

# PROCEEDING SEMINAR NASIONAL

Tema:

## PERAN INOVASI REKAYASA KONSTRUKSI DALAM PEMBANGUNAN ACEH YANG BERKELANJUTAN

**Kamis, 04 Juni 2015**  
**Banda Aceh**



## **ORGANISING KOMITE PROSIDING**

Seminar Nasional Teknik Sipil

Banda Aceh, 4 Juni 2015

Penanggung jawab : Dr. Ir. Mirza Irwansyah, MBA, MLA.

Ir. Maimun Rizalihadi, M.Sc.Eng

Ir. Gusmeri, MT.

Ketua : Surya Bermansyah, ST, MT.

Sekretaris : Meillyta, ST, M.Eng. Adl.

Dewan Penyunting :

1. Dr. Hafnidar A. Rani, ST., MM.

2. Dr. Yulia Hayati, ST., M. Eng.

3. Dr. Azmeri, ST., MT.

4. Dr. Halida Yunita, ST., MT.

5. Dr. Anita Rauzana, ST., MT.

6. Dr. Irin Caisarina, ST., MSc.

Diterbitkan Oleh : Jurusan Teknik Sipil (JTS)

Ikatan Alumni Teknik Sipil (IKATSI)

Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala

Alamat Redaksi : Jurusan Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala

e-mail : sekretariat.semnas2015@gmail.com

ISSN : 2086-5244

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala Rahmat dan Karunia-Nya sehingga kegiatan Seminar Nasional Teknik Sipil Unsyiah dengan tema “*Peran Inovasi Rekayasa Konstruksi Dalam Pembangunan Aceh Yang Berkelanjutan*” dapat dilaksanakan dengan baik pada tanggal 4 Juni 2015 di Banda Aceh atas kerjasama Jurusan Teknik Sipil (JTS) dengan Ikatan Alumni Teknik Sipil (IKATSI) Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala Banda Aceh.

Seminar Nasional ini dilakukan untuk menyampaikan informasi hasil-hasil penelitian serta menyebarluaskan hasil-hasil riset yang telah dilakukan oleh perguruan tinggi negeri dan swasta, serta dapat terjalinnya hubungan yang lebih baik diantara para Peneliti, Akademisi, Alumni dan Pemerintah Daerah Aceh.

Prosiding ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi yang berharga terutama untuk mendukung pengembangan inovasi rekayasa konstruksi pembangunan di Aceh.

Akhirnya kami mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penerbitan prosiding ini.

Banda Aceh, 04 Juni 2015

**TIM PENYUNTING**

## DAFTAR ISI

	<b>Makalah</b>	<b>Hal</b>
<b>1</b>	<b>APLIKASI PEMANFAATAN BIOPORI PADA ANALISIS DIMENSI SALURAN DRAINASE PERKOTAAN (Studi Kasus Sistem Drainase Kopelma Darussalam)</b> <i>Oleh : Amir Fauzi, Alfiansyah Yulianur, Zaitun Humaira</i>	<b>1 - 7</b>
<b>2</b>	<b>PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI TERHADAP MIKRO STRUKTUR BETON MUTU TINGGI</b> <i>Oleh : Andi Yusra, Cut Suciatina Silvia</i>	<b>8 - 14</b>
<b>3</b>	<b>STUDI PENELUSURAN ALIRAN (FLOW ROUTING) PADA SUNGAI KRUENG TEUNGKU KEC. SEULIMUM KAB. ACEH BESAR</b> <i>Oleh : Azmeri, Amir Fauzi, Topan Erlangga</i>	<b>15 - 20</b>
<b>4</b>	<b>EVALUASI KUAT GESER <i>BEAM-COLUMN JOINT</i> BERDASARKAN SNI 2847:2013 TERHADAP USULAN KUAT GESER PARKER &amp; BULLMAN</b> <i>Oleh : Bambang Sabariman</i>	<b>21 - 27</b>
<b>5</b>	<b>HUBUNGAN KARAKTERISTIK DENGAN MOTIVASI TENAGA KERJA PADA PROYEK RUSUNAWA KOTA BANDA ACEH</b> <i>Oleh : Buraida, Alfa Taras Bulba</i>	<b>28 - 33</b>
<b>6</b>	<b>KAJIAN PENGARUH KINERJA PENGADAAN PEKERJAAN KONSTRUKSI TERHADAP KINERJA PROYEK KONSTRUKSI</b> <i>Oleh : Cut Zukhrina Oktaviani</i>	<b>34 - 38</b>
<b>7</b>	<b>PERMODELAN KERUNTUHAN BALOK BETON BERTULANG MENGGUNAKAN FEM</b> <i>Oleh : Darmansyah Tjitradi</i>	<b>39 - 45</b>

