

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian

Langkah-langkah setiap pengujian yang dilakukan mengacu pada SNI yang berlaku. Apabila terdapat hal-hal yang tidak tercantum pada SNI maka digunakan peraturan internasional yaitu ASTM, tahap akhir sebelum dilakukan analisa data adalah pengujian angka pantul beton dan kuat tekan beton. Dari penelitian yang dilakukan, terdapat hasil pengujian bahan material maupun benda uji dengan hasil yang bisa dijelaskan sebagai berikut :

1. Hasil Pengujian Agregat Halus

Hasil pengujian berikut disajikan hasil pengujian agregat halus meliputi kadar air SSD, Berat jenis SSD, bobot isi gembur, dan modulus kehalusan butir. Prosedur yang digunakan menurut SNI-2834-2000. Berikut hasil pengujian agregat halus sungai progo yang disajikan pada tabel 9 berikut :

Tabel 9. Hasil Pengujian Agregat Halus

No.	Jenis pengujian	Hasil pengujian
1	Kadar air SSD	1,42 %
2	Berat Jenis SSD	2,72 gr/ml
3	Bobot isi gembur	1,49 gr/cm ³

Pengujian terhadap modulus kehalusan butir agregat halus (pasir) merupakan agregat yang lolos oleh saringan diameter 4,75 mm atau saringan No.4. Nilai modulus kehalusan butir dapat dikategorikan sebagai agregat halus apabila memenuhi nilai antara 1,50 sampai 3,80 (Tjokrodimuljo, 2007). Data pengujian modulus kehalusan butiran agregat halus disajikan pada tabel 10 sebagai berikut :

Tabel 10. Modulus Kehalusan Butir Agregat Halus

No.	Ukuran (mm)	Berat tertinggal (gr)	Tertinggal (%)	Tertinggal Kumulatif (%)
7	9,5	0	0	0
6	4,75	42,38	4,24	4,24
5	2,36	70,50	7,06	11,31
4	1,18	171,15	17,14	28,45
3	0,60	354,98	35,55	64
2	0,30	190,15	19,04	83,04
1	0,15	149,50	14,97	98,02
0	<0,15	19,80	1,98	-
Jumlah		998,46	100	289,06

2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Hasil pengujian berikut disajikan hasil pengujian agregat kasar meliputi kadar air SSD, Berat jenis SSD, bobot isi gembur, modulus kehalusan butir, dan bobot isi padat. Prosedur yang digunakan menurut SNI-2834-2000. Pengujian agregat kasar sungai Progo disajikan pada tabel 11 di bawah ini:

Tabel 11. Hasil Pengujian Agregat kasar

No.	Jenis pengujian	Hasil pengujian
1	Kadar air SSD	3,10 %
2	Berat Jenis SSD	2,54 gr/ml
3	Bobot isi gembur	1,33 gr/cm ³
4	Bobot isi padat	1,58 gr/cm ³

Pengujian terhadap modulus kehalusan butir agregat kasar (kerikil) merupakan agregat yang tertahan oleh saringan diameter 4,75 mm atau saringan No.4. Nilai modulus kehalusan butir dapat dikategorikan sebagai agregat kasar apabila memenuhi nilai antara 6,00 sampai 7,10 (Tjokrodimuljo, 2007). Data pengujian modulus kehalusan butir agregat kasar disajikan pada tabel 12 sebagai berikut :

Tabel 12. Modulus Kehalusan Butir Agregat Kasar

No.	Ukuran (mm)	Berat tertinggal (gr)	Tertinggal (%)	Kumulatif (%)
12	50	0	0	0
11	38,1	0	0	0
10	25	0	0	0
9	19	329	8,23	8,23
8	12,5	2331	58,28	66,51
7	9,5	1121	28,03	94,53
6	4,75	207	5,18	99,71
5	2,36	8,8	0,22	99,93
4	1,18	1,3	0,03	99,96
3	0,6	0,83	0,02	99,98
2	0,3	0,7	-	100
1	0,15	0	-	100
Jumlah		3999,63	100	768,85

3. Proporsi Campuran Bahan

Sebelum melakukan pengecoran dan pembuatan benda uji perlu mengetahui proporsi campuran atau komposisi bahan yang sesuai dengan target penelitian. Dalam hal ini guna memudahkan dalam tahap pembuatan, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut :

a. Kebutuhan bahan tiap m³

Berdasarkan hasil rancang campur beton normal yaitu, SNI 03-2834-2000 didapatkan komposisi bahan sebagai berikut :

Tabel 13. Kebutuhan Bahan tiap m³

Bahan	Kuat tekan rerata		
	25 MPa	30 MPa	35 MPa
Fas	0,57	0,51	0,46
Air (l)	204,90	204,90	204,90
Semen (kg)	359,47	401,76	448,36
Agregat halus (kg)	715,61	698,69	680,06
Agregat kasar (kg)	1073,42	1048,04	1020,08
Berat jenis (kg/m ³)	2353,40	2353,40	2353,40

b. Kebutuhan bahan 1 adukan dengan 2 varian

Perhitungan bahan pada tiap adukan perlu dilakukan agar pemakaian bahan lebih efektif. Untuk mengetahui kebutuhan bahan pada tiap silinder beton harus diukur terlebih dahulu, berikut perhitungan volume silinder beton :

1) Volume bekisting silinder

$$\text{Diameter} = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,15^2 \times 0,3$$

$$= 0,0053 \text{ m}^3$$

2) Volume adukan tiap varian

Tiap varian memiliki 3 spesimen yang terdiri dari 25, 30, dan 35 MPa. Setiap spesimen terdiri dari 6 benda uji yang akan dibuat. Perhitungan volume adukan tiap varian sebagai berikut :

$$\text{Volume 25 MPa} = 0,0053 \times 6 = 0,032 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume 30 MPa} = 0,0053 \times 6 = 0,032 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume 35 MPa} = 0,0053 \times 6 = 0,032 \text{ m}^3$$

Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan volume tiap varian, maka volume adukan varian SNI 2000 disajikan pada tabel 14 sebagai berikut :

Tabel 14. Volume adukan

Spesimen (MPa)	Volume (m ³)
25	0,032
30	0,032
35	0,032

3) Kebutuhan material

Berdasarkan hasil perhitungan volume adukan dan proporsi campuran serta guna mencegah kurangnya material saat pengcoran hasil hitungan volume diperbanyak sebesar 15%, maka didapatkan kebutuhan material sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Volume akhir} &= \text{volume adukan} + (\text{volume adukan} \times 15\%) \\ &= 0,032 + (0,032 \times 15\%) \\ &= 0,038 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan 1 adukan diatas maka pada Tabel 15 berikut disajikan kebutuhan material 1 adukan varian SNI 2000 sebagai berikut :

Tabel 15. Kebutuhan Material

Bahan 6 Silinder	Kuat Tekan Rencana		
	25 MPa	30 MPa	35 MPa
Fas	0,57	0,51	0,46
Air (l)	7,49	7,49	7,49
Semen (kg)	13,14	14,69	17,11
Agregat Halus (kg)	26,16	25,55	24,86
Agregat Kasar (kg)	39,25	38,32	37,30
Volume (m ³)	0,38	0,38	0,38

4. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kekuatan beton yang telah dibuat serta untuk perbandingan hasil rancang campur antara varian metode mix desain lama dan metode mix desain baru. Berikut data hasil pengujian yang dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari :

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu. Pengujian dilaksanakan menggunakan mesin tekan beton. Prosedur pengujian berdasarkan SNI 1974:2011. Hasil pengujian

kuat tekan pada benda uji beton dengan kuat tekan rencana 25 MPa disajikan pada tabel 16 berikut :

Tabel 16. Hasil Pengujian Kuat Tekan Rencana 25 MPa

No.	Spesimen	Luas (mm ²)	P (N)	Umur (hari)
1	BN-00-25-02	17756,83	305000	7
2	BN-00-25-03	17686,06	380000	
3	BN-00-25-05	17798,17	410000	14
4	BN-00-25-06	17774,54	520000	
No.	Spesimen	Luas (mm ²)	P (N)	Umur (hari)
5	BN-00-25-08	17521,48	460000	28
6	BN-00-25-09	18071,07	510000	

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu. Pengujian dilaksanakan menggunakan mesin tekan beton. Prosedur pengujian berdasarkan SNI 1974:2011. Hasil pengujian kuat tekan pada benda uji beton dengan kuat tekan rencana 30 MPa disajikan pada tabel 17 berikut :

Tabel 17. Hasil Pengujian Kuat Tekan Rencana 30 MPa

No.	Spesimen	Luas (mm ²)	P (kN)	Umur (hari)
1	BN-00-30-02	17715,53	555000	7
2	BN-00-30-03	18041,31	570000	
3	BN-00-30-04	17809,99	600000	14
4	BN-00-30-05	17709,63	625000	
5	BN-00-30-08	18029,41	710000	28
6	BN-00-30-09	18005,63	695000	

