

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium dengan menggunakan sampel agregat kasar (Batu Pecah) dan agregat halus (Pasir) yang diambil dari Quarry Noefefan, kedua sampel ini kemudian diuji sifat – sifat fisiknya meliputi : Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air, Gradasi dan Abrasi. Selanjutnya dilakukan pengujian sifat – sifat mekanis yaitu pengujian kompaksi/pemadatan (modified proctor) dengan kadar air optimum pada variasi Semen 8.0%, 9.0%, 10.0%, 11.0%, dan 12.0%, setelah perawatan selama 7 hari.

Sedangkan data detail hasil pengujian dan perhitungan di laboratorium akan disajikan secara lengkap pada bagian lampiran laporan ini.

Pengambilan sampel material yaitu berupa agregat kasar (batu pecah $1\frac{1}{2}$ " dan batu pecah $\frac{3}{4}$ "), agregat halus (pasir) dilakukan di tempat penyimpanan (*stock pile*) pada PT. Empat Saudara Oe-Cusse, Timor-Leste. Sedangkan untuk Semen menggunakan semen Tonasa yang diperoleh dari toko bangunan yang ada di Kota Kupang.

Sampel material agregat kasar dan agregat halus yang berada di Quarry Noefefan ditumpuk berdasarkan jenisnya. Tumpukan – tumpukan material terdiri dari batu pecah, pasir. Batu pecah yang dihasilkan merupakan hasil dari *stone crusher*. Adapun peralatan yang digunakan antara lain sekop, karung, dan spidol. Material diambil menggunakan metode *Systematic Random Sampling*. Cara pengambilan dilakukan dengan menyekop material yang berada pada masing-masing tumpukan dan dimasukkan ke dalam karung. Penyekopan dilakukan dari segala arah, yaitu bagian bawah, tengah, samping kiri dan samping kanan. Tujuan dari penggunaan metode ini adalah untuk mendapatkan sampel yang benar-benar mewakili keseluruhan material yang terdapat pada Quarry Noefefan. Setelah pengambilan sampel yang telah dikumpulkan dibawa ke Laboratorium Jalan Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Nusa Tenggara Timur untuk dilakukan pengujian.

4.2. Persiapan Material dan Pemeriksaan Pengujian Material

4.2.1. Persiapan Material

Pekerjaan persiapan peralatan dilakukan sebelum melakukan pengujian material. Peralatan untuk perencanaan campuran di laboratorium meliputi antara lain alat untuk alat *Quartering*, satu set saringan (1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100 dan No.200), Timbangan, Sheave Sheaker, Mesin Los Angeles, Cetakan benda uji, Mesin penumbuk, Water bath, Mesin Campuran/Mixer, Mesin MBT, Oven dan Alat bantu lainnya. Setiap alat yang digunakan dalam penelitian harus dalam kondisi baik, untuk timbangan sebelum digunakan harus dikalibrasi, sehingga diperoleh hasil yang maksimal.

4.2.2. Pemeriksaan Pengujian Material

Material yang akan disiapkan sebagai material adalah :

1. Agregat kasar berupa batuh pecah 1 $\frac{1}{2}$ ".
2. Agregat halus berupa pasir
3. Semen (Portland PPC)

Di laboratorium material diambil dengan menggunakan cara *Quartering*, dimana sebelum dilakukan pengujian masing-masing dibagi atas dua bagian agar seluruh material yang ada dapat terwakili.

4.3. Data

Dalam penelitian ini menggunakan dua data yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data primer yang disajikan untuk pengujian agregat kasar dan agregat halus yakni :
 - a. Pengujian analisis saringan, berat jenis penyerapan air gradasi dan abrasi pada agregat kasar.
 - b. Pengujian analisis saringan, berat jenis dan penyerapan air dan gradasi pada agregat halus.
2. Data sekunder diperoleh dari Laboratorium Jalan Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Bidang Bina Marga Provinsi Nusa Tenggara Timur, yaitu dengan menggunakan semen.

