

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengamatan

4.1.1 Slump Test

Slump Test digunakan untuk menguji tingkat kekentalan adonan beton segar agar hasil akhirnya bisa mencapai nilai kuat tekan seperti yang diinginkan. Nilai Slump adalah ukuran ketinggian campuran beton dalam kerucut terpancung relatif terhadap ketinggian campuran setelah cetakan kerucut diambil. Slump digunakan sebagai indikator untuk menentukan tingkat kelenturan campuran beton, di mana semakin tinggi tingkat kelenturan, semakin mudah proses pengerjaannya (mencerminkan nilai *workability* yang tinggi).

Tabel 4.1 Slump Test Beton Prisma 10 x 10 x 30 cm

Pengecoran	Nilai Slump (mm)
A	140
B	130
C	130
D	120
E	120
F	130



Gambar 4.1 Slump Test Beton Prisma 10 x 10 x 30 cm

4.1.2 Hasil Pengujian Beton Prisma Tanpa Rongga

Setelah beton berumur 28 hari, dilakukan pengujian gaya tekan beton di laboratorium teknik sipil Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur menggunakan alat *Digital Compression Machine*. Sebelum melakukan uji gaya tekan, beton ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui berat dan berat volume beton.

Berikut ini adalah perhitungan untuk menentukan nilai F_c' beton. Diperoleh nilai gaya tekan sebesar 142,0 kN dikonversikan ke satuan N menjadi 142000 N. Kemudian menghitung luas bidang tekan dengan cara, luas permukaan beton prisma tanpa rongga diperoleh 10000 mm². Selanjutnya untuk mengetahui nilai kuat tekan beton digunakan rumus berikut :

$$F_c' = \frac{P}{(\text{Luas Permukaan Beton})} = \frac{142000}{10000}$$

$$F_c' = 14,200 \text{ MPa}$$

Selanjutnya dengan cara perhitungan yang sama diperoleh data hasil pengujian seperti tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4.2 Hasil Tabel Pengujian Beton Prisma Tanpa Rongga

KODE	Ø PIPA (inch)	Ø PIPA (mm)	LUAS PIPA (mm ²)	LUAS PERMUKAAN BETON (mm ²)	VOLUME (m ³)	BERAT		BERAT VOLUME (Kg/m ³)	GAYA AKSIAL		FC' (MPa)	RATA- RATA FC' (MPa)
						(Kg)	(Gram)		(kN)	(N)		
F4	0	0	0,000	10000	0,003	6,945	6945	2315,000	127,500	127500	12,750	13,877
F5				10000	0,003	6,795	6795	2265,000	142,000	142000	14,200	
F6				10000	0,003	6,795	6795	2265,000	146,800	146800	14,680	



Gambar 4.2 Pengujian Beton Prisma dan Pola Retak Beton Prisma

4.1.3 Hasil Pengujian Beton Kubus

Dalam penelitian ini juga dibuat benda uji beton kubus ukuran 10 cm x 10 cm x 10 cm. Kemudian hasil pengujianya disajikan dalam bentuk tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3 Hasil Tabel Pengujian Beton Kubus

KODE	LUAS BETON (mm ²)	VOLUME (m ³)	BERAT		BERAT VOLUME (Kg/m ³)	GAYA AKSIAL		FC' (MPa)	RATA-RATA FC' (MPa)
			(Kg)	(Gram)		(kN)	(N)		
G1	10000	0,001	2,225	2225	2225,000	171,000	171000	17,100	17,080
G2	10000	0,001	2,210	2210	2210,000	166,900	166900	16,690	
G3	10000	0,001	2,190	2190	2190,000	174,500	174500	17,450	



Gambar 4.3 Pengujian Beton Kubus

4.1.4 Hasil Pengujian Beton Prisma Dengan Pipa

Berikut ini adalah perhitungan untuk menentukan nilai F_c' beton. Diperoleh nilai gaya tekan sebesar 137,8 kN dikonversikan ke satuan N menjadi 137800 N. Kemudian menghitung luas bidang tekan dengan cara, luas permukaan beton dikurangi dengan luas pipa. Luas permukaan beton $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} = 100 \text{ cm}^2$ dikonversikan ke satuan mm^2 menjadi 10000 mm^2 . Kemudian dikurangi luas pipa sebesar $379,940 \text{ mm}^2$, maka diperoleh luas bidang tekan sebesar $9620,060 \text{ mm}^2$.

Untuk mengetahui nilai kuat tekan beton digunakan rumus berikut :

$$F_c' = \frac{P}{(\text{Luas Permukaan Beton} - \text{Luas Pipa})} = \frac{137800}{(10000 - 379,940)}$$

$$F_c' = \frac{137800}{9620,060} = 14,324 \text{ MPa}$$

Selanjutnya dengan cara perhitungan yang sama diperoleh data hasil pengujian seperti tabel 4.4 dibawah ini.

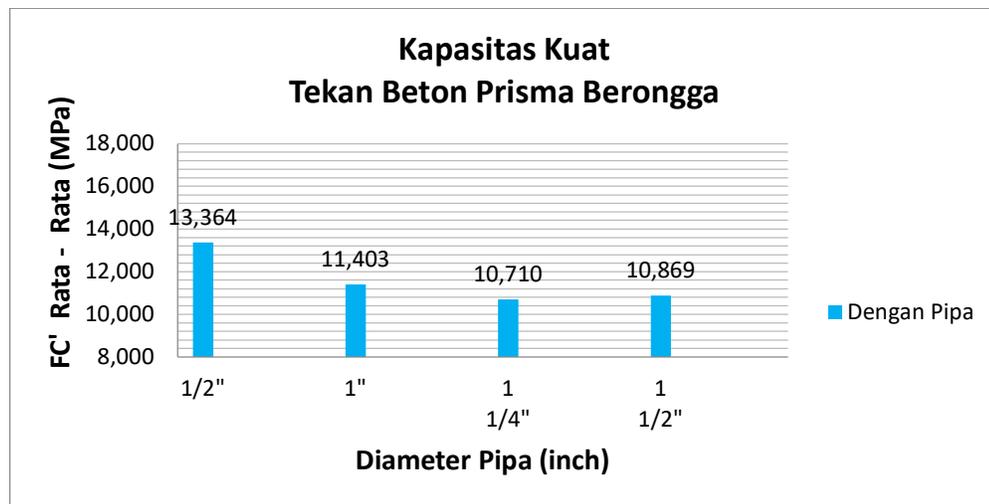
Tabel 4.4 Hasil Tabel Pengujian Beton Prisma Berongga Dengan Pipa