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu. Pengujian dilaksanakan menggunakan mesin tekan beton. Prosedur pengujian berdasarkan SNI 1974:2011. Hasil pengujian kuat tekan pada benda uji beton dengan kuat tekan rencana 35 MPa disajikan pada tabel 18 berikut :

Tabel 18. Hasil Pengujian Kuat Tekan Rencana 35 MPa

No.	Spesimen	Luas (mm ²)	P (N)	Umur (hari)
1	BN-00-35-02	18340,05	710000	7
2	BN-00-35-03	17780,45	695000	
3	BN-00-35-04	17946,23	770000	14
4	BN-00-35-06	17999,63	795000	
5	BN-00-35-07	17072,90	770000	28
6	BN-00-35-09	17043,30	760000	

5. Pengujian Perkiraan Kuat Tekan Menggunakan *Hammer Test*

Pengujian angka pantul beton ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kuat tekan beton menggunakan *hammer test* dengan benda uji yang telah dibuat. Berikut data hasil pengujian yang di lakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari :

a. Umur 7 hari

Pengujian angka pantul beton ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kuat tekan beton menggunakan *hammer test* dengan benda uji yang telah dibuat. Hasil pengujian perkiraan kuat tekan beton dengan *hammer test* pada benda uji beton dengan kuat tekan rencana 25 MPa pada umur 7 hari disajikan pada tabel 19 berikut :

Tabel 19. Hasil Pengujian Angka Pantul 25 MPa

No Spesimen	Angka Pantul (R)										R rata - rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
BN-00-25-02	28	28	28	27	25	24	24	27	27	30	26,8
BN-00-25-03	29	32	28	28	30	24	24	31	30	26	28,2

Pengujian angka pantul beton ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kuat tekan beton menggunakan *hammer test* dengan benda uji yang telah dibuat. Hasil pengujian angka pantul pada benda uji beton dengan kuat tekan rencana 25 MPa pada umur 7 hari disajikan pada tabel 20 berikut :

Tabel 20. Hasil Pengujian Angka Pantul 30 MPa

No Spesimen	Angka Pantul (R)										R rata - rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
BN-00-30-02	33	31	30	33	29	29	34	30	30	30	30,9
BN-00-30-03	32	35	33	31	31	30	30	30	33	30	31,5

Pengujian angka pantul beton ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kuat tekan beton menggunakan *hammer test* dengan benda uji yang telah dibuat. Hasil pengujian angka pantul pada benda uji beton dengan kuat tekan rencana 35 MPa pada umur 7 hari disajikan pada tabel 21 berikut :

Tabel 21. Hasil Pengujian Angka Pantul 35 MPa

No Spesimen	Angka Pantul (R)										R rata - rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
BN-00-35-02	38	34	32	31	34	34	38	37	37	31	34,6
BN-00-35-03	37	37	38	37	36	38	33	33	38	35	36,2

b. Umur 14 hari

Pengujian angka pantul beton ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kuat tekan beton menggunakan *hammer test* dengan benda uji yang telah dibuat. Hasil pengujian angka pantul pada benda uji beton dengan kuat tekan rencana 25 MPa pada umur 14 hari disajikan pada tabel 22 berikut :

Tabel 22. Hasil Pengujian Angka Pantul 25 MPa

No Spesimen	Angka Pantul (R)										R rata - rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
BN-00-25-05	24	27	27	26	21	22	26	25	25	26	24,9
BN-00-25-06	23	23	26	24	23	22	20	26	26	25	23,8

Pengujian angka pantul beton ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kuat tekan beton menggunakan *hammer test* dengan benda uji yang telah dibuat. Hasil pengujian angka pantul pada benda uji beton dengan kuat tekan rencana 30 MPa pada umur 14 hari disajikan pada tabel 23 berikut :

Tabel 23. Hasil Pengujian Angka Pantul 30 MPa

No Spesimen	Angka Pantul (R)										R rata - rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
BN-00-30-04	31	34	31	32	30	32	29	31	29	32	31,1
BN-00-30-05	32	32	32	31	33	32	32	31	30	32	31,7

Pengujian angka pantul beton ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kuat tekan beton menggunakan *hammer test* dengan benda uji yang telah dibuat. Hasil pengujian angka pantul pada benda uji beton dengan kuat tekan rencana 35 MPa pada umur 14 hari disajikan pada tabel 24 berikut :

Tabel 24. Hasil Pengujian Angka Pantul 35 MPa

No Spesimen	Angka Pantul (R)										R rata - rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
BN-00-35-04	35	39	36	34	34	36	35	34	38	36	35,7
BN-00-35-06	36	38	37	39	39	38	36	34	36	37	37

a. Umur 28 hari

Pengujian angka pantul beton ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kuat tekan beton menggunakan *hammer test* dengan benda uji yang telah dibuat. Hasil pengujian angka pantul pada benda uji beton dengan kuat tekan rencana 25 MPa pada umur 28 hari disajikan pada tabel 25 berikut :

Tabel 25. Hasil Pengujian Angka Pantul 25 MPa

No Spesimen	Angka Pantul (R)	R rata - rata
-------------	------------------	---------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
BN-00-25-08	28	27	26	25	25	25	24	25	27	27	25,9
BN-00-25-09	30	25	28	30	32	30	29	26	28	26	28,4

Pengujian angka pantul beton ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kuat tekan beton menggunakan *hammer test* dengan benda uji yang telah dibuat. Hasil pengujian angka pantul pada benda uji beton dengan kuat tekan rencana 30 MPa pada umur 28 hari disajikan pada tabel 26 berikut :

Tabel 26. Hasil Pengujian Angka Pantul 30 MPa

No Spesimen	Angka Pantul (R)										R rata - rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
BN-00-30-08	33	36	34	34	31	37	33	31	32	30	33,1
BN-00-30-09	34	33	36	32	35	32	32	35	38	35	34,2

Pengujian angka pantul beton ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kuat tekan beton menggunakan *hammer test* dengan benda uji yang telah dibuat. Hasil pengujian angka pantul pada benda uji beton dengan kuat tekan rencana 35 MPa pada umur 28 hari disajikan pada tabel 27 berikut :

Tabel 27. Hasil Pengujian Angka Pantul 35 MPa

No Spesimen	Angka Pantul (R)										R rata - rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
BN-00-35-07	31	37	34	31	34	36	37	36	34	33	34,3
BN-00-35-09	34	40	38	40	37	36	35	36	37	40	37,3

B. PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian yang didapatkan dan berdasarkan teori yang telah dituliskan maka perlu dibahas lebih lanjut tentang hasil pengujian tersebut antara lain yaitu :

1. Hasil Pengujian Agregat Halus

a. Kadar air SSD

Kadar air agregat merupakan besarnya perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan agregat dalam kondisi SSD dan dinyatakan dalam persen. Berikut disajikan hasil pengujian kadar air agregat halus progo SSD :

Tabel 28. Hasil Uji Kadar Air SSD Agregat Halus Progo

Pemeriksaan (notasi)	Spesimen I	Spesimen II	Spesimen III
Berat awal (A)	99,41 gr	98,05 gr	106 gr
Pemeriksaan (notasi)	Spesimen I	Spesimen II	Spesimen III
Berat akhir (B)	98,36 gr	96,75 gr	104,07 gr

Kadar air dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar air} = \frac{A - B}{B} \times 100\% \quad \dots \dots \dots \quad (8)$$

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan diperoleh hasil pemeriksaan kadar air SSD sebagai berikut :

$$\text{Kadar air I} = \frac{99,41 \text{ gr} - 98,36 \text{ gr}}{98,36 \text{ gr}} \times 100\%$$

= 1,07 %

$$\text{Kadar air II} = \frac{98,05 \text{ gr} - 96,75 \text{ gr}}{96,75 \text{ gr}} \times 100\%$$

= 1,34 %

$$\text{Kadar air III} = \frac{106 \text{ gr} - 104,07 \text{ gr}}{104,07 \text{ gr}} \times 100\%$$

= 1,85 %

$$\text{Kadar air rerata} = \frac{1,07 + 1,34 + 1,85}{3} \times \%$$

= 1,42 %

Hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa kadar air SSD agregat halus progo sebesar 1,42 %.