---

8	<b>KAJIAN TEBING KRUENG TEUNGKU KECAMATAN SEULIMUM MELALUI ANALISIS GEO SLOPE DAN METODE BISHOP</b>	<b>46 – 52</b>
	<i>Oleh :</i> <i>Devi Sundary, Nafisah Al-Huda</i>	
9	<b>TINGKAT PENGETAHUAN BURUH KONSTRUKSI TERHADAP PENGGUNAAN ALAT PELINDUNG DIRI (APD)</b>	<b>53 - 60</b>
	<i>Oleh :</i> <i>Dewi Yustiarini, Julian Pranata, Kiki Rifari, Muammar Cadafi</i>	
10	<b>ANALISIS KEMUNGKINAN PENYEBAB GERUSAN LOKAL PADA BAGIAN HILIR KOLAM OLAK BENDUNG</b>	<b>61 – 67</b>
	<i>Oleh :</i> <i>Dirwan</i>	
11	<b>PENGARUH LEBAR <i>BREAKWATER</i> TIDAK TENGGELAM TIPE LURUS BERPORI TERHADAP DIFRAKSI GELOMBANG</b>	<b>68 – 74</b>
	<i>Oleh :</i> <i>Eldina Fatimah, Zouhrawaty, A. Ariff, Qurratul Aini BN</i>	
12	<b>OPTIMASI PEMBANGUNAN PERUMAHAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE INTEGER PROGRAMMING</b>	<b>75 - 80</b>
	<i>Oleh :</i> <i>Eliatun</i>	
13	<b>FAKTOR DOMINAN DEMOTIVASI TENAGA KERJA KONSTRUKSI PADA PROYEK DI ACEH BESAR</b>	<b>81 - 86</b>
	<i>Oleh :</i> <i>Febriyanti Maulina, Buraida</i>	
14	<b>PENERAPAN <i>GREEN CONSTRUCTION</i> SEBAGAI REKAYASA KONSTRUKSI DALAM PEMBANGUNAN ACEH YANG BERKELANJUTAN</b>	<b>87 - 94</b>
	<i>Oleh :</i> <i>Hafnidar A. Rani, Supriatna</i>	
15	<b>INTEGRASI TEKNIK SIPIL DENGAN ILMU LINGKUNGAN UNTUK PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN</b>	<b>95 - 102</b>
	<i>Oleh :</i> <i>Ipak Neneng Mardiah Bukit</i>	

---

---

<b>16</b> <b>ANALISA PERTUKARAN WAKTU TERHADAP BIAYA (TIME COST TRADE OFF) PADA PEMBANGUNAN GEDUNG (Studi Kasus: Klinik Specialist Puskesmas Satelit Indrapuri)</b>	<b>103 - 109</b>
<i>Oleh :</i> <i>Kemala Hayati</i>	
<b>17</b> <b>EVALUASI JARAK PANDANG PADA TIKUNGAN DI RUAS JALAN BANDA ACEH – MEDAN</b>	<b>110 - 116</b>
<i>Oleh :</i> <i>Lazuardi, Renni Anggraini, Fitrika Mita Suryani</i>	
<b>18</b> <b>EVALUASI KINERJA JALAN AKIBAT PENGARUH HAMBATAN SAMPING PADA RUAS JALAN TGK. CHIK DITIRO KOTA BANDA ACEH</b>	<b>117 - 125</b>
<i>Oleh :</i> <i>Lulusi, Yusrizal</i>	
<b>19</b> <b>MODEL HUBUNGAN EROSI DAN SEDIMENTASI DI WADUK KEULILING, ACEH BESAR</b>	<b>126 – 132</b>
<i>Oleh :</i> <i>Maimun Rizalihadi, Indri Murshita, Saiful Husin, Mahmuddin</i>	
<b>20</b> <b>KAJIAN PRODUKTIVITAS PADA PEKERJAAAN PENUTUP ATAP</b>	<b>133 – 138</b>
<i>Oleh :</i> <i>Mubarak, Fachrurrazi, Nurul Malahayati, Muhammad Gazi Ansari</i>	
<b>21</b> <b>ANALISIS KONSTRUKSI RUMAH SEDERHANA PADA TANAH LUNAK DI KOTA BENGKULU</b>	<b>139 – 148</b>
<i>Oleh :</i> <i>Muhammad Fauzi, Muhammad Rifandi</i>	
<b>22</b> <b>KAJIAN FAKTOR DOMINAN PENYEBAB KERENTANAN BANGUNAN TERHADAP GEMPA GAYO</b>	<b>149 - 152</b>
<i>Oleh :</i> <i>M. Heri Zulfiar, Rizal Z. Tamin, Krishna S. Pribadi, Iswandi Imran</i>	
<b>23</b> <b>PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG DI BANDA ACEH</b>	
<i>Oleh :</i> <i>Nurisra, Alfa Taras Bulba, Febriyanti Maulina</i>	<b>153 - 160</b>