KODE	Ø PIPA (inch)	Ø PIPA (mm)	LUAS PIPA (mm ²)	LUAS PERIMETER (mm ²)	LUAS BIDANG TEKAN (mm ²)	VOLUME (m ³)	BERAT		GAYA AKSIAL		BERAT VOLUME (Kg/m ³)	FC' (MPa)	RATA-RATA FC' (MPa)
							(Kg)	(Gram)	(kN)	(N)			
A1	1/2"	22	379,940	10000	9620,060	0,0029	6,595	6595	98,200	98200	2285,156	10,208	13,364
A2		22	379,940	10000	9620,060	0,0029	6,435	6435	149,700	149700	2229,716	15,561	
A3		22	379,940	10000	9620,060	0,0029	6,465	6465	137,800	137800	2240,111	14,324	
C1	1"	32	803,840	10000	9196,160	0,0028	6,175	6175	80,100	80100	2238,253	8,710	11,403
C2		32	803,840	10000	9196,160	0,0028	6,015	6015	104,400	104400	2180,258	11,353	
C3		32	803,840	10000	9196,160	0,0028	6,285	6285	130,100	130100	2278,125	14,147	
D1	1 1/4"	42	1384,740	10000	8615,260	0,0026	5,950	5950	82,400	82400	2302,117	9,564	10,710
D2		42	1384,740	10000	8615,260	0,0026	5,815	5815	73,400	73400	2249,884	8,520	
D3		42	1384,740	10000	8615,260	0,0026	5,510	5510	121,000	121000	2131,876	14,045	
E1	1 1/2"	48	1808,640	10000	8191,360	0,0025	5,775	5775	96,400	96400	2350,037	11,768	10,869
E2		48	1808,640	10000	8191,360	0,0025	5,975	5975	87,100	87100	2431,424	10,633	
E3		48	1808,640	10000	8191,360	0,0025	5,755	5755	83,600	83600	2341,898	10,206	

Dibawah ini adalah grafik yang menunjukkan hasil pengujian beton prisma berongga dengan pipa. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kuat tekan beton prisma yang di dalamnya ditanam pipa pada saat proses pengecoran.

Kemudian dibuatkan grafik yang menunjukkan hubungan antara rata – rata kuat tekan beton prisma berongga dengan diameter pipa. Pada sumbu x, terdapat skala diameter luar pipa yang ditanam dalam beton prisma, sedangkan pada sumbu y, terdapat skala rata – rata kuat tekan yang dihasilkan oleh beton prisma.

Dari grafik ini, dapat dilihat bahwa semakin besar diameter pipa yang ditanam dalam beton, semakin kecil rata – rata nilai F_c' yang dihasilkan.



Gambar 4.4 Grafik Pengujian Beton Prisma Berongga Dengan Pipa

Pada pengujian beton dengan *Digital Compression Machine*, dilakukan evaluasi terhadap gaya tekan beton yang dihasilkan. Alat yang digunakan, yaitu *Digital Compression Machine*, memiliki kemampuan untuk memberikan beban secara bertahap pada sampel beton dan secara otomatis mengukur gaya yang diterapkan.

Pengujian dimulai dengan menyiapkan sampel beton prisma segiempat dengan ukuran 10 cm x 10 cm x 30 cm. Sampel tersebut ditempatkan di antara plat pengujian pada mesin. Kemudian, proses pengujian dimulai dengan memberikan beban secara perlahan pada sampel beton.

Selama proses pengujian, *Digital Compression Machine* akan merekam dan menampilkan data secara *real-time*. Ketika beban mulai diterapkan pada sampel beton, angka menunjukkan peningkatan gaya tekan.

Seiring dengan peningkatan beban yang diterapkan, angka akan menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam gaya yang diterapkan, ini menunjukkan bahwa beton masih dalam keadaan kuat dan deformasi masih dalam batas yang dapat diterima.

Namun pada titik tertentu, ketika angka pada layar mesin berhenti, ini mengindikasikan bahwa beton telah mencapai titik kegagalan atau batas maksimum kekuatannya.

Dengan cara yang sama dilakukan juga untuk pengujian beton prisma berongga tanpa pipa, beton prisma tanpa rongga, dan beton kubus. Berikut ini adalah dokumentasi pengujian beton prisma berongga dengan pipa dan pola retak beton bisa dilihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.5 Pengujian Gaya Tekan Beton dan Pola Retak Beton Dengan Pipa

Setelah menjalani pengujian tekan yang, beton dapat mengalami berbagai keretakan tergantung pada beban yang diterapkan dan kualitas beton itu sendiri.

4.1.5 Hasil Pengujian Beton Prisma Tanpa Pipa

Cara yang sama juga dilakukan untuk menghitung kuat tekan beton prisma tanpa pipa. Berikut ini adalah perhitungan untuk menentukan nilai F_c' beton.

Diperoleh nilai gaya tekan sebesar 150,2 kN dikonversikan ke satuan N menjadi 150200 N. Kemudian menghitung luas bidang tekan dengan cara, luas beton dikurangi dengan luas pipa. Luas Beton 10 cm x 10 cm = 100 cm² dikonversikan ke satuan mm² menjadi 10000 mm². Setelah itu dikurangi luas pipa sebesar 379,940 mm², maka diperoleh luas bidang tekan sebesar 9620,060 mm².

