LVDT.

Hasil perbandingan ini diplotkan bersama dalam satu grafik (Grafik 3). Bila diamati dari grafik tersebut, perbandingan

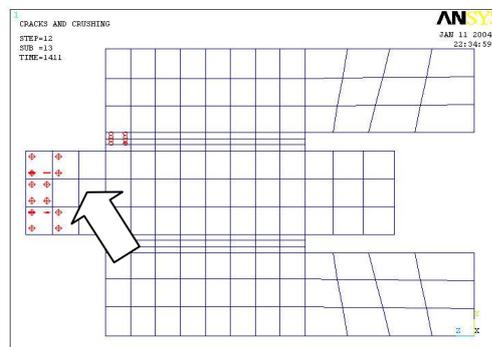


hasil komputasi numerik dengan uji test, maka *displacement* hasil uji test Lab menunjukkan riwayat perpindahan yang cukup jauh dibandingkan komputasi numerik. Hal ini disebabkan selain

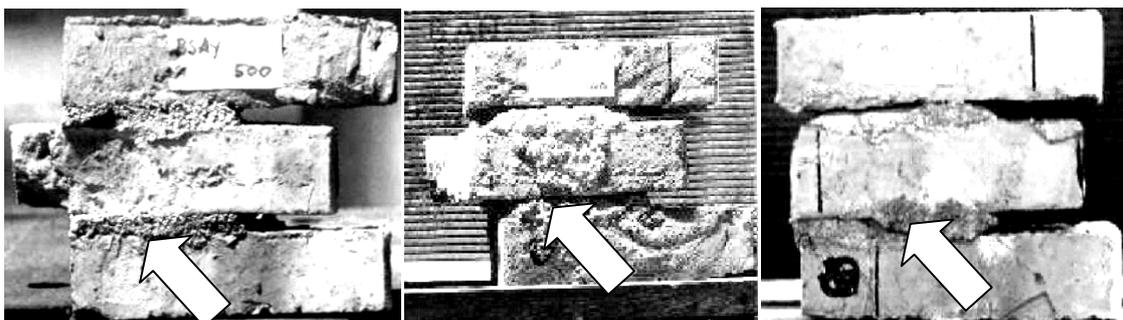
kekurang akurasion peralatan uji Laboratorium, juga fenomena *fissure lossing* (pemampatan rongga pada bata ketika mulai mendapat beban) belum terakomodasi.



Grafik 3 : Hubungan Stress-Strain Bata Merah.[file: gambar aniso.xls]



Gambar 4 : Awal *crush* pada bagian depan pada bata, ditunjukkan dengan munculnya bulatan-hexagonal merah pada titik-titik integrasi. Kondisi (1) pada Grafik 3.

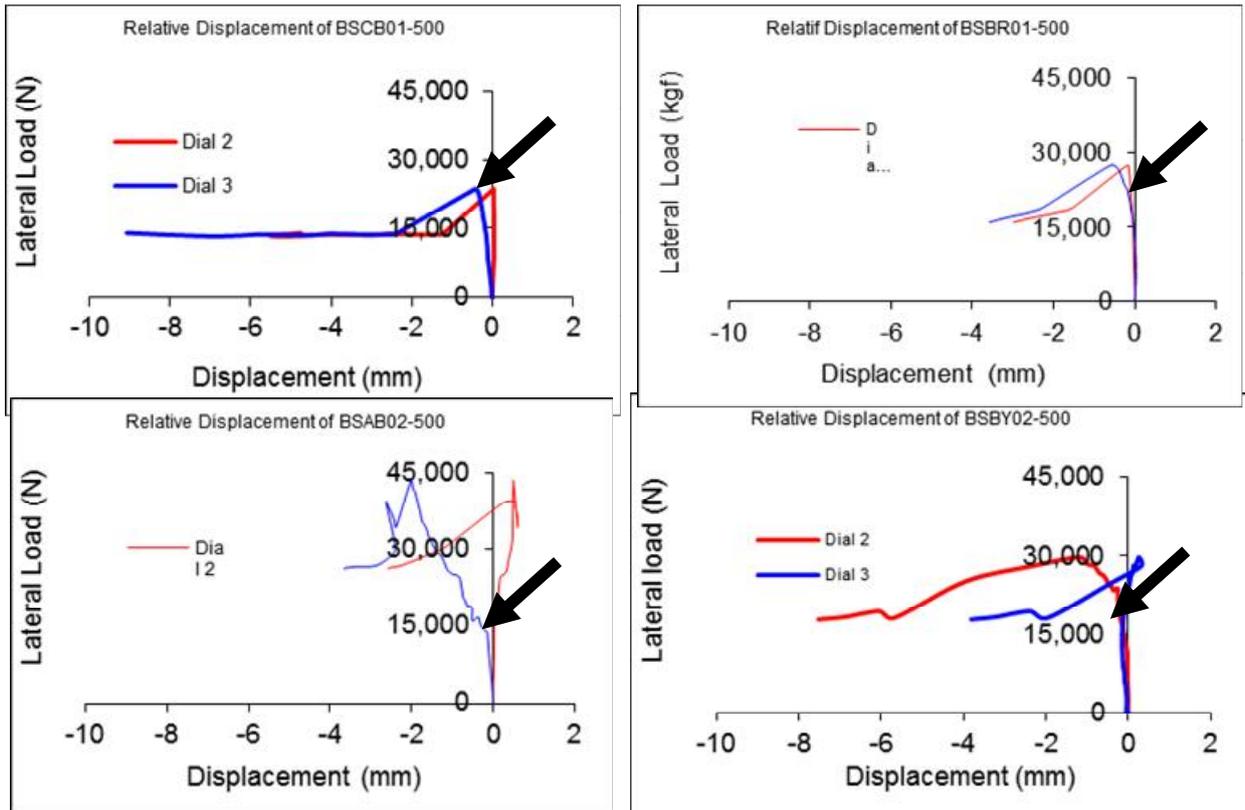


Gambar 5 : Keruntuhan aktual pada bagian depan bata pada pengujian pasangan bata Triplet.