---

---

<b>24</b>	<b>PERSEPSI MASYARAKAT MENGENAI KONDISI LALU LINTAS DI JEMBATAN KEUTAPANG</b>	<b>161 - 167</b>
<i>Oleh :</i>		
<i>Renni Anggraini, M. Isya, M. Arief Pribadi</i>		
<b>25</b>	<b>PRODUKTIVITAS PEKERJAAN RANGKA ATAP BAJA RINGAN PADA PROYEK BANGUNAN GEDUNG</b>	<b>168 - 173</b>
<i>Oleh :</i>		
<i>Saiful Husin, Febriyanti Maulina, Mahmuddin, Tripoli, Haidi Adlan</i>		
<b>26</b>	<b>PENGARUH NILAI ABRASI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN LASTON AC-BC TERHADAP PARAMETER MARSHALL</b>	<b>174 - 181</b>
<i>Oleh :</i>		
<i>Sofyan M Saleh, Yuhanis Yunus, Faisal Rizal</i>		
<b>27</b>	<b>INOVASI BATA BETON DENGAN CAMPURAN KERTAS DAN ABU SEKAM</b>	<b>182 - 188</b>
<i>Oleh :</i>		
<i>Surya Bermansyah, Suryadi Hasan</i>		
<b>28</b>	<b>ANALISA KETAHANAN LENTUR GELAGAR PROFIL SUSUN PADA REDESAIN JEMBATAN JEURATA</b>	<b>189 - 196</b>
<i>Oleh :</i>		
<i>Wahyuni, Munawir</i>		
<b>29</b>	<b>ANALISIS PENGARUH KADAR GARAM DALAM AIR TANAH TERHADAP SIFAT-SIFAT FISIS DAN KEKUATAN TANAH</b>	<b>197 - 205</b>
<i>Oleh :</i>		
<i>Yus Yudhyantoro</i>		
<b>30</b>	<b>ANALISIS PEMAKAIAN AIR BERSIH DAN DEBIT PADA JARINGAN PIPA DISTRIBUSI PDAM TIRTA DAROY(STUDI KASUS: KECAMATAN ULEE KARENG)</b>	<b>206 - 211</b>
<i>Oleh :</i>		
<i>Ziana</i>		

---

## PERMODELAN KERUNTUHAN BALOK BETON BERTULANG MENGGUNAKAN FEM

Darmansyah Tjitradi

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat  
Jl. A. Yani Km.33, Banjarbaru, Kalimantan Selatan-70714, email: tjitradi\_syah@Yahoo.com

**Abstract:** *This paper is the result of three dimensional FE modeling of the collapse behavior of reinforced concrete beam structures using ANSYS Software V.9. The purpose of this study was to determine the load capacity, deformation, and crack pattern that occurs in a single reinforced concrete beam. In this study, the RC beams will be modeled by two simple beam specimens of 200mmx400mmx3000mm with single reinforced concrete 2D16 and 2D30 representing of collapse under-reinforced and over-reinforced condition. Concentrated load at mid span has been applied to the RC beams that the collapse behavior was observed from the first crack load up to its collapse. Results from this study indicate that the reinforced concrete beams can be modeled and analyzed appropriately using ANSYS software. Behavior of RC beams can be described by manual analysis and FEA that beam with under-reinforced condition is more ductile than that of the over-reinforced beam.*

