BAB IV METODE PENELITIAN

A. Materi Penelitian

Penelitian ini meneliti tentang perilaku sambungan interior balok-kolom pracetak, dengan benda uji balok T dan kolom persegi, serta balok persegi dan kolom lingkaran. Penelitian ini bertujuan membandingkan kekuatan antara 2 benda uji tersebut. Data-data yang dipergunakan dalam penelitian ini bersumber dari studi literature buku, jurnal, dan penelitian-penelitian lain yang mendukung terlaksanannya penelitian ini. Adapun data-data yang digunakan adalah data mekanis bahan.

B. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan untuk penelitian ini selama brjalannya penelitian hingga selesai adalah berupa program bantu, yaitu AutoCAD dan ABAQUS CAE 6.13. Autocad digunakan untuk mendesain benda uji sebelum dimodelkan ke dalam ABAQUS, baik dalam mendesain dimensi, dan bentuk penampang balok maupun kolom. Sedangkan ABAQUS 6.13-1 digunakan sebagai program bantu untuk meganalisis bagaimana perilaku dan parameter-parameter yang terdapat pada sambungan beton bertulang pracetak interior balok dan kolom pracetak.

C. Perencanaan Benda Uji

Perencanaan benda uji merupakan desain awal benda uji, termasuk jenis sambungan, dimensi penampang, serta data-data perencanaan yang diperlukan. Adapun detail desain model 1 benda uji sambungan interior balok T dan kolom persegi dapat dilihat pada Gambar 4.1. untuk detail model 2 sambungan interior balok persegi dan kolom lingkaran dapat dilihat pada Gambar 4.2. Pada tahap perencanaan benda uji dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

- 1. Menentukan bentuk penampang, dan dimensi yan akan di rencanakan
- 2. PengGambaran benda uji dengan menggunakan program bantu AutoCAD
- Penyesuaian Gambar dengan aturan-aturan detail pengGambaran penampang dan dimensi sesuai dengan SNI
- Melakukan pemodelan dengan ABAQUS setelah Gambar rencana benda uji selesai.



Gambar 4.1 Detail model 1



Gambar 4.2 Detail model 2

D. Pemodelan dengan ABAQUS 6.13

Penelitian yang dilakukan ini melalui beberapa prosedur sebagai berikut :

- Menentukan topik yang akan diambil sebagai Tugas Akhir. Dengan telah ditentukannya topik tugas akhir maka langkah selanjutnya dapat dilakukan, yaitu studi literatur
- Studi literatur, pemodelan balok kolom Precast dengan ABAQUS. Peneliti melakukan studi literatur guna menambah landasan teori, daftar pustaka, guna mengambil studi kasus data material yang akan digunakan nantinya pada pemodelan ABAQUS.
- 3) Input data material dan benda uji.

Memasukkan data (*input file*) ke modul ABAQUS 6.13-1 dan dianalisis (proses *running*), data yang dimasukkan berupa detail benda uji serta sifat mekanik material beton dan baja untuk dimasukkan ke dalam pemodelan ABAQUS, sehingga dapat dilakukan proses running model guna menganalisis hasil running. Hasil konvergensi dapat dilihat pada Tabel 4.1.

- 4) Hasil dan analisis data, data hasil *running* dengan bantuan program ABAQUS setelah *completed* selanjutnya akan dibahas dan dianalisis pada bagian pembahasan dan hasil. Sebelum dilakukannya analisis dan pembahasan hasil yang didapatkan. Dilakaukan konvergensi terlebih dahulu, guna mempertimbangkan data yang digunakan apakah dapat di proses ke dalah hasul dan pembahasan.
 - a. Konvergensi model 1

Mesh	Displacement (u)	Jumlah Elemen	%Kesalahan
40	0.00699033	30102	
			3.447495105
50	0.00675737	16881	
			6.021420436
60	0.00719033	11337	
			4.700602652
70	0.00754499	10170	
			3.202221028
80	0.00779459	9810	

Tabel 4.1 Data konvergensi model 1.



Gambar 4.3 Grafik konvergensi model 1

Mesh	Displacement (u)	Jumlah Elemen	% Kesalahan
40	0.0269526	10750	
			4.432893188
50	0.0282028	8250	
			0.937487926
60	0.0284697	6329	
			0.440277525
70	0.0285956	4878	
			0.264027093
80	0.0286713	4626	

Tabel 4.2 Data konvergensi model 2.



Gambar 4.4 Grafik konvergensi model 2

5) Kesimpulan.

Kesimpulan berisi tentang intisari dari pembahsan dan hasil analisis data yang dapat diambil setelah proses pembahasan dan analisis selesai dilakukan.