Untuk mengetahui nilai kuat tekan beton digunakan rumus berikut :

$$F_c' = \frac{P}{(\text{Luas Permukaan Beton} - \text{Luas Pipa})} = \frac{137800}{(10000 - 379,940)}$$

$$F_c' = \frac{150200}{9620,060} = 15,613 \text{ MPa}$$

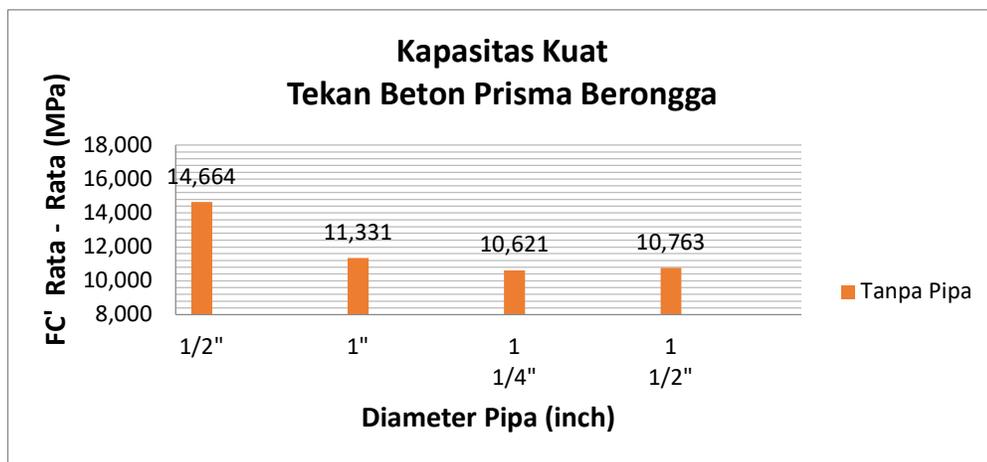
Di bawah ini merupakan tabel hasil pengujian Beton Prisma Tanpa Pipa, Bisa dilihat pada tabel 4.5 di bawah ini.

Tabel 4.5 Hasil Tabel Pengujian Beton Prisma Tanpa Pipa

KODE	Ø PIPA (inch)	Ø PIPA (mm)	LUAS PIPA (mm ²)	LUAS PERMUKAAN BETON (mm ²)	LUAS BIDANG TEKAN (mm ²)	VOLUME (m ³)	BERAT		GAYA AKSIAL		BERAT VOLUME (Kg/m ³)	FC' (MPa)	RATA-RATA FC' (MPa)
							(Kg)	(Gram)	(kN)	(N)			
A4	1/2"	22	379,940	10000	9620,060	0,0029	6,345	6345	150,200	150200	2198,531	15,613	14,664
A5		22	379,940	10000	9620,060	0,0029	6,305	6305	135,200	135200	2184,671	14,054	
A6		22	379,940	10000	9620,060	0,0029	6,190	6190	137,800	137800	2144,824	14,324	
C4	1"	32	803,840	10000	9196,160	0,0028	5,970	5970	93,200	93200	2163,947	10,135	11,331
C5		32	803,840	10000	9196,160	0,0028	6,100	6100	117,800	117800	2211,068	12,810	
C6		32	803,840	10000	9196,160	0,0028	6,175	6175	101,600	101600	2238,253	11,048	
D4	1 1/4"	42	1384,740	10000	8615,260	0,0026	5,650	5650	75,300	75300	2186,044	8,740	10,621
D5		42	1384,740	10000	8615,260	0,0026	5,930	5930	50,400	50400	2294,378	5,850	
D6		42	1384,740	10000	8615,260	0,0026	5,680	5680	148,800	148800	2197,651	17,272	
E4	1 1/2"	48	1808,640	10000	8191,360	0,0025	5,700	5700	95,500	95500	2319,517	11,659	10,763
E5		48	1808,640	10000	8191,360	0,0025	5,590	5590	91,300	91300	2274,755	11,146	
E6		48	1808,640	10000	8191,360	0,0025	5,560	5560	77,700	77700	2262,547	9,486	

Kemudian dibuatkan grafik yang menunjukkan hubungan antara rata – rata kuat tekan beton prisma berongga tanpa pipa. Grafik dibawah adalah hasil pengujian beton prisma berongga tanpa pipa. Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan beton tanpa penggunaan pipa tambahan dalam proses pengecoran.

Grafik menunjukkan hubungan antara rata – rata kuat tekan atau F_c' yang dihasilkan oleh beton prisma berongga tanpa pipa dengan diameter luar pipa atau lubang. Pada sumbu x, terdapat terdapat skala diameter lubang, sedangkan pada sumbu y adalah skala rata – rata kuat beton prisma.



Gambar 4.6 Grafik Pengujian Beton Prisma Tanpa Pipa



Gambar 4.7 Pengujian Gaya Tekan Beton Tanpa Pipa dan Pola Retak Beton Tanpa Pipa

4.2 Analisis Pembahasan

4.2.1 Perbandingan Beton Prisma Dengan Pipa dan Tanpa Pipa

Dari hasil penelitian beton prisma berongga dengan pipa berukuran 100 mm x 100 mm x 300 mm, dengan beton prisma berongga tanpa pipa yang memiliki ukuran yang sama, kemudian memvariasikan lubang (rongga) dengan diameter $\frac{1}{2}$ inch, 1 inch, dan $1\frac{1}{4}$ inch dan $1\frac{1}{2}$ inch. Pada pengujian beton prisma berongga dengan pipa, variasi lubang (rongga) $\frac{1}{2}$ inch nilai rata-rata kuat tekan (A1, A2, A3) sebesar 13,364 MPa. Untuk beton prisma berongga tanpa pipa (A4, A5, A6), dengan variasi lubang (rongga) $\frac{1}{2}$ inch nilai rata – rata kuat tekan sebesar 14,664 MPa. Selisih nilai rata – rata kuat tekan (A1, A2, A3) dengan (A4, A5, A6) sebesar 1,3 MPa, lebih tinggi nilai rata – rata kuat tekan (A4, A5, A6).