**Keywords:** *beam concrete, under-reinforced, over-reinforced, ANSYS, FEA*

**Abstrak:** Tulisan ini merupakan hasil permodelan 3D FE komputer Software ANSYS Version 9.0 terhadap perilaku keruntuhan elemen struktur balok beton bertulang. Tujuan dari penelitian ini adalah ingin mengetahui kapasitas beban, deformasi, dan pola retak yang terjadi pada balok beton bertulangan tunggal. Dalam penelitian ini akan dimodelkan secara manual dan software ANSYS sebanyak dua benda uji balok beton bertulang 200mmx400mmx3000mm bertumpuan sederhana dengan tulangan tunggal 2D16 dan 2D30 untuk mewakili kondisi keruntuhan tarik dan 2D30 untuk mewakili kondisi keruntuhan tekan. Balok akan dibebani beban terpusat ditengah bentang dan diamati perilaku keruntuhannya mulai dari beban retak pertama sampai dengan keruntuhannya. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa balok beton bertulang dapat dimodelkan dan dianalisis dengan menggunakan software ANSYS. Perilaku balok beton bertulang dapat dijelaskan secara manual dan FEM bahwa balok dengan kondisi keruntuhan tarik memiliki perilaku keruntuhan yang lebih daktail dibandingkan dengan balok kondisi keruntuhan tekan.

**Kata Kunci:** balok beton, keruntuhan tarik, keruntuhan tekan, ANSYS, FEA

### PENDAHULUAN

Balok adalah merupakan komponen struktural suatu konstruksi yang memiliki peran untuk memikul beban lentur, geser, dan aksial. Dalam memikul beban struktur balok akan mengalami gaya-gaya dalam berupa momen, geser, dan normal serta juga akan mengalami deformasi. Balok yang menggunakan material beton akan mempunyai kelemahan dalam hal menahan tarik maka untuk menambah kekuatan tarik dari beton digunakanlah tulangan baja yang dipasang didaerah tarik. Penambahan tulangan tarik pada balok beton akan menyebabkan perbedaan pola keruntuhan beton yang terjadi. Dalam desain lentur tulangan tarik harus didesain memenuhi persyaratan daktilitas agar keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan tarik yang bersifat daktail, dan harus dihindari desain tulangan dengan keruntuhan tekan yang bersifat mendadak/ getas. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan mempelajari perilaku keruntuhan elemen struktur balok beton bertulangan tunggal dengan kondisi keruntuhan tarik dan tekan yang akan dianalisis menggunakan permodelan komputer software

ANSYS version 9.0, dan dianalisis manual menurut SNI-03-2847-2002.

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui hubungan antara beban dengan deformasi yang terjadi pada balok.
2. Untuk mengetahui perilaku retak yang terjadi pada setiap model balok.

## KAJIAN PUSTAKA

### a) Perilaku Keruntuhan Balok Beton

Dengan berdasarkan rasio tulangan tarik baja terpasang ( $\rho_t$ ) keruntuhan balok beton dapat dibedakan menjadi 3 pola keruntuhan, yaitu:

1. Keruntuhan Seimbang (balance reinforced)

$$\rho_t = \rho_b \dots\dots\dots (1)$$

$$\rho_t = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

2. Keruntuhan Tarik (under reinforced)

$$\rho_t \leq 0,75 \cdot \rho_b \dots\dots\dots (2)$$

$$\rho_t \leq 0,75 \cdot \left[ \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \right]$$

3. Keruntuhan Tekan (over reinforced)

$$\rho_t > 0,75 \cdot \rho_b \dots\dots\dots (3)$$

$$\rho_t > 0,75 \cdot \left[ \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \right]$$

Model benda uji balok penelitian ini mengambil balok dengan keruntuhan tarik dan keruntuhan tekan.