Gambar 4.5 Bagan alir penelitian

Fasilitas yang tersedia didalam program ABAQUS CAE sangat lengkap sehingga pemodelan benda uji bisa langsung dilakukan tanpa bantuan *software* lain. Berikut ini adalah cara mengGambarkan model dengan menggunakan fasilitas ABAQUS CAE 6.13-1.

1. Membuka ABAQUS CAE

Untuk masuk ke program ABAQUS CAE bisa dipilih dari *desktop* atau dari panel *start*, Kemudian baru membuka ABAQUS CAE. Setelah tampilan layar pada *viewport* muncul maka pilih *creating model database*.



Gambar 4.6 Viewport ABAQUS CAE

2. Pemodelan Part

Melakukan pemodelan geometri benda yang akan diuji. Dimensi dari benda uji dimasukan kedalam *field* atau kolom yang tersedia didalam *part*. Dalam melakukan pemodelan yang harus perlu diperhatikan adalah bentuk, model dan dimensi benda yang dibuat karena disini tersedia beberapa model yang bisa dipilih dan berpengaruh terhadap proses simulasi yang akan dilakukan.

a. Part

Pemodelan *part* yang dilakukan adalah bentuk penampang dan dimensi dari penampang yang ingin dimodelkan seperti desain awal benda uji.



Gambar 4.7 Pemodelan part kolom

b. Dimensi

Pemodelan dimensi berupa ukuran penampang, baik panjang dan lebar (Gambar 4.8). Kemudian apabila dimensi panjajng dan lebar telah dibuat dilanjutkan dengan tebal dari benda uji yang akan dibuat. Apabila telah selesai, model *part* benda uji akan tampak seperti Gambar 4.9.



Gambar 4.8 Pemodelan dimensi benda uji



Gambar 4.9 Part kolom

3. Pengaturan *Property*

Modul yang telah dibuat selanjutnya diberi property agar bisa dianalisis oleh *solver* ABAQUS. Dalam memasukkan *property* material kedalam model yang telah dibuat harus cermat dan teliti karena bisa jadi ada bagian yang lupa didefinisikan. Kegagalan dalam proses *running* terhadap benda uji yang telah dibuat salah satunya karena lupa memberikan definisi material, *section* material dan *assign section* material yang akan diuji. Pilih *property* kemudian klik *Create* Material dari kotak dialog *Edit* material lakukan proses memasukkan data material benda yang akan dianalisis. Untuk

simulasi ini material benda uji adalah beton dan baja. Didalam material *options*, masukkan density, sifat elastis dan sifat plastis. Berikut langkahlangkahnya :

- a. *Double klik* material, dan ketik nama material pada kotak *name*
- Klik general, klik *density* masukkan nilai *density* bahan (Gambar 4.10).
- c. Klik mechanical, klik *elastic*, masukkan modulus elastisitas bahan pada kotak *young's modulus* dan 0.3 pada kotak *poisson's ratio* (Gambr 4.11).
- d. Pilih *plasticity*, *Concrete compressive damage* dan *Concrete tensile damage* (Gambar 4.12) kemudian isikan data mekanis bahan.
 Adapun data-data yang digunakan adalah sebagai berikut :
 - 1) Beton

F'c = 17 MPa Modulus elastisitas = 19378 MPa

Adapun untuk data plasticity beton sesuai pada Tabel 4.3

2) Baja

Material baja yang digunakan pada penelitian ini adalah dimensi tulangan dengan diameter 10 dan 16. Untuk data-data mekanis material sebagai berikut :

Fy= 420 MpaModulus elastisitas= 200000Density= 7850 Kg/m3

Untuk data plasticity bahan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

e. Kemudian OK.

Maka detail material selesai dimasukkan dan dapat dilakukan ke tahap berikutnya.

Concrete Compression		Concrete compression		
Har	dening	Damage		
Stress	Crushing	Damage	Crushing	
(Mpa)	Strain (-)	С (-)	Strain(-)	
15.0	0.0	0.0	0.0	
20.1978	0.000075	0.0	0.000075	
30.0006	0.000099	0.0	0.000099	
40.3038	0.000154	0.0	0.000154	
50.0077	0.000762	0.0	0.000762	
40.2361	0.00255	0.195402	0.00255	
20.2361	0.005675	0.596328	0.005675	
5.2576	0.011733	0.894865	0.011733	
Concret	te Tension	Concret	te Tension	
Stiff	fening	Damage		
Stress	Craking	Damage	Cracking	
(Mpa)	Strain (-)	T (-)	Strain (-)	
1.99893	0	0.0	0	
2.842	0.000033	0.0	0.000033	
1.86981	0.000160	0.404641	0.000160	
0.86981	0.000280	0.69638	0.000280	
0.226254	0.000684	0.920389	0.000684	
0.056576	0.001087	0.001087	0.001087	

Tabel 4.3 Data *plasticity* beton (Jankowiak, 2014)

Tabel 4.4 Data steel plasticity (Modul ABAQUS).