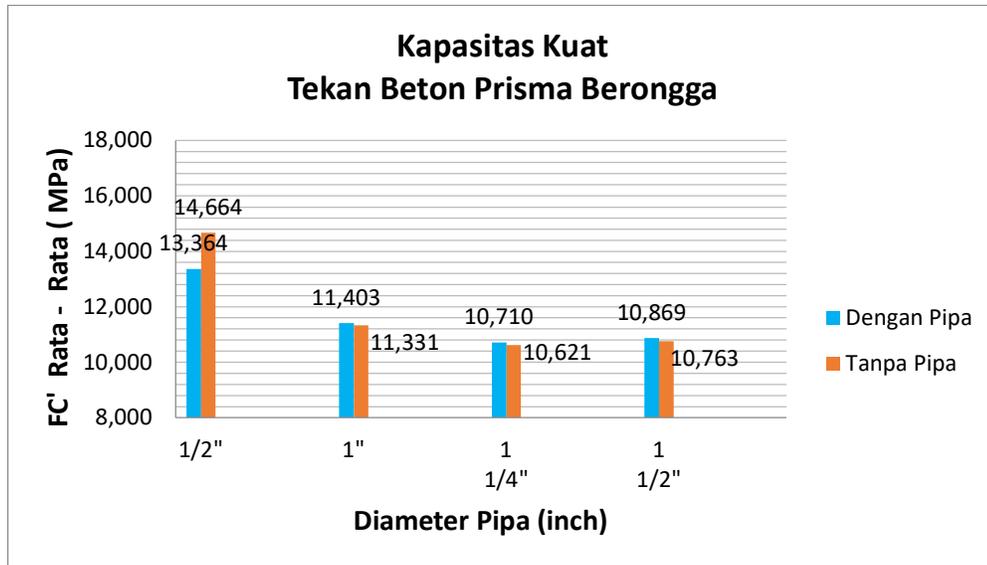
Tabel 4.6 Analisa Pengujian Beton Prisma Berongga Dengan Pipa dan Tanpa Pipa

Beton Prisma Berongga Dengan Pipa				
KODE	Ø PIPA (inch)	Ø PIPA (mm)	FC' (MPa)	RATA-RATA FC' (MPa)
A1	1/2"	22	10,208	13,364
A2		22	15,561	
A3		22	14,324	
C1	1"	32	8,710	11,403
C2		32	11,353	
C3		32	14,147	
D1	1 1/4"	42	9,564	10,710
D2		42	8,520	
D3		42	14,045	
E1	1 1/2"	48	11,768	10,869
E2		48	10,633	
E3		48	10,206	
Beton Prisma Berongga Tanpa Pipa				
KODE	Ø PIPA (inch)	Ø PIPA (mm)	FC' (MPa)	RATA-RATA FC' (MPa)
A4	1/2"	22	15,613	14,664
A5		22	14,054	
A6		22	14,324	
C4	1"	32	10,135	11,331
C5		32	12,810	
C6		32	11,048	
D4	1 1/4"	42	8,740	10,621
D5		42	5,850	
D6		42	17,272	
E4	1 1/2"	48	11,659	10,763
E5		48	11,146	
E6		48	9,486	

Pengujian beton prisma dengan pipa variasi lubang (rongga) 1 inch nilai rata-rata kuat tekan (C1, C2, C3) sebesar 11,403 MPa. Pengujian pada (C4, C5, C6) variasi lubang (rongga) 1 inch nilai rata-rata kuat tekan sebesar 11,331 MPa, Selisih nilai rata – rata kuat tekan (C1, C2, C3) dengan (C4, C5, C6) sebesar 0,072 MPa, lebih tinggi nilai rata – rata kuat tekan benda uji (C1, C2, C3).

Pengujian beton prisma dengan pipa variasi lubang (rongga) 1 ¼ inch nilai rata-rata kuat tekan (D1, D2, D3) sebesar 10,710 MPa menurun sebesar 0,693 MPa jika dibandingkan dengan nilai rata – rata kuat tekan (C1, C2, C3). Pengujian pada (D4, D5, D6) variasi lubang (rongga) 1 ¼ inch nilai rata-rata kuat tekan sebesar 10,621 MPa, pada variasi ini nilai rata – rata kuat tekan menurun sebesar 0,710 MPa jika dibandingkan dengan nilai rata – rata kuat tekan (C4, C5, C6). Selisih nilai rata – rata kuat tekan (D1, D2, D3) dengan (D4, D5, D6) sebesar 0,089 MPa. Lebih tinggi nilai rata – rata kuat tekan benda uji (D1, D2, D3).

Pengujian beton prisma dengan pipa variasi lubang (rongga) 1 ½ inch nilai rata-rata kuat tekan (E1, E2, E3) sebesar 10,869 MPa naik sebesar 0,159 MPa jika dibandingkan dengan nilai rata – rata kuat tekan (D1, D2, D3). Pengujian pada (E4, E5, E6) variasi lubang (rongga) 1 ½ nilai rata-rata kuat tekan sebesar 10,763 MPa, pada variasi ini nilai rata – rata kuat tekan naik sebesar 0,142 MPa jika dibandingkan dengan nilai rata – rata kuat tekan (D4, D5, D6). Jika dibandingkan dengan nilai rata – rata kuat tekan (E1, E2, E3), benda uji (E4, E5, E6) memiliki selisih lebih rendah sebesar 0,106 MPa.