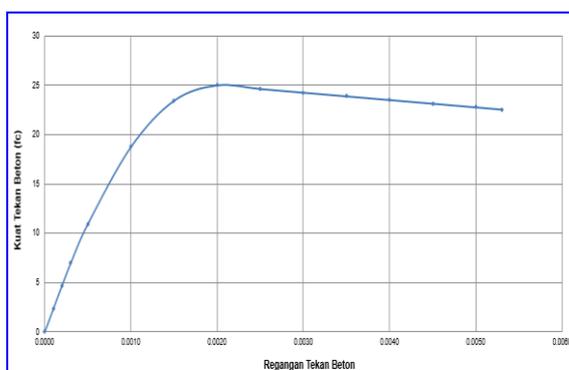
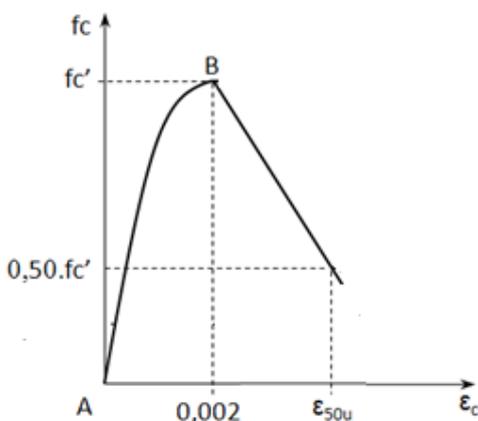
### b) Model Beton Bertulang (Reinforced Concrete)

Untuk memodelkan material beton bertulang digunakan model 8 elemen Solid (SOLID65) dengan tiga derajat kebebasan pada setiap titiknya dan terjadi translasi pada arah x, y, and z. Elemen ini juga mempunyai kemampuan untuk berdeformasi plastis, retak dalam arah x, y, dan z. (L. Dahmani, et.al, 2010). Model kurva tegangan-regangan beton mutu normal yang digunakan adalah model tegangan-regangan beton menurut Kent-Park (1971) (Park, R., dan T. Paulay, 1975) (lihat Tabel 1).

Data sifat penampang yang akan digunakan dalam permodelan ANSYS dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Data Material Beton SOLID 65**

Linear - Elastic - Isotropic		
Modulus Elastisitas Beton, $E_c$	24.375 MPa	
Poisson Rasio, $\nu$	0,20	
Nonlinear – Multilinear Kinematic Hardening		
Regangan ( $\epsilon_c$ )	Tegangan ( $f_c$ )	
0	0	
0,00010	2,4375	
0,00015	3,6094	
0,00040	9,0000	
0,00060	12,7500	
0,00100	18,7500	
0,00140	22,7500	
0,00180	24,7500	
0,00200	25,0000	
0,00240	22,3720	
0,00280	19,7430	
0,00300	18,4290	
0,00320	17,1150	
0,00340	15,8000	
0,00360	14,4860	
0,00380	13,1720	
0,00400	11,8580	
0,00420	10,5440	
0,00440	9,2290	
Nonlinear – Inelastic – Non-metal plasticity – Concrete65		
Open shear transfer coefficient	0,30	
Closed shear transfer coefficient	1,00	
Uniaxial cracking stress	3,50 MPa	$(f_r=0,70\sqrt{f_c'})$
Uniaxial crushing stress	25 MPa	$(f_c')$
Tensile crack factor	0,60	



**c) Model Tulangan Baja (Steel Reinforcement)**

Untuk memodelkan tulangan baja lentur digunakan tipe elemen SOLID 45, tulangan baja di idealisasikan sebagai elemen batang aksial (Link spar element) atau LINK 8 dengan sifatnya seperti tulangan aslinya namun berupa garis. Elemen ini dapat langsung dihasilkan dari titik-titik dalam model dan mudah digunakan dalam memodelkan tulangan baja suatu beton bertulang. (L. Dahmani, A, 2010) (lihat Tabel 2).

Model hubungan tegangan-regangan baja yang digunakan adalah model Bilinear Isotropic Hardening, dengan data material dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Data Material Tulangan Lentur Tarik Baja SOLID 45**

<b>Linear - Elastic - Isotropic</b>	
Modulus Elastisitas Baja, $E_s$	200.000 MPa
Poisson Rasio, $\nu_s$	0,30
<b>Nonlinear – Inelastic – Rate Independent – Isotropic Hardening plasticity – Mises Plasticity – Bilinear Isotropic Hardening</b>	
Tegangan leleh Baja, $f_y$	400 MPa