Stress	Strain
420	0
420	0.018
500	0.028
500	0.198

C Sat Manual	ж.
Name: #c 20.05 Decouption: Matural Behaviors	1
Outry Bestie Concrete Damaged Plasticity Concrete Competition Damage Concrete Tension Damage	
Density Distribution: Uniform	
Mass Denity Y 2:4E-005	
	at .

Gambar 4.10 Pengisian Data Density



Gambar 4.11 Pengisian data elastic



Gambar 4.12 Pengisian Data concrete compressive damage



Gambar 4.13 Pengisian data concrete tension damage

f. Double klik section, dan ketik nama section, pada kotak name dan pilih solid homogoneous, klik tombol continue dan pada edit section, kemudian klik OK (Gambar 4.14). Setelah itu assign section sesuai dengan part yang diinginkan (Gambar 4.15)

🚔 Edit Section	\times
Name: Section-7 Type: Solid, Homogeneous	
Material: f'c 29,05 🗸 🖉	Ē
Plane stress/strain thickness: 1	
OK Cancel	

Gambar 4.14 Viewport creat section

	These Trees.	I B and Blass from the		
Image: Section (Section (è
+ Te HO (0				Asmace
The solar declaration	 C. Sharra Anex Sealing-SSAIPARTS 3 - recovery operation has craciated in these searchait - 200-3 say? has been enlasted for in Taput File Processor could find to proceeding to the processor of the file of the in taput File Processor could be an an operation. 	k Alweyer-(Frazio) Permes-Shot: 25 analysis. commfully.	or' had been spenad	

Gambar 4.15 Assign section.

4. Assembly part menjadi 1 kesatuan

Assembly menyediakan menu untuk merakit beberapa bagian model menjadi satu kesatuan (*instance*) sehingga memudahkan kita untuk melakukan *moedelling*. Di dalam menyusun bagian-bagian benda menjadi sebuah model yang baik bisa dilakukan dengan cara manual tergantung dari keinginan kita dalam melakukan penyusunan karena hal ini tidak mempengaruhi proses analisis.

- a. *Double* klik *instance* pada menu *assembly*, pilih bagian/*part* yang ingin kita rangkai kemudian OK (Gambar 4.16).
- b. Kemudian untuk memudahkan proses perangkaian *part*, dapat menggunakan menu *view assembly* yang berfungsi untuk

menampilkan/menyembunyikan *part* (Gambar 4.17). kemudian proses perangkaian tulangan hingga selesai (Gambar 4.18).

🜩 Create Instance	×			
Create instances from:				
Parts				
Balok Cor	<u> </u>			
Balok Precast	١.			
Kolom Cor				
Kolom Precast Atas				
Kolom Precast Bawah	/			
Instance Type				
A meshed part has been selected, so				
the instance type will be Dependent.				
Note: To change a Dependent instance's mesh, you must edit its part's mesh.				
Auto-offset from other instances				
OK Apply Cancel				

Gambar 4.16 Create Instance

General	Datum Mesh Attribute Instance	
Note: Sup to t if the Univ to r	pressed instances or instances that do not belong he current display group will not be visible even eir visibility is set on in this dialog. the Model Tree or Display Group Manager solve the conflict.	
Visible	Name	~
2	Balok Cor-1	
23	Balok Cor-1-rad-2	
63	Balok Cor-1-rad-3	
25	Balok Cor-1-rad-4	
2	Balok Precast-1	
2	Balok Precast-1-rad-2	
2	Balok Precast-1-rad-3	
2	Balok Precast-1-rad-4	
21	Kolom Cor-1	
R	Kolom Precast Atau-1	
2	Kolom Precast Bawah-1	
2	Tulangan Lewatan Balok-1-lin-2-1-rad-4	
2	Tulangan Lewatan Balok-1-lin-2-rad-4	
2	Tulangan Lewatan Balok-1-lin-2-rad-4-1	
23	Tulangan Lewatan Balok-1-lin-i-rad-4	
R	Tulangan Lawatan Balok-1-lin-l-rad-4-1	
2	Tulangan Lewatan Balok-1-Iin-Iin-2+1	
2	Tulangan Lewatan Balok-1-lin-lin-2-1-1	
Set All On	Set All Off	

Gambar 4.17 Assembly display option



Gambar 4.18 Assembly part

5. Step

Langkah *Step* digunakan untuk menentukan langkah yang akan dilalui selama proses simulasi. Dalam menentukan *Step* yang diinginkan maka harus mengetahui model dari benda yang diuji. *Step* yang dipilih tergantung dari berapa banyak proses yang dilakukan oleh model. Penelitian *deep drawing* ini mengambil *step General,Static*.