- b. Berat jenis SSD

Berat jenis merupakan salah satu pemeriksaan agregat yang hasilnya diperoleh dengan cara membandingkan antara massa padat dan massa air yang volumenya sama. Berikut disajikan hasil pengujian berat jenis agregat halus progo SSD :

Tabel 29. Hasil Uji Berat Jenis SSD Agregat Halus Progo

Pemeriksaan (notasi)	Spesimen I	Spesimen II	Spesimen III
Berat pasir (W)	100,35 gr	110,55 gr	103,50 gr
Volume awal (A)	150 ml	150 ml	150 ml
Volume akhir (B)	187 ml	187 ml	188 ml

Berat jenis dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

Dari pengujian yang telah dilakukan diperoleh hasil pemeriksaan berat jenis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis I} &= \frac{100,35 \text{ gr}}{187 \text{ ml} - 150 \text{ ml}} \\ &= 2,71 \text{ gr/ml} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis II} &= \frac{100,55 \text{ gr}}{187 \text{ ml} - 150 \text{ ml}} \\ &= 2,72 \text{ gr/ml} \end{aligned}$$

$$\text{Berat jenis III} = \frac{103,50 \text{ gr}}{188 \text{ ml} - 150 \text{ ml}}$$

$$= 2,72 \text{ gr/ml}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis rerata} &= \frac{2,71 + 2,72 + 2,72}{3} \times \text{gr/ml} \\ &= 2,72 \text{ gr/ml} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa berat jenis SSD agregat halus progo sebesar 2,72 dan telah memenuhi standar berat jenis 2,5 sampai 2,7.

- c. Bobot isi gembur

Bobot isi gembur merupakan salah satu pemeriksaan bobot agregat halus yang hasilnya diperoleh dengan cara membandingkan antara massa padat dan volume sebuah bejana, pengisian bejana tanpa dipadatkan. Berikut disajikan hasil pengujian bobot isi gembur agregat halus progo :

Tabel 30. Hasil Uji Bobot Isi Gembur Agregat Halus Progo

Pemeriksaan (notasi)	Spesimen I	Spesimen II
Berat awal (A)	10,66 kg	10,66 kg
Berat akhir (B)	32,92 kg	33,22 kg
Diameter bejana (d)	2,56 dm	2,56 dm
Tinggi bejana (t)	2,92 dm	2,92 dm

Bobot isi gembur dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Bobot isi gembur} = \frac{B - A}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t} \quad \dots \dots \dots \quad (10)$$

Dari pengujian yang telah dilakukan diperoleh hasil pemeriksaan bobot isi gembur sebagai berikut :

$$\text{Bobot isi gembur I} = \frac{32,92 \text{ kg} - 10,66 \text{ kg}}{\frac{1}{4} \times \pi \times 2,56 \text{ dm}^2 \times 2,92 \text{ dm}}$$

$$= 1,48 \text{ kg/liter}$$

$$\text{Bobot isi gembur II} = \frac{33,11 \text{ kg} - 10,66 \text{ kg}}{\frac{1}{4} \times \pi \times 2,56 \text{ dm}^2 \times 2,92 \text{ dm}}$$

$$= 1,49 \text{ kg/dm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Bobot isi rerata} &= \frac{1,48 + 1,49}{3} \times \text{kg/dm}^3 \\ &= 1,49 \text{ kg/liter} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa bobot isi gembur agregat halus progo sebesar 1,49 kg/liter. Bobot isi gembur dapat digunakan untuk mengetahui berat tiap satuan volume.

d. Modulus kehalusan butir

Menurut Tri Mulyono (2005) modulus halus butir (*Finnes Modulus*) atau biasa disingkat MHB/MKB adalah suatu indek yang dipakai untuk mengukur kehalusan butir-butir agregat. MHB didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir agregat yang tertinggal di atas satu set ayakan (38; 19; 9,6; 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3 dan 0,15 mm), kemudian angka tersebut dibagi dengan seratus. Umumnya agregat halus mempunyai MHB sekitar 1,50 sampai 3,80. Hasil pengujian modulus kehalusan butir terhadap agregat halus progo disajikan pada tabel 31 berikut ini :

Tabel 31. MKB Agregat Halus Progo

No.	Ukuran (mm)	Berat tertinggal (gr)	Tertinggal (%)	Tertinggal kumulatif (%)
7	9,5	0	0	0
6	4,75	42,38	4,24	4,24
5	2,36	70,50	7,06	11,31
4	1,18	171,15	17,14	28,45
3	0,60	354,98	35,55	64
2	0,30	190,15	19,04	83,04
1	0,15	149,50	14,97	98,02
0	<0,15	19,80	1,98	-
Jumlah		998,46	100	289,06

Modulus kehalusan butir dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{MKB} &= \frac{\text{Persen tertinggal kumulatif}}{100} \\ &= \frac{289,06}{100} \\ &= 2,89 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa modulus kehalusan butir agregat halus progo sebesar 2,89 dan telah memenuhi standar MKB dari 1,50 sampai 3,80.

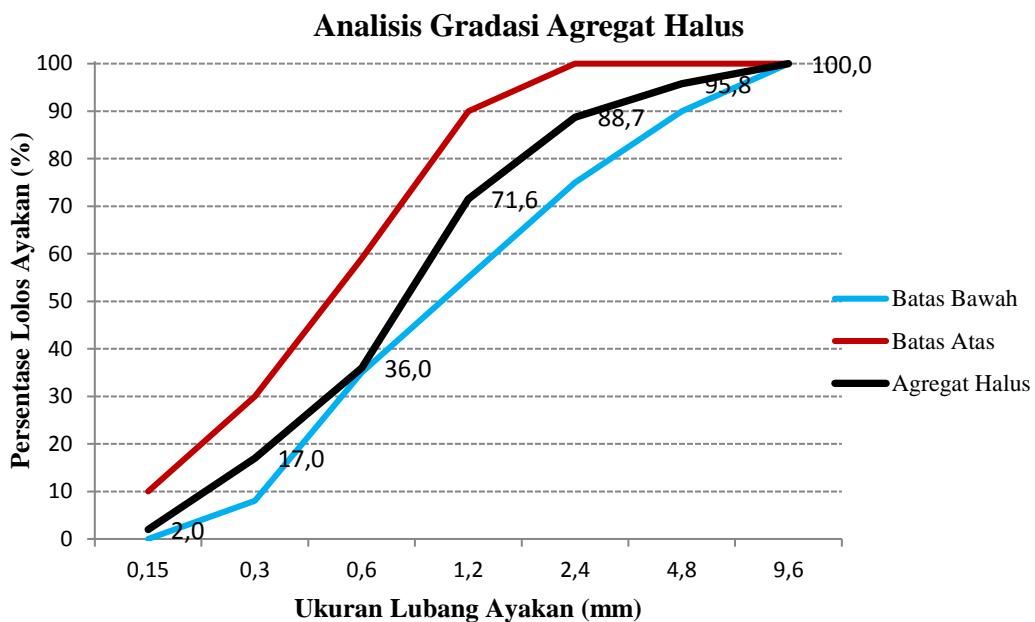
e. Gradasi

Gradasi bertujuan untuk mengklarifikasi agregat halus, berdasarkan SNI 03-2834-1992 ukuran butir agregat halus dibagi menjadi empat zone. Perhitungan gradasi zone yaitu memasukkan persen tembus kumulatif kedalam empat zone tersebut. Berikut perhitungan persen tembus kumulatif agregat halus progo :

Tabel 32. Gradasi Agregat Halus Progo

No.	Ukuran (mm)	Berat tertinggal (gr)	Tertinggal (%)	Tertinggal kumulatif (%)	Tembus Kumulatif (%)
7	9,5	0	0	0	100
6	4,75	42,38	4,24	4,24	95,76
5	2,36	70,50	7,06	11,31	88,69
4	1,18	171,15	17,14	28,45	71,55
3	0,60	354,98	35,55	64	36
2	0,30	190,15	19,04	83,04	16,96
1	0,15	149,50	14,97	98,02	1,98
0	<0,15	19,80	1,98	-	-
Jumlah		998,46	100	289,06	-

Jika hasil presentase tembus kumulatif yang didasarkan tabel 32 diatas maka dapat disubtitusikan kedalam batas-batas daerah gradasi, berikut hasil perhitungan gradasi agregat halus :



Gambar 38. Grafik Gradasi Agregat Halus Progo Zone II

Berdasarkan gambar 38 di atas dapat disimpulkan bahwa agregat halus progo yang diuji termasuk dalam zone 2, yaitu agregat halus agak kasar.