**d) Model Tumpuan Baja (Support)**

Tumpuan baja menggunakan model SOLID 45 dengan material kondisi linier dan data dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Data Material Tumpuan Baja SOLID 45**

<b>Linear - Elastic - Isotropic</b>	
Modulus Elastisitas Baja, $E_s$	$2,0 \times 10^5$ MPa
Poisson Rasio, $\nu_s$	0,30

Kondisi Linear

**METODE PENELITIAN**

**a) Analisis Manual Balok Beton Bertulang**

Analisis manual beban retak, dan beban ultimit serta lendutan balok berdasarkan peraturan SNI-03-2847-2002. Kemudian dibuat grafik hubungan beban lentur dan lendutan yang akan dibandingkan dengan grafik hasil FEM ANSYS.

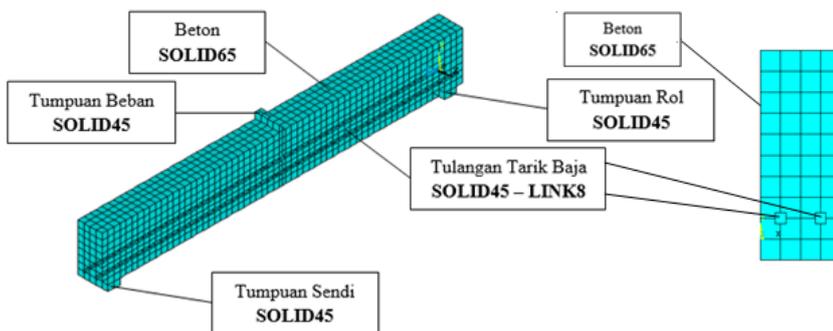
**b) Permodelan Elemen Balok Beton Bertulang dengan menggunakan ANSYS**

Dalam penelitian ini diambil kasus elemen balok beton bertulang mutu normal sebanyak 2 buah yang mewakili balok bertulangan tunggal kondisi *under reinforced* dan *over reinforced* dengan dimensi: lebar 200 mm, dan tinggi 400 mm, dan panjang total balok yang ditinjau 3000 mm, dan panjang balok dari as ke as tumpuan sebesar 2800 mm, model struktur beton bertulang dapat dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 4. Balok kemudian dibebani ditengah bentang dengan beban terpusat, dan diamati nilai beban dan lendutannya mulai dari beban retak pertama sampai dengan keruntuhannya.

**Tabel 4. Konfigurasi Model Elemen Balok Tulangan Tunggal Beton Bertulang**

No.	Kode Benda Uji	Tulangan Lentur Baja ( $\rho_t$ )		Kondisi
		Tarik	%	
1	BUR-200.400	2D16	0,574	Under Reinforced ( $\rho_t \leq \rho_{maks}$ )
2	BOV-200.400	2D30	2,019	Over Reinforced ( $\rho_t > \rho_{maks}$ )

Ket: BUR-X.Y = Balok Under Reinforced dengan lebar X dan tinggi Y  
BOR-X.Y = Balok Over Reinforced dengan lebar X dan tinggi Y  
 $\rho_{maks} = 0,75, \rho_b = 2,032\%$