Berikut langkah-langkahnya :

- a. Pilih menu step, pilih general static
- b. Kemudian atur *increment* dan *time running running* yang diinginkan.

ame Step-2		
Basic Incrementation	Other	
Description:	D. Store S	
Time periodi 1		
Mgeom On 🥜		
Automatic stabilization	Specify dissipated energy fraction	: 0.0002
Use adaptive stabil	ation with may, ratio of stabilization to strain energy	0.05

Gambar 4.19. Viewport Time Period pada Step

6. Interacition

Modul interaction berfungsi untuk menentukan bidang kontak atau jenis interaksi yang dialami oleh model. Dalam interaction properties ditentukan besarnya koefisien gesek dari

tiap bagian yang bergesekan.

- a. *Double klik* pada modul *interaction* ketik nama *Diesblank* dan pilih *contact, continue.*
- b. pada *edit contact property*, pilih *mechanical* dan klik *tangensial behavior*(Gambar 4.20) dan pilih *penalty friction formulation*. Masukkan nilai koefisien gesek beton pada friction koefisien, OK.
- c. Kemudian ulangi lagi hingga proses interaction selesai.
- d. Selain itu, dapat juga memberikan *constraint* pada model benda uji yang dimodelkan.Double klik *constraint*, berikan nama pada kotak *name* dan pilih Pada edit *Constraint*, pilih embedded region untuk bagian yang dianggap tertanam yaitu tulangan dan *host region* untuk beton, sehingga interaksi antar *part* di model selesai.

Mechanical	Durmal Dectrin	cal .		
Tangential Be	havior			
Friction form	lation Penalty		9	
Friction SI	naar Strans Elastic	Sie		
Number of f	eld variables	0 👘		
Coeff 0.03				

Gambar 4.20 Contact property, tangensial behavior



Gambar 4.21 interaction

7. Load/Beban

Menu load digunakan untuk menentukan jenis dan jumlah beban yang yang akan diberikan ke model langkah-langkahnya sebagai berikut :

- a. Pilih menu load, kemudian tentukan jenis beban (Gambar 4.22).
- b. Pilih bagian model yang akan diberikan beban, kemudian masukkan jumlah bebannya (Gambar 4.23).

🜩 Create Load		×			
Name: Load-2					
Step: Step-1					
Procedure: Static, General					
Category	Types for Selected Step				
Mechanical Thermal	Concentrated force Moment	^			
○ Acoustic	Pressure				
 Fluid Electrical/Magnetic 	Shell edge load Surface traction Pipe pressure				
O Mass diffusion	Body force				
○ Other	Line load Gravity Bolt load	~			
Continue	Cancel				

Gambar 4.22 Menentukan jenis beban yang akan dimasukkan.

🚔 Edit Load	×
Name: Loa	d-1
Type: Pres	sure
Step: Step	o-1 (Static, General)
Region: Surf	-36 🔓
Distribution:	Uniform V f(x)
Magnitude:	5
Amplitude:	(Ramp)
ОК	Cancel

Gambar 4.23 Menentukan jumlah beban yang akan dimasukkan.



Gambar 4.24 beban yang telah dimasukkan.

Selain itu pada modul load bisa untuk menentukan boundary conditions pada benda yang dianalisis. *Boundary condition* yang diberikan pada simulasi ini berjumlah 1 yaitu *enchanter*. Dengan anggapan semua kolom dan balok terjepit penuh. Langkah-langkahnya sebagai berikut :

- a. Pilih menu *boundary condition*, pilih tipe dari *boundary condition* yang diinginkan (Gambar 4.25).
- b. Kemudian pilih bagian mana yang akan diberikan *boundary condition*, kemudian pilih *enchanter* (Gambar 4.26).