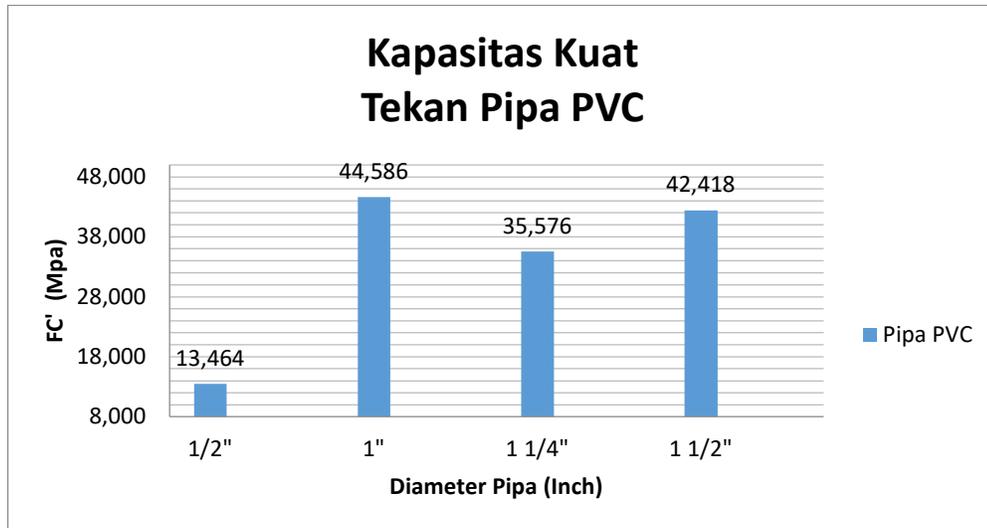
Gambar 4.8 Grafik Analisa Perbandingan

Pada beton prisma berongga dengan pipa rata – rata nilai kuat tekan paling tinggi diperoleh pada variasi lubang $\frac{1}{2}$ inch sebesar 13,364 MPa, dan pada beton prisma berongga tanpa pipa rata - rata nilai kuat tekan paling tinggi diperoleh pada variasi lubang $\frac{1}{2}$ inch juga sebesar 14,664 MPa. Jika keduanya dibandingkan nilai rata – rata kuat tekan paling tinggi diperoleh pada beton prisma berongga tanpa pipa pada variasi lubang $\frac{1}{2}$ inch.

Menurut hasil pengamatan penulis, hal ini bisa terjadi karena pada beton prisma berongga dengan pipa variasi lubang $\frac{1}{2}$ inch, mengalami percepatan kerusakan yang disebabkan oleh pipa yang ditanam di dalam beton pada saat pengujian kuat tekan beton. Sedangkan untuk beton prisma yang tanpa pipa tidak mengalami percepatan kerusakan, karena tidak ada pipa yang ditanam di dalamnya. Hal ini dibuktikan setelah penulis melakukan pengujian gaya tekan pada masing - masing pipa yang berdiameter $\frac{1}{2}$ inch, 1 inch, $1 \frac{1}{4}$ inch dan $1 \frac{1}{2}$ inch. Berikut adalah nilai gaya tekan pipa ditampilkan pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Spesifikasi dan Nilai Gaya Tekan Pipa

MERK	Ø PIPA (inch)	Ø PIPA (mm)	WARNA	KELAS	KETEBALAN PIPA (mm)	r Luar (mm)	r Dalam (mm)	Luas Total (mm²)	GAYA TEKAN (kN)	FC' (MPa)
TRILLIUN BASICS	1/2"	22	Putih	AW	1,500	11,000	9,500	96,555	1,300	13,464
	1"	32			2,000	16,000	14,000	188,400	8,400	44,586
	1 1/4"	42			2,300	21,000	18,700	286,713	10,200	35,576
	1 1/2"	48			2,300	24,000	21,700	330,045	14,000	42,418



Gambar 4.9 Grafik Kuat Tekan Pipa PVC



Gambar 4.10 Pengujian Gaya Tekan Pipa 1/2 inch

Berdasarkan data dan hasil pengujian gaya tekan pipa, pada variasi diameter pipa 1/2" inch (gambar 4.14), pipa tersebut mengalami deformasi akibat ada gaya tekan dari *Digital Compression Machine*. Pipa tersebut mengalami deformasi atau tekuk yang mempengaruhi kuat tekan beton prisma berongga dengan pipa pada variasi lubang 1/2 ". Hal ini menyebabkan nilai kuat tekan dari beton prisma berongga dengan pipa variasi lubang 1/2 inch, menjadi lebih rendah dari beton prisma berongga tanpa pipa dengan variasi lubang yang sama.

Di sisi lain beton prisma berongga dengan pipa juga mengalami penambahan nilai gaya tekan dari pipa yang ditanam di dalam beton. Beton prisma berongga dengan pipa yang memiliki diameter lubang $\frac{1}{2}$ inch mendapatkan tambahan gaya tekan sebesar 1,300 kN, diameter 1 inch 8,400 kN, diameter $1\frac{1}{4}$ inch 10,200 kN dan beton prisma berongga dengan pipa variasi lubang $1\frac{1}{2}$ inch mendapat tambahan gaya tekan sebesar 14,000 kN. Hal ini membuat beton prisma berongga dengan pipa memiliki nilai rata – rata kuat tekan yang relatif lebih tinggi dibandingkan beton prisma berongga tanpa pipa, kecuali yang terjadi pada variasi lubang $\frac{1}{2}$ inch.

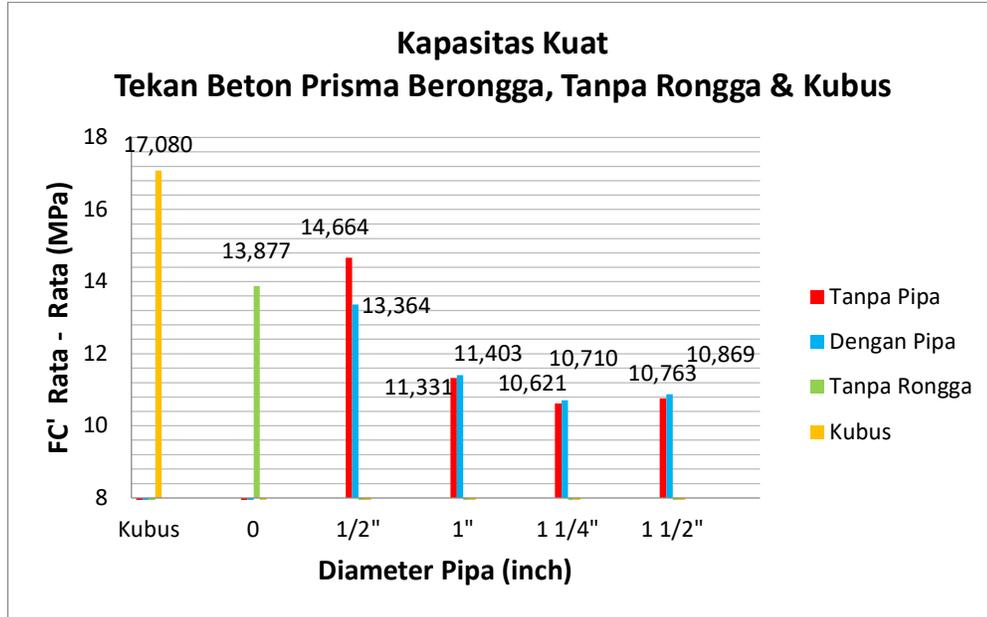
4.2.2 Perbandingan Beton Prisma Berongga Dengan Pipa dan Berongga Tanpa Pipa, Beton Prisma Tanpa Rongga dan Beton Kubus

Di bawah ini merupakan tabel persentase luas pipa terhadap luas penampang, pipa dengan diameter $\frac{1}{2}$ inch mempunyai persentase 3,95% dari luas penampang. Berarti dalam penelitian ini pipa dengan diameter $\frac{1}{2}$ inch menjadi ukuran yang paling aman untuk digunakan dalam beton prisma dengan penampang melintang berukuran 100 mm x 100 mm.