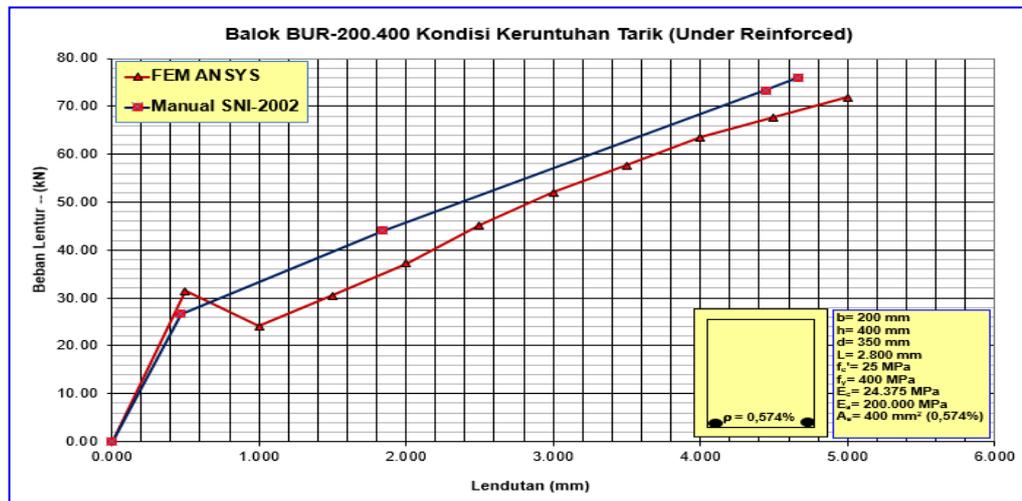


Gambar 1. Permodelan Balok Beton Bertulang menggunakan Software ANSYS

## HASIL PEMBAHASAN

### a) Analisis Beban dan Lendutan Balok Kondisi Keruntuhan Tarik

Berdasarkan hasil dari analisis manual dan software ANSYS dapat diketahui hubungan antara beban dan lendutan yang terjadi pada balok beton dengan kondisi keruntuhan tekan. Dari Gambar 2 dan Tabel 5 dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan yang tidak terlalu besar pada nilai lendutan yaitu sebesar 6,60% pada saat retak pertama dan sebesar 7,10% pada saat beban ultimit. Sedangkan nilai beban pada saat retak pertama terdapat perbedaan sebesar 18% dan sebesar 5,60% pada saat beban ultimit.



Gambar 2. Permodelan Balok Kondisi Keruntuhan Tarik (BUR-200.400)

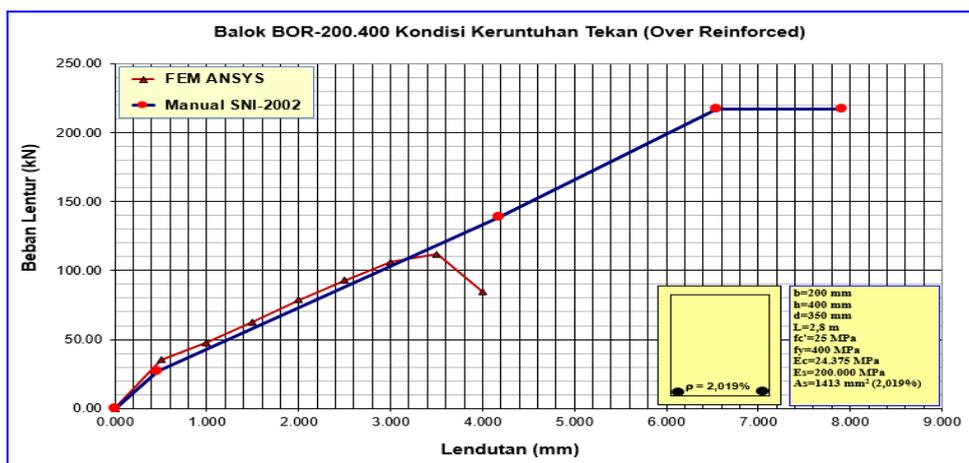
Tabel 5. Hasil Analisis Beban dan Lendutan Manual dan FEM ANSYS Balok BUR-200.400

No.	Kondisi	Manual SNI-02		FEM ANSYS		Rasio FEM/Manual	
		Beban	Lendutan	Beban	Lendutan	Beban	Lendutan
		(kN)	(mm)	(kN)	(mm)		
1	Beban Retak Pertama	26,667	0,469	31,479	0,500	1,180	1,066
2	Beban	76,	4,668	71,8	5,000	0,94	1,071

Ultimit	076	32	4
---------	-----	----	---

**b) Analisis Beban dan Lendutan Balok Kondisi Keruntuhan Tekan**

Berdasarkan hasil dari analisis manual dan software ANSYS dapat diketahui hubungan antara beban dan lendutan yang terjadi pada balok beton dengan kondisi keruntuhan tekan. Dari Gambar 3 dan Tabel 6 dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan yang besar pada nilai lendutan yaitu sebesar 6% pada saat retak pertama dan sebesar 55,76% pada saat beban ultimit. Sedangkan nilai beban pada saat retak pertama terdapat perbedaan sebesar 32% dan sebesar 48,30% pada saat beban ultimit.