💠 Create Boundary Con	dition ×
Name: BC-2 Step: Step-1 Procedure: Static, Genera Category Mechanical Fluid Electrical/Magnetic Other	Types for Selected Step Symmetry/Antisymmetry/Encastre Displacement/Rotation Velocity/Angular velocity Connector displacement Connector velocity
Continue	Cancel

Gambar 4.25 Create boundary condition

🚔 Edit Boundary Condition 🛛 🗙
Name: BC-1
Type: Symmetry/Antisymmetry/Encastre
Step: Step-1 (Static, General)
Region: Set-19 📘
CSYS: (Global) 🔈 🉏
○ XSYMM (U1 = UR2 = UR3 = 0)
YSYMM (U2 = UR1 = UR3 = 0)
ZSYMM (U3 = UR1 = UR2 = 0)
XASYMM (U2 = U3 = UR1 = 0; Abaqus/Standard only)
O YASYMM (U1 = U3 = UR2 = 0; Abaqus/Standard only)
ZASYMM (U1 = U2 = UR3 = 0; Abaqus/Standard only)
O PINNED (U1 = U2 = U3 = 0)
ENCASTRE (U1 = U2 = U3 = UR1 = UR2 = UR3 = 0)
OK

Gambar 4.26 edit boundary condition

7. Mesh

Modul *Mesh* dipergunakan untuk mengontrol pembuatan mesh pada model. Jumlah *node* dan elemen bias dikontrol dengan menggunakan *mesh control*, termasuk bentuk *element mesh* serta bagaimana penempatan jumlah nodenya. *Mesh* memegang peranan yang sangat penting dalam menentukan keakuratan analisis dan simulasi, karena jumlah atau *node* yang diberikan pada model akan mempengaruhi ketelitian hasil simulasi. Langkahlangkahnya sebagai berikut :

- a. Pilih modul *mesh*, kemudian pilih *seed part* untuk menentukan jumlah *mesh* yang diberikan (Gambar 4.27).
- b. Kemudin pilih *mesh part*, dan yes.
- Pengontrolan jumlah *mesh* bisa dilihat pada bagian *verify mesh*, dan untuk menentukan jenis *element* nya pada bagian *assign element type* (Gambar 4.28).

💠 Global Seeds 🛛 🗙
Sizing Controls
Approximate global size: 100
Curvature control
Maximum deviation factor (0.0 < h/L < 1.0): 0.1
(Approximate number of elements per circle: 8)
Minimum size control
By fraction of global size (0.0 < min < 1.0) 0.1
O By absolute value (0.0 < min < global size) 10
OK Apply Defaults Cancel

Gambar 4.27 memasukkan jumlah mesh

Senart Linery	Family		
Standard Chapter	all lines		
	Acoutty		
Secondary Grater	Callesive		
Fine Contain	1.1.030mm/9.948		
ins tindge for			
[]Hybret/larmulation	(2) Balanci Integration (2)	interpolitie motion	
Danieri Centroli			
mirglas of test	- S for below Come		
Treesday .	ill Vie Arbeit C Speci		
Generatio 1419	🗑 duesige skulle 🗋 De	theyard () Central	
Internet webs' estatency	O'm #Hi		
Distantian control	@ the select C m 1	Othe	
	illaren an	WI II	() ()
COR 2-1 web loss	a brief, retired integration	bearging series	
Re: 15 object on alarban painer, "Mast-+Carr	t shape for marking . Init? From the main mersel		
10000		(MAG)	1000000

Gambar 4.28 viewport element type.



Gambar 4.29 part yang telah selesai mesh

8. Modul job

Modul *Job* berfungsi untuk mendeskripsikan model kemudian diserahkan kepada program ABAQUS untuk melakukan analisis *numeric*. Pada modul ini bisa dikontrol apakah simulasi yang dilakukan berhasil atau tidak, jika terjadi *error message* di dalam *prompt area* maka bisa kembali ke modul sebelumnya untuk memperbaiki kesalahan yang terjadi selama proses interasi *numeric* yang dilakukan oleh ABAQUS *solver*. Berikut langkahlangkahnya :

- a. Pilih modul *job*, masukkan nama *job* pada kotak *name*, *continue*, kemudian klik OK (Gambar 4.30).
- b. Pada menu *job manager* pilih *submit* untuk memulai *running* (Gambar 4.31).

C FBL/99		
Name: Job-4		
Model: Model-1		
Analysis product Abaqus/Standard		
Description: [
Submission General Memory	Parallelization	Precision
Job Type		
Full analysis		
C Recover (Explicit)		
○ Restørt		
Run Mode		
Background Queue	E Her	e name
Submit Time		
Immediately		
O Web hrs. min.		
CAL 😵		
and shares		- encounterines
OK		Cancel

Gambar 4.30 Edit job

Name	Model		Туре	Status	Write Input
lob-material-baru	Model-	5	Full Analysis	Completed	Descire
Mesh-75	Model-	1	Full Analysis	Completed	International In
mesh-100	Model	10	Full Analysis	Running	The second
					Germinie
					Monitor
					Results
					Kill
					Kal

Gambar 4.31 Submit job