Tabel 4.8 Tabel Persentase Luas Pipa Terhadap Luas Penampang

UKURAN PIPA (Inch)	Ø PIPA (mm)	Ø PIPA (mm)	LUAS PIPA (mm ²)	LUAS PERMUKAAN BETON (mm ²)	LUAS BIDANG TEKAN (mm ²)	PERSENTASE LUAS PIPA TERHADAP LUAS PENAMPANG (%)
1/2"	22	11	379,94	10000	9620,06	3,95
1"	32	16	803,84	10000	9196,16	8,74
1 1/4"	42	21	1384,74	10000	8615,26	16,07
1 1/2"	48	24	1808,64	10000	8191,36	22,08

Hal ini dibuktikan dengan membuat perbandingan antara beton prisma tanpa rongga dengan beton prisma berongga baik yang berpipa maupun tanpa pipa, bisa dilihat pada gambar 4.14.



Gambar 4.11 Grafik Kuat Tekan Berongga, Tanpa Rongga dan Kubus

Pada grafik di atas, nilai rata – rata kuat tekan beton prisma tanpa rongga sebesar 13,877 MPa, untuk beton prisma dengan pipa sebesar 13,364 MPa dan untuk beton tanpa pipa sebesar 14,664 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa beton prisma berongga baik yang berpipa dan tanpa pipa selisihnya tidak terlalu jauh dengan beton prisma tanpa rongga, yang mengindikasikan bahwa beton prisma berongga dengan variasi lubang (rongga) $\frac{1}{2}$ " dengan persentase terhadap luas penampang sebesar 3,95% masih aman digunakan untuk beton dengan luas penampang melintang berukuran 100 mm x 100 mm.

Dibawah ini merupakan rasio antara kuat tekan beton prisma berongga dengan pipa dan tanpa pipa, terhadap beton prisma tanpa rongga, bisa dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.9 Rasio Kuat Tekan Beton Prisma Berongga dan Tanpa Rongga

FC' Rata - Rata Tanpa Rongga (MPa)	Ø PIPA (Inch)	FC' Rata - Rata Dengan Pipa (MPa)	FC' Rata - Rata Tanpa Pipa (MPa)	Rasio Dengan Pipa (%)	Rasio Tanpa Pipa (%)
13,877	1/2"	13,364	14,664	-3,69↓	5,67↑
	1"	11,403	11,331	-17,82↓	-18,35↓
	1 1/4"	10,710	10,621	-22,82↓	-23,46↓
	1 1/2"	10,869	10,763	-21,67↓	-22,44↓

Jika dilihat secara keseluruhan nilai rata-rata kuat tekan beton kubus memiliki nilai yang paling tinggi sebesar 17,080 kN dibandingkan dengan beton prisma tanpa rongga dan beton prisma berongga baik yang berpipa maupun tidak berpipa. Kemudian diikuti rata – rata kuat tekan beton prisma tanpa rongga sebesar 13,877 MPa.

Hal ini menunjukkan bahwa beton yang berongga mengalami penurunan kuat tekan yang cukup signifikan. Kecuali yang terjadi pada beton berongga tanpa pipa variasi lubang ½ inch memiliki nilai kuat tekan sebesar 14,664 MPa. Ada beberapa faktor yang bisa menyebabkan mengapa nilai kuat tekan beton prisma tanpa rongga bisa lebih rendah dari nilai rata-rata kuat tekan beton berongga tanpa pipa dengan variasi lubang ½ inch.

Berikut adalah faktor penyebabnya, antara lain:

1. Pemasangan yang tidak konsisten

Pemasangan beton yang tidak cukup baik dapat menyebabkan adanya ruang udara atau rongga dalam struktur beton. Ruang udara ini dapat menyebabkan pengurangan kuat tekan beton karena mengganggu ikatan antarpartikel.

2. Temperature

Paparan suhu, kelembaban yang tinggi, atau kondisi lingkungan lain yang tidak sesuai dengan persyaratan beton dapat mempengaruhi kuat tekan. Faktor-faktor lingkungan ini dapat menyebabkan kerusakan dan degradasi pada struktur beton.

3. Kesalahan dalam pelaksanaan

Kesalahan selama proses pengecoran, pemasangan, atau perawatan beton juga dapat berdampak negative pada kuat tekan. Ketidaksesuaian dengan prosedur

dapat menyebabkan penurunan kuat tekan beton.

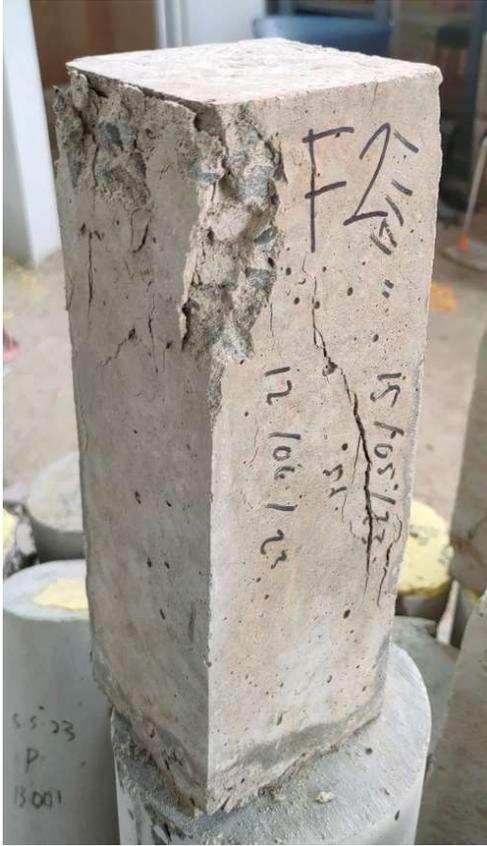
Beberapa faktor di atas juga bisa menjadi patokan penyebab mengapa pada sampel benda uji kubus tidak ada yang mencapai 25 MPa.