2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

a. Kadar air SSD

Kadar air agregat merupakan besarnya perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan agregat dalam kondisi SSD dan dinyatakan dalam persen. Hasil pengujian kadar air agregat kasar progo SSD disajikan pada tabel 33 berikut :

Tabel 33. Hasil Uji Kadar Air SSD Agregat Kasar Progo

Pemeriksaan (notasi)	Spesimen I	Spesimen II	Spesimen III
Berat awal (A)	153,85 gr	159,71 gr	156,43 gr
Berat akhir (B)	149,31 gr	155 gr	151,53 gr

Kadar air dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar air} = \frac{A - B}{B} \times 100\% \quad \dots \dots \dots \quad (11)$$

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan diperoleh hasil pemeriksaan kadar air SSD sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar air I} &= \frac{153,85 \text{ gr} - 149,31 \text{ gr}}{149,31 \text{ gr}} \times 100\% \\
 &= 3,04 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar air II} &= \frac{159,71 \text{ gr} - 155 \text{ gr}}{155 \text{ gr}} \times 100\% \\
 &= 3,04 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar air III} &= \frac{156,43 \text{ gr} - 151,53 \text{ gr}}{151,53 \text{ gr}} \times 100\% \\
 &= 3,23 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar air rerata} &= \frac{3,04 + 3,04 + 3,23}{3} \times \% \\
 &= 3,10 \%
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa kadar air SSD agregat kasar progo sebesar 3,10 %.

b. Berat jenis SSD

Berat jenis merupakan salah satu pemeriksaan agregat yang hasilnya diperoleh dengan cara membandingkan antara massa padat dan massa air yang volumenya sama. Hasil pengujian berat jenis agregat kasar progo SSD disajikan pada tabel 34 berikut :

Tabel 34. Hasil Uji Berat Jenis SSD Agregat Kasar Progo

Pemeriksaan (notasi)	Spesimen I	Spesimen II	Spesimen III
Berat pasir (W)	104 gr	101,05 gr	107 gr
Volume awal (A)	200 ml	200 ml	200 ml
Volume akhir (B)	240 ml	240 ml	243 ml

Berat jenis dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

Dari pengujian yang telah dilakukan diperoleh hasil pemeriksaan berat jenis sebagai berikut :

$$\text{Berat jenis I} = \frac{104 \text{ gr}}{240 \text{ ml} - 200 \text{ ml}}$$

= 2,60 gr/ml

$$\text{Berat jenis II} = \frac{101,05 \text{ gr}}{240 \text{ ml} - 200 \text{ ml}}$$

= 2,53 gr/ml

$$\text{Berat jenis III} = \frac{107 \text{ gr}}{243 \text{ ml} - 200 \text{ ml}}$$

= 2,49 gr/ml

$$\text{Berat jenis rerata} = \frac{2,60 + 2,53 + 2,49}{3} \times \text{gr/ml}$$

= 2,54 gr/ml

Hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa berat jenis SSD agregat kasar progo sebesar 2,54 dan telah memenuhi standar berat jenis 2,5 sampai 2,7.

c. Bobot isi gembur

Bobot isi gembur merupakan salah satu pemeriksaan bobot agregat kasar yang hasilnya diperoleh dengan cara membandingkan antara massa padat dan volume sebuah bejana, pengisian bejana tanpa dipadatkan. Hasil pengujian bobot isi gembur agregat halus disajikan pada tabel 35 berikut :

Tabel 35. Hasil Uji Bobot Isi Gembur Agregat Kasar Progo

Pemeriksaan (notasi)	Spesimen I	Spesimen II
Berat awal (A)	10,66 kg	10,66 kg

Berat akhir (B)	30,57 kg	30,85 kg
Diameter bejana (d)	2,56 dm	2,56 dm
Tinggi bejana (t)	2,92 dm	2,92 dm

Bobot isi gembur dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Bobot isi gembur} = \frac{B - A}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t} \quad \dots \dots \dots (13)$$

Dari pengujian yang telah dilakukan diperoleh hasil pemeriksaan bobot isi gembur sebagai berikut :

$$\text{Bobot isi gembur I} = \frac{30,57 \text{ kg} - 10,66 \text{ kg}}{\frac{1}{4} \times \pi \times 2,56 \text{ dm}^2 \times 2,92 \text{ dm}}$$

$$\text{Bobot isi gembur II} = \frac{30,85 \text{ kg} - 10,66 \text{ kg}}{\frac{1}{4} \times \pi \times 2,56 \text{ dm}^2 \times 2,92 \text{ dm}}$$

$$= 1,34 \text{ kg/dm}^3$$

$$\text{Bobot isi rerata} = \frac{1,33 + 1,34}{3} \times \text{kg/dm}^3$$

$$= 1,33 \text{ kg/liter}$$

Hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa bobot isi gembur agregat kasar progo sebesar $1,33 \text{ kg/dm}^3$. Bobot isi gembur dapat digunakan untuk mengetahui berat tiap satuan volume.

d. Bobot isi padat

Bobot isi padat merupakan salah satu pemeriksaan bobot agregat kasar yang hasilnya diperoleh dengan cara membandingkan antara massa padat dan volume

sebuah bejana, pengisian bejana dengan dipadatkan. Hasil pengujian bobot isi padat agregat kasar progo disajikan pada tabel 36 berikut :

Tabel 36. Hasil Uji Bobot Isi Padat Agregat Kasar Progo

Pemeriksaan (notasi)	Spesimen I	Spesimen II
Berat awal (A)	10,79 kg	10,79 kg
Berat akhir (B)	33,98 kg	34,98 kg
Diameter bejana (d)	2,56 dm	2,56 dm
Tinggi bejana (t)	2,92 dm	2,92 dm

Bobot isi padat dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Bobot isi padat} = \frac{B - A}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t} \quad \dots \dots \dots \quad (14)$$

Dari pengujian yang telah dilakukan diperoleh hasil pemeriksaan bobot isi padat sebagai berikut :

$$\text{Bobot isi padat I} = \frac{33,98 \text{ kg} - 10,79 \text{ kg}}{\frac{1}{4} \times \pi \times 2,56 \text{ dm}^2 \times 2,92 \text{ dm}}$$

$$= 1,54 \text{ kg/dm}^3$$

$$\text{Bobot isi padat II} = \frac{34,98 \text{ kg} - 10,79 \text{ kg}}{\frac{1}{4} \times \pi \times 2,56 \text{ dm}^2 \times 2,92 \text{ dm}}$$

$$= 1,61 \text{ kg/liter}$$

$$\text{Bobot isi rerata} = \frac{1,54 + 1,61}{3} \times \text{kg/liter}$$

$$= 1,58 \text{ kg/liter}$$

Hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa bobot isi padat agregat kasar progo sebesar 1,58 kg/liter. Bobot isi padat dapat digunakan untuk mengetahui berat agregat tiap satuan volume yang telah dipadatkan.

e. Modulus kehalusan butir

Menurut Tri Mulyono (2005) modulus halus butir (*Finnes Modulus*) atau biasa disingkat MHB/MKB adalah suatu indek yang dipakai untuk mngukur kehalusan butir-butir agregat. MHB didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir agregat yang tertinggal di atas satu set ayakan (38; 19; 9,6; 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3 dan 0,15 mm), kemudian angka tersebut dibagi dengan seratus. Umumnya agregat kasar mempunyai MHB sekitar 5,00 sampai 8,00. Hasil pengujian modulus kehalusan butir terhadap agregat kasar progo disajikan pada tabel 37 berikut :

Tabel 37. MKB Agregat Kasar Progo

No.	Ukuran (mm)	Berat tertinggal (gr)	Tertinggal (%)	Tertinggal kumulatif (%)
12	50	0	0	0
11	38,1	0	0	0
10	25	0	0	0
9	19	329	8,23	8,23
8	12,5	2331	58,28	66,51
7	9,5	1121	28,03	94,53
6	4,75	207	5,18	99,71
5	2,36	8,8	0,22	99,93
4	1,18	1,3	0,03	99,96
3	0,60	0,83	0,02	99,98
2	0,30	0,7	0,02	100
1	0,15	-	-	-
0	<0,15	-	-	-
Jumlah		3999,63	100	768,85

Modulus kehalusan butir dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{MKB} &= \frac{\text{Persen tertinggal kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{768,85}{100} \\
 &= 7,69
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa modulus kehalusan butir agregat kasar progo sebesar 7,69 dan telah memenuhi standar MKB dari 5,00 sampai 8,00.