Gambar 3. Permodelan Balok Kondisi Keruntuhan Tekan (BOR-200.400)

**Tabel 6. Hasil Analisis Beban dan Lendutan Manual dan FEM ANSYS Balok BOR-200.400**

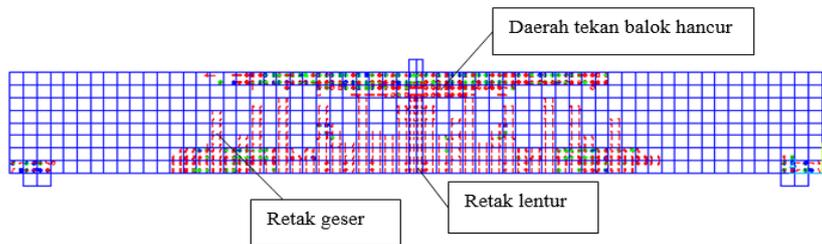
No.	Kondisi	Manual SNI-02		FEM ANSYS		Rasio FEM/Manual	
		Beban	Lendutan	Beban	Lendutan	Beban	Lendutan
		(kN)	(mm)	(kN)	(mm)		
1	Beban Retak Pertama	26,667	0,469	35,2083	0,500	1,320	1,06
2	Beban Ultimit	216,799	7,913	111,995	3,500	0,517	0,442

**c) Pola Retak Balok Keruntuhan Tarik**

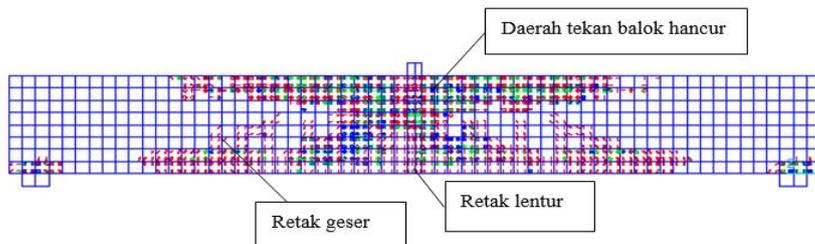
Pola retak yang terjadi pada saat awal adalah retak lentur kemudian seiring dengan meningkatnya retak menuju ke tengah tinggi balok dan terjadi retak beton lanjutan yaitu berupa retak geser beton serta terakhir menuju ke arah tekan balok. Terlihat keruntuhan akhir penampang beton adalah berupa hancurnya daerah tekan beton (lihat Gambar 4).

**d) Pola Retak Balok Keruntuhan Tekan**

Pola retak yang terjadi pada saat awal adalah retak lentur kemudian seiring dengan meningkatnya retak menuju ke tengah tinggi balok dan terjadi retak beton lanjutan yaitu berupa retak geser beton serta terakhir menuju ke arah tekan balok. Terlihat keruntuhan akhir penampang beton adalah berupa hancurnya daerah tekan beton (lihat Gambar 5).



Gambar 4. Permodelan Balok Kondisi Keruntuhan Tarik (BUR-200.400)



Gambar 5. Permodelan Balok Kondisi Keruntuhan Tekan (BOR-200.400)

## PENUTUP

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Balok beton bertulang dapat dimodelkan dengan menggunakan software ANSYS dan dapat diperoleh hasil yang mendekati manual.
2. Balok dengan kondisi keruntuhan tarik memiliki lendutan yang lebih besar dibandingkan kondisi keruntuhan tekan (hasil FEM ANSYS).
3. Balok dengan kondisi keruntuhan tarik memiliki perilaku keruntuhan yang lebih daktail dibandingkan kondisi keruntuhan tekan (hasil FEM ANSYS).
4. Balok dengan kondisi keruntuhan tarik daerah tekan beton kerusakannya lebih sedikit dibandingkan dengan kondisi keruntuhan tekan (hasil FEM ANSYS).
5. Hasil analisis manual menurut SNI-2002 lebih mendekati hasil FEM ANSYS pada kondisi beban sebelum retak/ elastis dan pada saat beban ultimit pada kondisi keruntuhan tarik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Kent, D. C. and Park, R., 1971. *Flexural Members with Confined Concrete*, Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 97, pp. 1969 - 1990.
- L. Dahmani, A. Khennane, and S. Kaci, 2010. *Crack Identification In Reinforced Concrete Beams Using Ansys Software*, Strength of Materials, Vol. 42, No. 2, Springer Science + Business Media, Inc.
- SNI 03-2847-2002, 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, BSN.