4.2.3 Analisa Pola Keretakan Beton

Setelah dilakukan pengujian kuat tekan pada beton prisma tanpa rongga, beton kubus, dan beton prisma berongga dengan pipa dan tanpa pipa, terlihat adanya keretakan pada permukaan beton. Keretakan ini muncul sebagai akibat dari beban tekan yang diterapkan pada prisma beton selama pengujian. Secara visual, keretakan terlihat sebagai retakan-retakan kecil yang menyebar di sekitar area beban. Keretakan ini dapat menjadi indikasi adanya kelemahan atau ketidakmampuan beton untuk menahan tekanan yang diberikan.

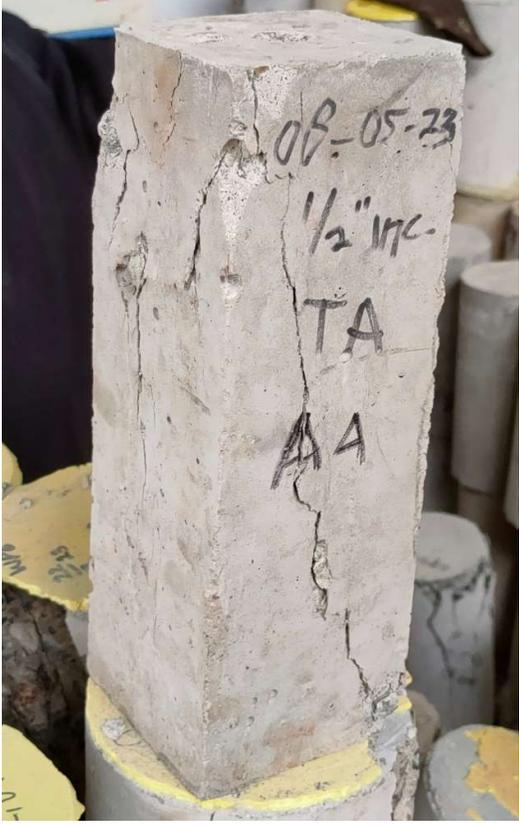
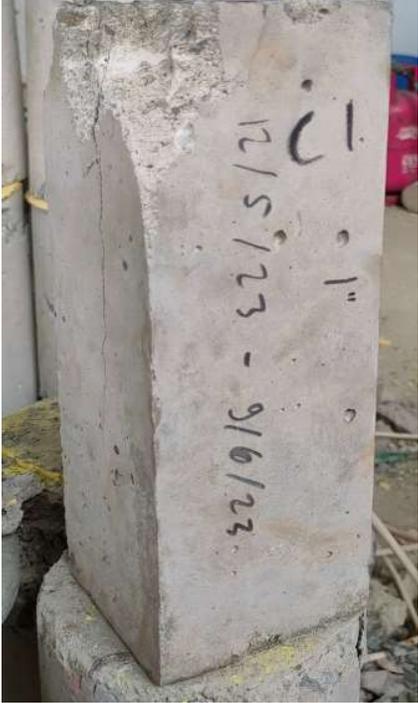
Di bawah ini adalah tabel kerusakan beton yang penulis tampilkan secara terpisah mulai dari beton prisma tanpa rongga, beton kubus, beton prisma berongga dengan pipa dan tanpa pipa.

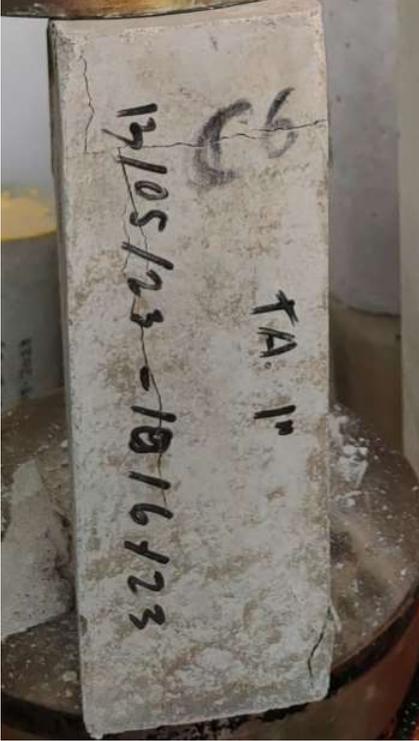
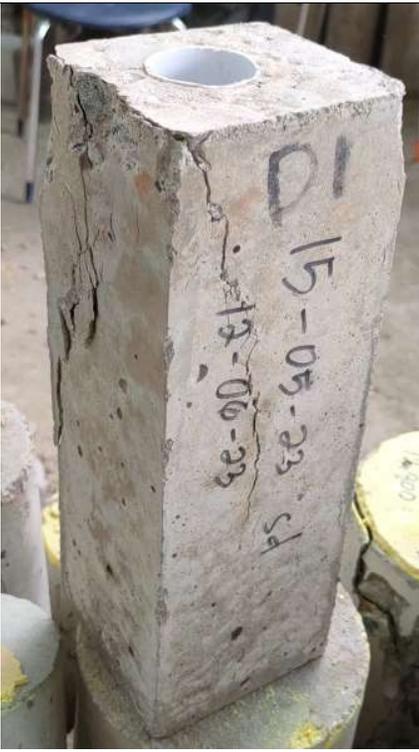
Tabel 4.10. Keretakan Beton Prisma Tanpa Rongga dan Kubus