3. Hubungan antara kuat tekan beton dengan Perkiraan Kuat Tekan dengan *Hammer Test*

a. Hubungan antara kuat tekan *hammer test* dengan kuat tekan beton umur 7 hari

Hasil pembacaan kuat tekan *hammer test* beton pada penelitian didapatkan dari penembakan beton pada saat pengujian angka pantul beton sedangkan hasil uji kuat tekan didapatkan dari luas penampang benda uji (mm^2) dan beban maksimal (N) masing-masing benda uji. Hasil pengujian angka pantul pada benda uji beton pada umur 7 hari disajikan pada tabel 38 berikut :

Tabel 38. Hasil Pengujian angka pantul beton 7 hari

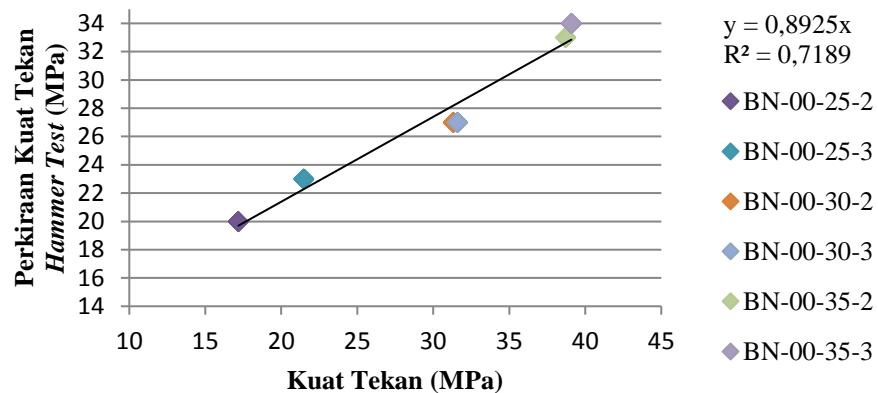
No Spesimen	Angka Pantul (R)										Perkiraan Kuat Tekan (MPa)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
BN-00-25-02	28	28	28	27	25	24	24	27	27	30	20
BN-00-25-03	29	32	28	28	30	24	24	31	30	26	23
BN-00-30-02	33	31	30	33	29	29	34	30	30	30	27
BN-00-30-03	32	35	33	31	31	30	30	30	33	30	27
BN-00-35-02	38	34	32	31	34	34	38	37	37	31	33
BN-00-35-03	37	37	38	37	36	38	33	33	38	35	34

Hasil pengujian kuat tekan pada benda uji beton pada umur 7 hari disajikan pada tabel 39 berikut :

Tabel 39. Hasil Pengujian Kuat tekan Umur 7 hari.

No.	Spesimen	Luas (mm^2)	P (N)	Kuat Tekan $f'c$ (MPa)
1	BN-00-25-02	17756,83	305000	17,18
2	BN-00-25-03	17686,06	380000	21,49
3	BN-00-30-02	17715,53	555000	31,33
4	BN-00-30-03	18041,31	570000	31,59
5	BN-12-35-02	18041,31	620000	38,71
6	BN-12-35-03	17821,82	530000	39,09

Dari hasil pengujian laboratorium dan hasil analisa perhitungan sehingga diperoleh grafik hubungan antara kuat tekan dengan *compressive testing machine* dengan perkiraan kuat tekan beton dengan *hammer test* pada gambar 39 di bawah ini :



Gambar 39. Grafik hubungan Kuat Tekan Beton dengan Kuat Tekan *Hammer Test* umur 7 hari.

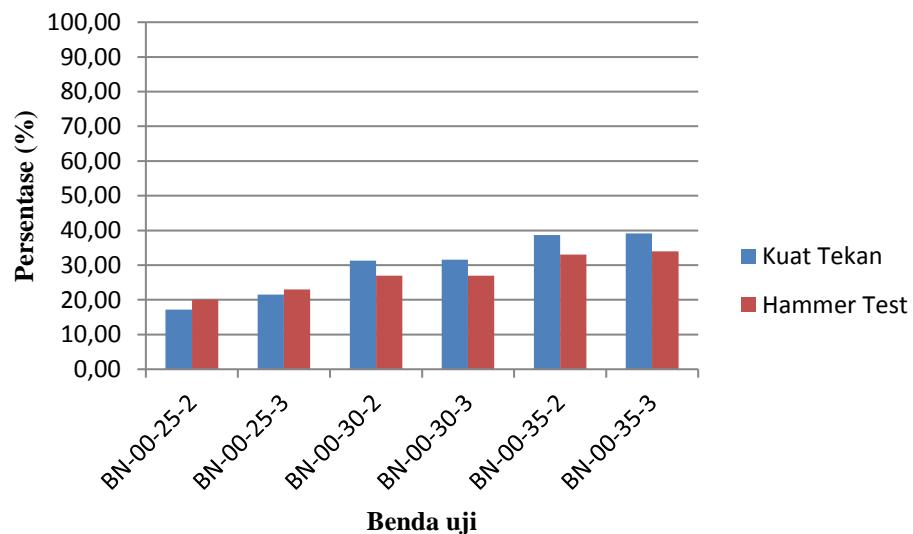
Berdasarkan gambar 39 diatas kuat tekan *hammer test* dan kuat tekan beton memiliki hasil yang berbeda serta memiliki *uptrend line* yang berarti semakin tinggi nilai kuat tekan beton nilai kuat tekan *hammer test* juga semakin tinggi. Dengan begitu metode *non-destructive* test dengan menghubungkan antara kuat tekan dengan kuat tekan *hammer test* dapat digunakan sebagai indikasi awal pengecekan kekuatan struktur dan *quality control* di lapangan. Pada gambar 39 terlihat ada beberapa data yang jauh dari *trendline* ini disebabkan karena saat pengujian angka pantul benda uji masih dalam keadaan lembab karena pada saat pengeringan benda uji dari perendaman benda uji terkena hujan. Dari hasil diatas didapatkan persentase selisih antara kuat tekan dengan kuat tekan hammer test ditampilkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 40. Selisih kuat tekan *hammer test* dengan kuat tekan mesin

Spesimen	Kuat Tekan (MPa)	Hammer Test (MPa)	selisih	Selisih (%)
----------	------------------	-------------------	---------	-------------

BN-00-25-2	17.18	20	2.82	14.12%
BN-00-25-3	21.49	23	1.51	6.58%
BN-00-30-2	31.33	27	4.33	13.82%
BN-00-30-3	31.59	27	4.59	14.54%
BN-00-35-2	38.71	33	5.71	14.76%
BN-00-35-3	39.09	34	5.09	13.02%

Dari tabel persentase diatas didapatkan grafik persentase antara kuat tekan dengan kuat tekan *hammer test* berikut :



Gambar 40. Diagram selisih kuat tekan *hammer test* dengan kuat tekan mesin

Dari grafik persentase diatas kekuatan tekan beton menggunakan *hammer test* pada kuat tekan rencana 25 MPa memiliki kekuatan tekan lebih besar dari kuat tekan menggunakan mesin dan pada kuat tekan rencana 30 MPa sampai 35 MPa kuat tekan menggunakan mesin lebih tinggi daripada kuat tekan menggunakan *hammer test*.

b. Hubungan antara kuat tekan *hammer test* dengan kuat tekan beton umur 14 hari.

Hasil pembacaan kuat tekan *hammer test* beton pada penelitian didapatkan dari penembakan beton pada saat pengujian angka pantul beton sedangkan hasil uji kuat tekan didapatkan dari luas penampang benda uji (mm^2) dan beban maksimal

(N) masing-masing benda uji. Hasil pengujian angka pantul pada benda uji beton pada umur 14 hari disajikan pada tabel 41 berikut :

Tabel 41. Hasil Pengujian angka pantul beton umur 14 hari

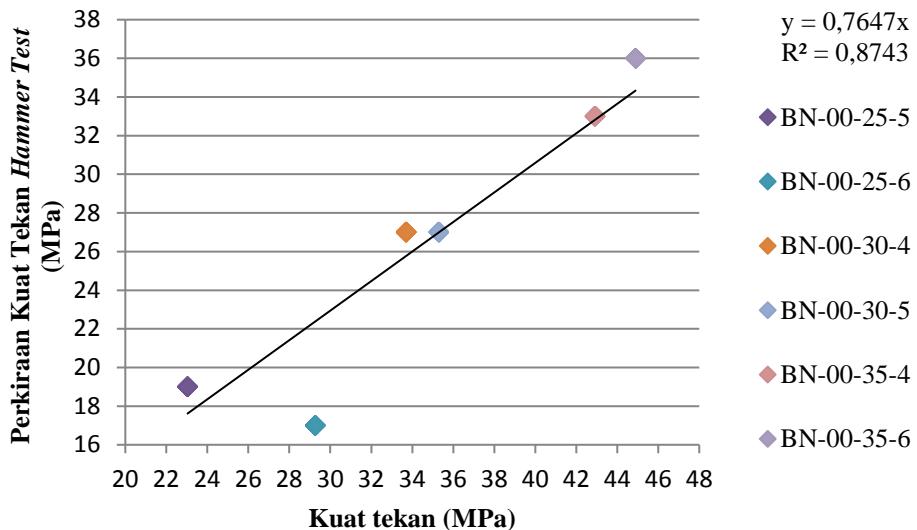
No Spesimen	Angka Pantul (R)										Perkiraan Kuat Tekan (MPa)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
BN-00-25-05	24	27	27	26	21	22	26	25	25	26	19
BN-00-25-06	23	23	26	24	23	22	20	26	26	25	17
BN-00-30-04	31	34	31	32	30	32	29	31	29	32	27
BN-00-30-05	32	32	32	31	33	32	32	31	30	32	27
BN-00-35-04	35	39	36	34	34	36	35	34	38	36	33
BN-00-35-06	36	38	37	39	39	38	36	34	36	37	36

Hasil pengujian kuat tekan pada benda uji beton pada umur 14 hari disajikan pada tabel 42 berikut :

Tabel 42. Hasil Pengujian Kuat Tekan beton umur 14 hari

No.	Spesimen	Luas (mm ²)	P (N)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	BN-00-25-05	17798,17	410000	23,04
2	BN-00-25-06	17774,54	520000	29,26
No.	Spesimen	Luas (mm ²)	P (N)	Kuat Tekan f'c (MPa)
3	BN-00-30-04	17809,99	600000	33,68
4	BN-00-30-05	17709,63	625000	35,29
5	BN-12-35-04	17946,23	770000	42,91
6	BN-12-35-06	17709,63	795000	44,89

Dari hasil pengujian laboratorium dan hasil analisa perhitungan sehingga diperoleh grafik hubungan antara kuat tekan dengan *compressive testing machine* dengan perkiraan kuat tekan beton dengan *hammer test* pada gambar 40 di bawah ini :



Gambar 41. Grafik hubungan Kuat Tekan Beton dengan Kuat Tekan *Hammer Test* umur 14 hari.