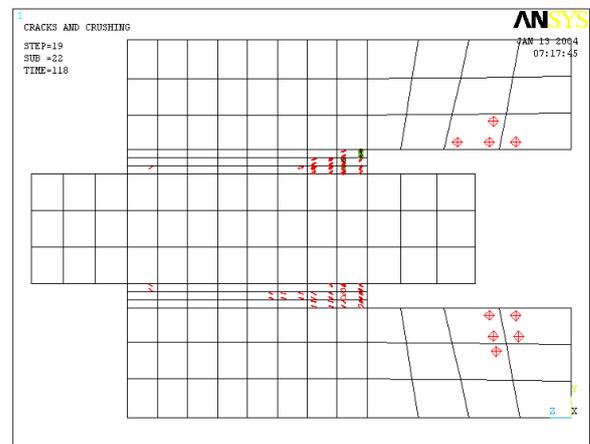
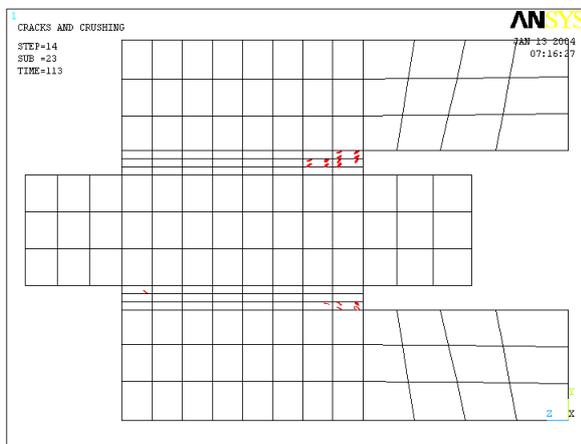
Hasil prediksi keruntuhan menunjukkan bahwa pada saat penambahan beban lateral mencapai **750 kgf (1.7544 MPa)**, akan terjadi *crushing* pada muka bata triplet bagian tengah (hidung).

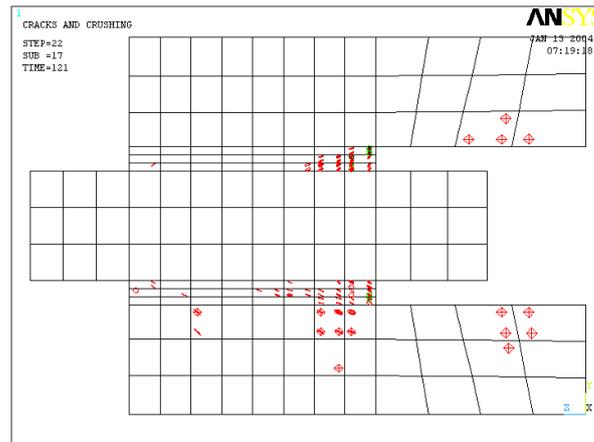
Saat keruntuhan tercapai, program akan berhenti karena konvergensi numerik

tidak tercapai. Keruntuhan triplet terjadi saat beban lateral mencapai sekitar **1700 kgf (3,9766 MPa)**. Keruntuhan ini sesuai dengan beberapa hasil uji laboratorium seperti ditunjukkan pada rekaman LVDT berikut ini.



Grafik 6 : Batas Keruntuhan Berkisar 17.000 N atau 1700 kgf





Gambar 7 : Titik Keruntuhan

Kesimpulan

1. Hasil prediksi keruntuhan menunjukkan bahwa pada saat penambahan beban lateral mencapai **750** kgf (1.7544 MPa), akan terjadi *crushing* pada muka bata triplet bagian tengah (hidung).
2. Saat keruntuhan tercapai, program akan berhenti karena konvergensi numerik tidak tercapai. Keruntuhan triplet terjadi saat beban lateral mencapai sekitar **1700** kgf (3,9766 MPa).
3. perbandingan hasil komputasi numerik dengan uji test, maka *displacement* hasil uji test Lab menunjukkan riwayat perpindahan yang cukup jauh dibandingkan komputasi numerik.

Daftar Pustaka

- (1) ACI 212-3R-4, *Chemical Admixture For Concrete*, 2004
- (2) ACI 363R-92, *State of the Art Report on High Strength Concrete*, 1997
- (3) ASTM C 150-02a, *Standart Specification For Portland Cement*,

2002

- (4) ASTM C 33-03, *Standart Specification For Concrete Agregat*, 2003
- (5) ASTM C 494/C494M-99a, *Standart Specification For Chemical Admixtures For Concrete*, 1999
- (6) Digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-10030-Paper.pdf
- (7) Edward G. Nawy, *Concrete Construction Engineering Handbook*, 2nd ed., Ch. 12. Longman, United Kingdom, 2008.