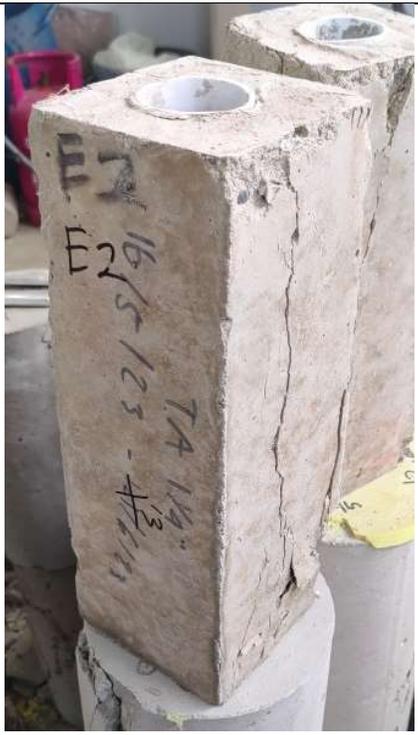
No.	Jenis Beton	Keterangan
1		<p>Beton Prisma Tanpa Rongga Tipe Retak <i>Columnar</i></p>
2		<p>Beton Kubus Retak Tipe Retak <i>Columnar</i></p>

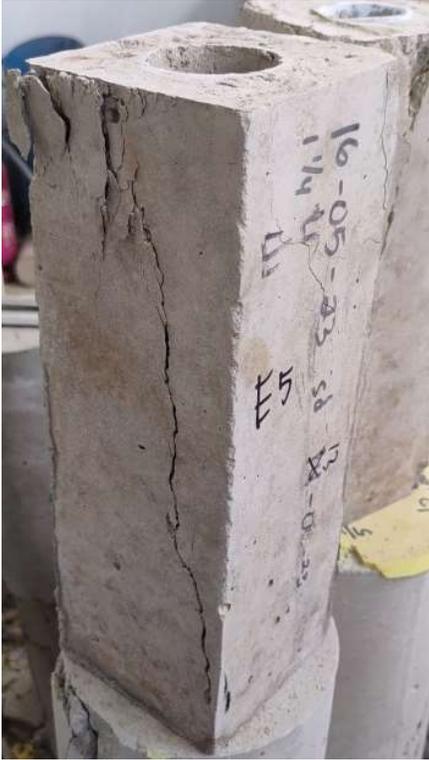
Tabel 4.11 Keretakan Beton Prisma Dengan dan Tanpa Pipa

No.	Jenis Beton	Keterangan
1		<p>Beton Prisma Dengan Pipa Variasi Lubang ½ inch Tipe Retak <i>Columnar</i></p>
2		<p>Hasil <i>Zoom in</i> Beton Prisma Dengan Pipa Variasi Lubang ½ inch Tipe Retak <i>Columnar</i></p>

2	 A photograph of a concrete prism specimen. The specimen is a rectangular block of concrete with a vertical crack running down its center. Handwritten markings on the side include '08-05-23', '1/2" MC', 'TA', and 'AA'. The specimen is resting on a yellow cylindrical base.	<p>Beton Prisma Tanpa Pipa Variasi Lubang 1/2 inch Tipe Retak Geser</p>
3	 A photograph of a concrete prism specimen. The specimen is a rectangular block of concrete with a vertical crack running down its center. Handwritten markings on the side include '12/5/23 - 9/6/22', '1', and '1'. The specimen is resting on a yellow cylindrical base.	<p>Beton Prisma Dengan Pipa Variasi Lubang 1 inch Tipe Retak <i>Columnar</i></p>

4		<p>Beton Prisma Tanpa Pipa Variasi Lubang 1 inch Tipe Retak Geser</p>
5		<p>Beton Prisma Dengan Pipa Variasi Lubang 1 ¼ inch Tipe Retak <i>Columnar</i></p>

6	 A photograph of a concrete prism specimen with a circular hole at the top. The specimen shows significant shear failure, with a large, jagged crack running vertically down the side, exposing the internal structure. The concrete is light gray and appears to be in a laboratory setting.	<p>Beton Prisma Tanpa Pipa Variasi Lubang 1 ¼ inch Tipe Retak Geser</p>
7	 A photograph of a concrete prism specimen with a circular hole at the top. The specimen shows vertical columnar cracking, with several parallel cracks running down the side. The concrete is light gray and appears to be in a laboratory setting. Handwritten markings on the side include 'E2', 'E2', '18/5/103 - A', and 'TA 11/10'.	<p>Beton Prisma Dengan Pipa Variasi Lubang 1 ½ inch Tipe Retak <i>Columnar</i></p>

8		<p>Beton Prisma Tanpa Pipa Variasi Lubang 1 ½ inch Tipe Retak Geser</p>
---	---	---

Berdasarkan hasil pengujian di atas, dapat diamati bahwa beton prisma berongga dengan pipa mengalami keruntuhan tipe *Columnar*. Hal ini mengindikasikan kesesuaian teori beton dimana dominasi tegangan beton adalah tekan.

Sementara itu, pada beton prisma tanpa pipa mengalami pola keruntuhan tipe geser. Hal yang berbeda terjadi pada beton prisma berongga tanpa pipa dimana distribusi tegangan pada beton berubah yang sebelumnya dominasi tegangan tekan berubah menjadi tegangan geser. Hal ini menunjukkan potensi kerusakan yang terjadi pada beton yang tidak memiliki struktur pengaku seperti pipa PVC. Keruntuhan tipe geser pada beton prisma berongga tanpa pipa juga menunjukkan berkurangnya kekakuan minimal pada beton berongga tanpa pipa.

Kuat tekan pipa yang lebih besar dari beton (2.6 kali) membuat keruntuhan tekan pada beton dapat dijaga. Tetapi kontribusi kuat tekan pipa pada beton tidak menambah kuat tekan beton dengan pipa secara signifikan.

Kemudian pada pengujian beton prisma dengan pipa variasi lubang ½ inch (A1), pipa di dalam beton kehilangan daya lekat setelah proses pengujian kuat

tekan beton. Hal ini dapat dibuktikan pada gambar 4.16 dimana terlihat rongga diantara beton dengan pipa. Hal ini harus dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai daya lekat pipa terhadap beton.



Gambar 4.12 Hasil Zoom in Benda Uji Beton Prisma A1