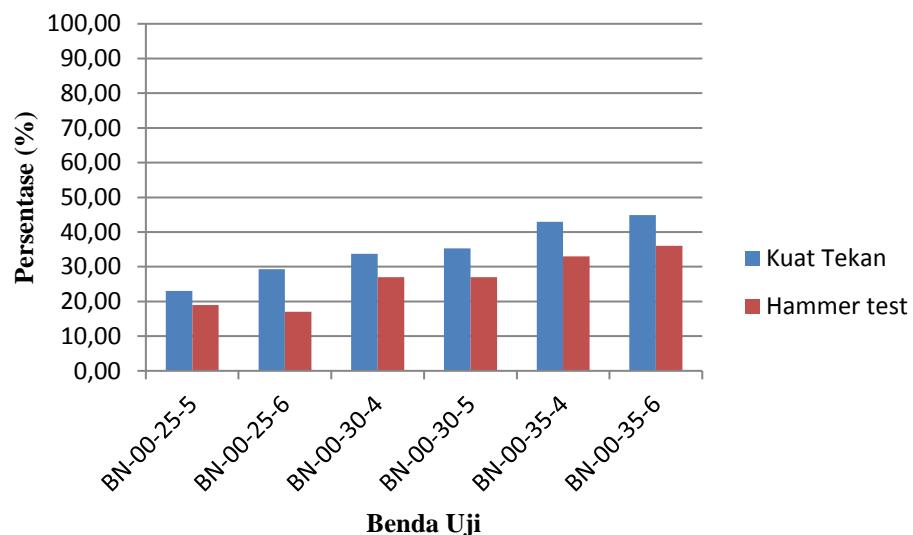
Berdasarkan gambar 41 diatas kuat tekan *hammer test* dan kuat tekan beton memiliki hasil yang berbeda serta memiliki *uptrend line* yang berarti semakin tinggi nilai kuat tekan beton nilai kuat tekan *hammer test* juga semakin tinggi. Dengan begitu metode *non-destructive* test dengan menghubungkan antara kuat tekan dengan kuat tekan *hammer test* dapat digunakan sebagai indikasi awal pengecekan kekuatan struktur dan *quality control* di lapangan. Pada gambar 40 terlihat ada beberapa data yang jauh dari *trendline* ini disebabkan karena saat pengujian angka pantul benda uji masih dalam keadaan lembab karena pada saat pengeringan benda uji dari perendaman benda uji terkena hujan. Dari hasil diatas didapatkan persentase selisih antara kuat tekan dengan kuat tekan hammer test ditampilkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 43. Selisih kuat tekan *hammer test* dengan kuat tekan mesin

Spesimen	Kuat Tekan	Hammer test	selisih	selisih %
BN-00-25-5	23.04	19	4.04	17.52%
BN-00-25-6	29.26	17	12.26	41.89%
BN-00-30-4	33.69	27	6.69	19.86%
BN-00-30-5	35.29	27	8.29	23.49%

BN-00-35-4	42.91	33	9.91	23.09%
BN-00-35-6	44.89	36	8.89	19.81%

Dari tabel persentase diatas didapatkan grafik persentase antara kuat tekan dengan kuat tekan *hammer test* berikut :



Gambar 42. Diagram selisih kuat tekan *hammer test* dengan kuat tekan mesin

Dari grafik persentase diatas kekuatan tekan beton menggunakan mesin memiliki kekuatan tekan lebih besar dari kuat tekan menggunakan *hammer test*.

c. Hubungan antara kuat tekan *hammer test* dengan kuat tekan beton umur 28 hari.

Hasil pembacaan angka pantul beton pada penelitian didapatkan dari penembakan beton pada saat pengujian angka pantul beton sedangkan hasil uji kuat tekan didapatkan dari luas penampang benda uji (mm^2) dan beban maksimal (N) masing-masing benda uji. Hasil pengujian angka pantul pada benda uji beton pada umur 28 hari disajikan pada tabel 44 berikut :

Tabel 44. Hasil Pengujian Angka Pantul Beton umur 28 hari

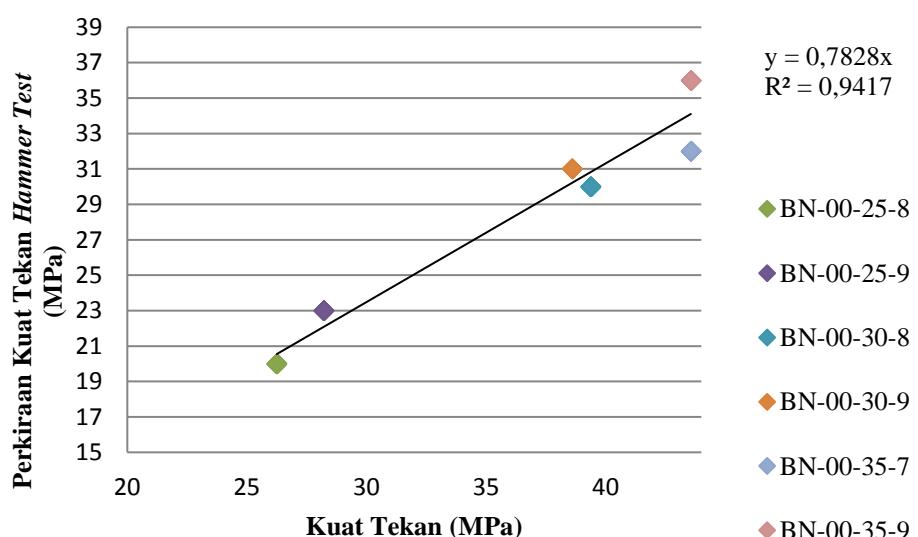
No Spesimen	Angka Pantul (R)										Perkiraan Kuat Tekan (MPa)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
BN-00-25-08	28	27	26	25	25	25	24	25	27	27	20
BN-00-25-09	30	25	28	30	32	30	29	26	28	26	23
BN-00-30-08	33	36	34	34	31	37	33	31	32	30	30
BN-00-30-09	34	33	36	32	35	32	32	35	38	35	31
BN-00-35-07	31	37	34	31	34	36	37	36	34	33	32
BN-00-35-09	34	40	38	40	37	36	35	36	37	40	36

Hasil pengujian kuat tekan pada benda uji beton pada umur 28 hari disajikan pada tabel 45 berikut :

Tabel 45. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 hari

No.	Spesimen	Luas (mm ²)	P (N)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	BN-00-25-08	17521,48	460000	26,25
2	BN-00-25-09	18071,07	510000	28,22
3	BN-00-30-08	18029,41	710000	39,38
4	BN-00-30-09	18005,63	695000	38,60
5	BN-12-35-07	17674,28	770000	43,57
6	BN-12-35-09	17445,33	760000	43,56

Dari hasil pengujian laboratorium dan hasil analisa perhitungan sehingga diperoleh grafik hubungan antara kuat tekan beton dengan angka pantul beton pada gambar 43 di bawah ini :



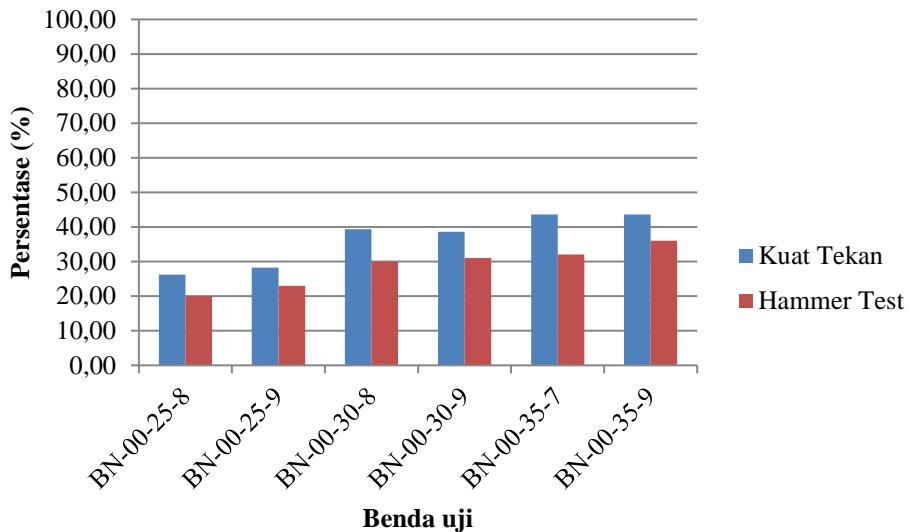
Gambar 43. Grafik hubungan Kuat Tekan Beton dengan Kuat tekan *Hammer Test* umur 28 hari

Berdasarkan gambar 43 diatas kuat tekan hammer test dan kuat tekan beton memiliki hasil yang berbeda serta memiliki *uptrend line* yang berarti semakin tinggi nilai kuat tekan beton nilai kuat tekan *hammer test* juga semakin tinggi. Dengan begitu metode *non-destructive* test dengan menghubungkan antara kuat tekan dengan kuat tekan *hammer test* dapat digunakan sebagai indikasi awal pengecekan kekuatan struktur dan *quality control* di lapangan. Pada gambar 41 terlihat ada beberapa data yang jauh dari *trendline* ini disebabkan karena saat pengujian angka pantul benda uji masih dalam keadaan lembab karena pada saat pengeringan benda uji dari perendaman benda uji terkena hujan. Dari hasil diatas didapatkan persentase selisih antara kuat tekan dengan kuat tekan hammer test ditampilkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 46. Selisih kuat tekan *hammer test* dengan kuat tekan mesin

Spesimen	Kuat Tekan (MPa)	Hammer Test (MPa)	selisih	Selisih (%)
BN-00-25-8	26.25	20	6.25	23.82%
BN-00-25-9	28.22	23	5.22	18.50%
BN-00-30-8	39.38	30	9.38	23.82%
BN-00-30-9	38.60	31	7.60	19.69%
BN-00-35-7	43.57	32	11.57	26.55%
BN-00-35-9	43.56	36	7.56	17.36%

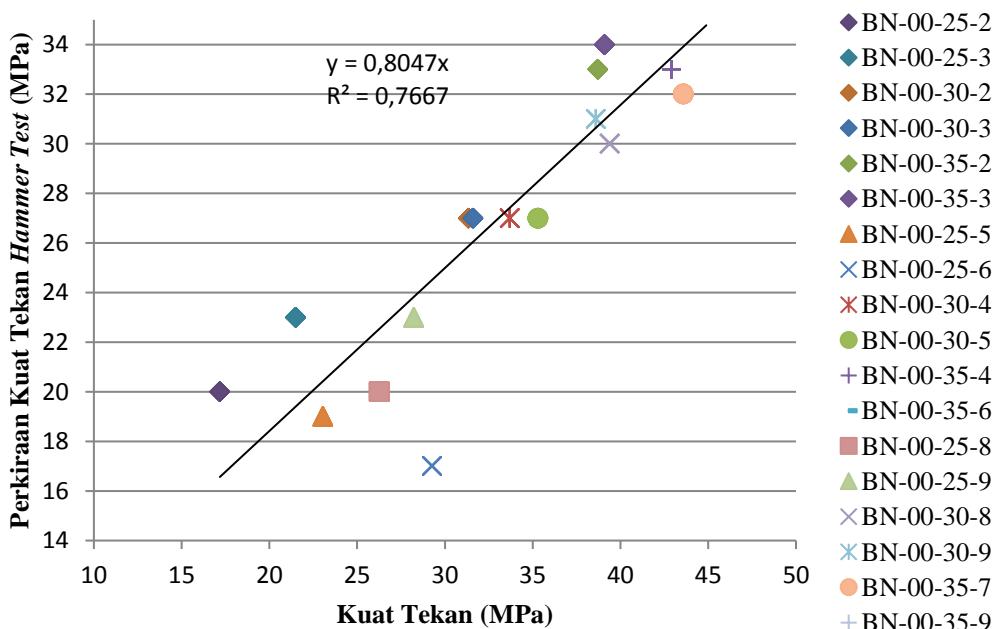
Dari tabel persentase diatas didapatkan grafik persentase antara kuat tekan dengan kuat tekan *hammer test* berikut :



Gambar 44. Diagram selisih kuat tekan *hammer test* dengan kuat tekan mesin

Dari grafik persentase diatas kekuatan tekan beton menggunakan mesin memiliki kekuatan tekan lebih besar dari kuat tekan menggunakan *hammer test*.

Dari hasil pengujian laboratorium dan hasil analisa perhitungan sehingga diperoleh grafik hubungan antara kuat tekan beton dengan angka pantul beton pada berbagai umur seperti gambar 45 di bawah ini :



Gambar 45. Grafik hubungan Kuat Tekan Beton dengan Kuat Tekan *Hammer Test* umur 7, 14, dan 28 hari

Berdasarkan gambar 45 diatas kuat tekan *hammer test* dan kuat tekan beton memiliki hasil yang berbeda serta memiliki *uptrend line* yang berarti semakin tinggi nilai kuat tekan beton nilai kuat tekan *hammer test* juga semakin tinggi. Dengan begitu metode *non-destructive* test dengan menghubungkan antara kuat tekan dengan kuat tekan *hammer test* dapat digunakan sebagai indikasi awal pengecekan kekuatan struktur dan *quality control* di lapangan. Pada gambar 41 terlihat ada beberapa data yang jauh dari *trendline* ini disebabkan karena saat pengujian angka pantul benda uji masih dalam keadaan lembab karena pada saat pengeringan benda uji dari perendaman benda uji terkena hujan.

4. Perkembangan Kuat Tekan Beton.

Perkembangan kuat tekan diperoleh dari hasil selisih kuat tekan umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari terhadap kuat tekan umur 28 hari dan dinyatakan dalam satuan persen. Berikut disajikan data laju perkembangan kuat tekan beton sebagai berikut :

- Kuat Tekan Mesin dengan perkiraan Kuat Tekan Menggunakan *Hammer Test* varian 25 MPa

Perkembangan kuat tekan beton umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari varian 25 MPa dengan kuat tekan mesin disajikan pada tabel berikut :

Tabel 47. Perkembangan Kuat Tekan varian 25 MPa menggunakan mesin

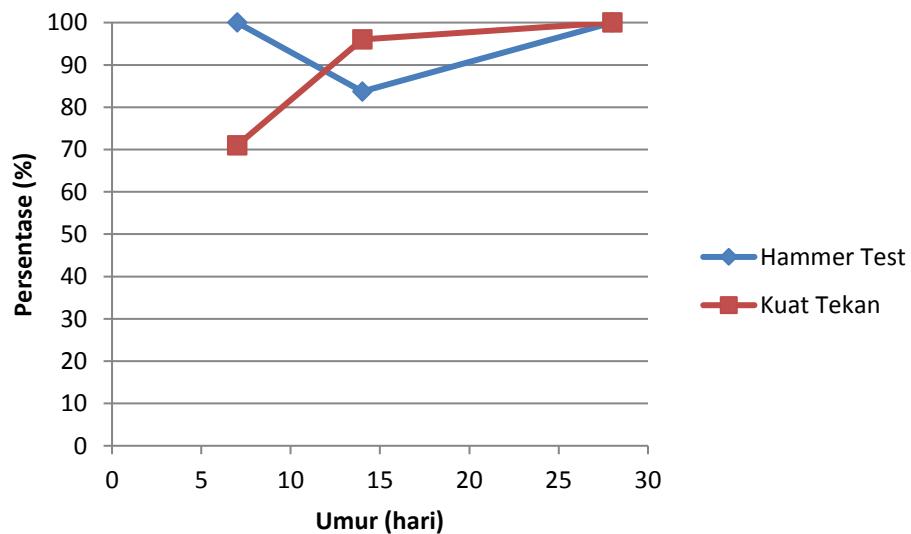
Spesimen	Kuat tekan (MPa)	Rerata (MPa)	Selisih Terhadap Umur 28 hari (MPa)	Persen (%)	Umur (hari)
BN-00-25-2	17.18	19.33	7.91	71	7
BN-00-25-3	21.49				
BN-00-25-5	23.04	26.15	1.09	96	14
BN-00-25-6	29.26				
BN-00-25-8	26.25	27.24	0.00	100	28
BN-00-25-9	28.22				

Perkembangan kuat tekan beton umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari varian 25 MPa dengan perkiraan kuat tekan *hammer test* disajikan pada tabel berikut :

Tabel 48. Perkembangan Kuat Tekan varian 25 MPa menggunakan *hammer test*

Spesimen	Kuat tekan (MPa)	Rerata (MPa)	Selisih Terhadap Umur 28 hari (MPa)	Persen (%)	Umur (hari)
BN-00-25-2	20	21.5	0.00	100	7
BN-00-25-3	23				
BN-00-25-5	19	18	3.50	84	14
BN-00-25-6	17				
BN-00-25-8	20	21.5	0.00	100	28
BN-00-25-9	23				

Dari hasil pengujian dan hasil analisa perhitungan sehingga diperoleh grafik perkembangan kuat tekan seperti Gambar sebagai berikut :



Gambar 46. Perkembangan antara Kuat tekan beton menggunakan mesin dengan Perkiraan Kuat Tekan Beton dengan *Hammer test*

Perkembangan kuat tekan varian 25 MPa menggunakan mesin lebih tinggi dibanding perkiraan kuat tekan beton dengan *hammer test* ini menunjukkan bahwa pada umur 7 hari deviasi perbedaan antara kuat tekan menggunakan mesin dengan perkiraan kuat tekan dengan *hammer test* cukup berbeda.

- b. Kuat Tekan Mesin dengan perkiraan Kuat Tekan Menggunakan *Hammer Test* varian 30 MPa

Perkembangan kuat tekan beton umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari varian 30 MPa dengan kuat tekan mesin disajikan pada tabel berikut :

Tabel 49. Perkembangan Kuat Tekan varian 30 MPa menggunakan mesin

Spesimen	Kuat tekan (MPa)	Rerata (MPa)	Selisih Terhadap Umur 28 hari (MPa)	Persen (%)	Umur (hari)
BN-00-30-2	31.33	31.46	7.53	81	7
BN-00-30-3	31.59				
BN-00-30-4	33.69	34.49	4.50	88	14
BN-00-30-5	35.29				
BN-00-30-8	39.38	38.99	0.00	100	28
BN-00-30-9	38.60				

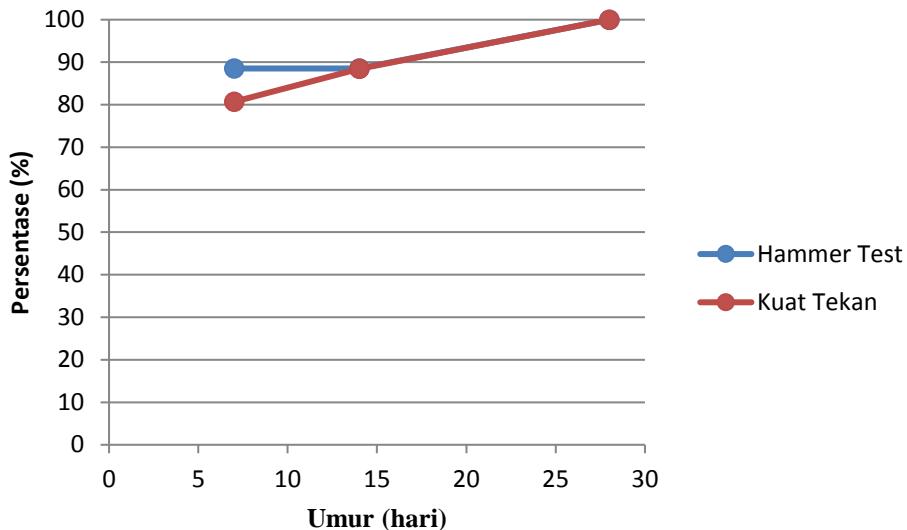
Perkembangan kuat tekan beton umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari varian 30 MPa dengan perkiraan kuat tekan *hammer test* disajikan pada tabel berikut :

Tabel 50. Perkembangan Kuat Tekan varian 30 MPa menggunakan *hammer test*

Spesimen	Kuat tekan (MPa)	Rerata (MPa)	Selisih Terhadap Umur 28 hari (MPa)	Persen (%)	Umur (hari)
BN-00-30-2	27	27	3.50	89	7
BN-00-30-3	27				
BN-00-30-4	27	27	3.50	89	14
BN-00-30-5	27				

Spesimen	Kuat tekan (MPa)	Rerata (MPa)	Selisih Terhadap Umur 28 hari (MPa)	Persen (%)	Umur (hari)
BN-00-30-8	30	30.5	0.00	100	28
BN-00-30-9	31				

Dari hasil pengujian dan hasil analisa perhitungan sehingga diperoleh grafik perkembangan kuat tekan seperti Gambar sebagai berikut :



Gambar 47. Perkembangan antara Kuat tekan beton menggunakan mesin dengan Perkiraan Kuat Tekan Beton dengan *Hammer test*

Perkembangan kuat tekan varian 30 MPa menggunakan mesin lebih tinggi dibanding perkiraan kuat tekan beton dengan *hammer test* ini menunjukkan bahwa pada umur 7 hari deviasi perbedaan antara kuat tekan menggunakan mesin dengan perkiraan kuat tekan dengan *hammer test* cukup berbeda.

- c. Kuat Tekan Mesin dengan perkiraan Kuat Tekan Menggunakan Hammer Test varian 35 MPa

Perkembangan kuat tekan beton umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari varian 35 MPa dengan kuat tekan mesin disajikan pada tabel berikut :

Tabel 51. Perkembangan Kuat Tekan varian 35 MPa menggunakan mesin

Spesimen	Kuat tekan (MPa)	Rerata (MPa)	Selisih Terhadap Umur 28 hari (MPa)	Persen (%)	Umur (hari)
BN-00-35-2	38.71	38.90	4.66	89	7
BN-00-35-3	39.09				
BN-00-35-4	42.91	43.90	-0.33	101	14
BN-00-35-6	44.89				
BN-00-35-7	43.57	43.57	0.00	100	28
BN-00-35-9	43.56				

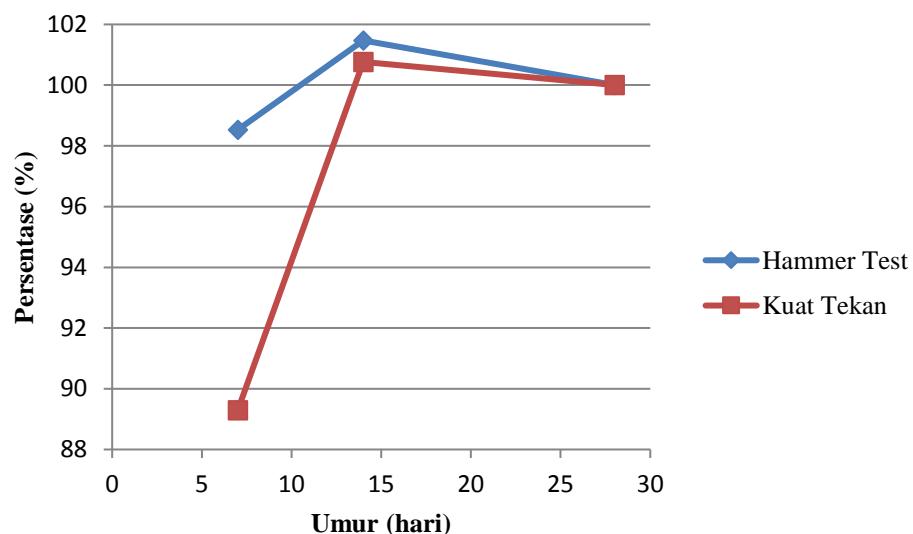
Perkembangan kuat tekan beton umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari varian 35 MPa

dengan perkiraan kuat tekan *hammer test* disajikan pada tabel berikut :

Tabel 52. Perkembangan Kuat Tekan varian 35 MPa menggunakan *hammer test*

Spesimen	Kuat tekan (MPa)	Rerata (MPa)	Selisih Terhadap Umur 28 hari (MPa)	Persen (%)	Umur (hari)
BN-00-35-2	33				
BN-00-35-3	34	33.5	0.50	99	7
BN-00-35-4	33				
BN-00-35-6	36	34.5	-0.50	101	14
BN-00-35-7	32				
BN-00-35-9	36	34	0.00	100	28

Dari hasil pengujian dan hasil analisa perhitungan sehingga diperoleh grafik perkembangan kuat tekan seperti Gambar sebagai berikut :



Gambar 48. Perkembangan antara Kuat tekan beton menggunakan mesin dengan Perkiraan Kuat Tekan Beton dengan *Hammer test*

Perkembangan kuat tekan varian 30 MPa menggunakan mesin lebih tinggi dibanding perkiraan kuat tekan beton dengan *hammer test* ini menunjukkan bahwa pada umur 7 hari deviasi perbedaan antara kuat tekan menggunakan mesin dengan perkiraan kuat tekan dengan *hammer test* cukup berbeda.