4.3.1. Data Primer

4.3.1.1. Pengujian Material Agregat Kasar

Berikut ini adalah hasil pengujian agregat kasar yang berasal dari *Quarry* Noefefan District Oe-Cusse. Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah 1 ½" dan ¾". Perhitungan terhadap pengujian agregat kasar adalah sebagai berikut :

4.3.1.1.1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air pada Agregat 1 ½"

Agregat yang dipakai dalam pengujian ini adalah agregat dengan ukuran 1 ½ ", atau agregat yang tertahan saringan No.4 yang berasal dari *Quarry* Noefefan *District* Oe-Cusse.

Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat air kasar dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar 1 ½"

PENGUJIAN BERAT JENIS PENYERAPAN AIR AGREGAT KASAR / BATU PECAH 1 1/2" SNI 03-1969-2008 Batu Pecah Quarry Noefefan			
Uraian	I	II	Satuan
Berat benda uji kering permukaan jenuh (Bj)	4980,00	5325,00	gram
Berat benda uji di dalam air (Ba)	3035,00	3279,00	gram
Berat benda uji kering oven (Bk)	4946,00	5290,00	gram
Uraian	I	II	Rata-Rata
Berat Jenis (bulk) $\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2,543	2,586	2,564
Berat Jenis (SSD) $\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,560	2,603	2,582
Berat Jenis (apparent) $\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,588	2,631	2,609
Penyerapan Air $\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	0,687	0,662	0,675

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium PU NTT

Perhitungan Agregat Kasar / Batu Pecah 1 ½ " (37.80 mm) :

1. Berat Jenis (*Bulk*) :

$$I = \frac{Bk}{Bj - Ba} = \frac{4946}{4980 - 3035} = \frac{4946}{1945} = 2.543 \text{ gram}$$

$$II = \frac{Bk}{Bj - Ba} = \frac{5290}{5325 - 3279} = \frac{5290}{1945} = 2.586 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Rata - Rata} = \frac{2.543 + 2.586}{2} = \frac{5.129}{2} = \mathbf{2.565 \text{ gram}}$$

2. Berat Jenis (SSD) :

$$\text{I} = \frac{B_j}{B_j - B_a} = \frac{4980}{4980 - 3035} = \frac{4980}{1945} = \mathbf{2.560 \text{ gram}}$$

$$\text{II} = \frac{B_j}{B_j - B_a} = \frac{5325}{5325 - 3279} = \frac{5325}{1945} = \mathbf{2.603 \text{ gram}}$$

$$\text{Berat Rata - Rata} = \frac{2.560 + 2.603}{2} = \frac{5.163}{2} = \mathbf{2.582 \text{ gram}}$$

3. Berat Jenis (*Apparent*) :

$$\text{I} = \frac{B_k}{B_k - B_a} = \frac{4946}{4946 - 3035} = \frac{4946}{1945} = \mathbf{2.588 \text{ gram}}$$

$$\text{II} = \frac{B_k}{B_k - B_a} = \frac{5290}{5290 - 3279} = \frac{5290}{2011} = \mathbf{2.630 \text{ gram}}$$

$$\text{Berat Rata - Rata} = \frac{2.588 + 2.630}{2} = \frac{5.218}{2} = \mathbf{2.609 \text{ gram}}$$

4. Penyerapan Air :

$$\text{I} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% = \frac{4980 - 4946}{4946} \times 100\% = \mathbf{0.675 \%}$$

$$\text{II} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% = \frac{5325 - 5290}{5290} \times 100\% = \mathbf{0.646 \%}$$

$$\text{Berat Rata - Rata} = \frac{0.675 + 0.646}{2} = \frac{1.321}{2} = \mathbf{0.661 \%}$$

$$\text{Penyerapan Air (Absorption)} = 0.661 \%$$

$$\text{Spesifikasi} = \text{Max } 3\%$$

4.3.1.1.2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat $\frac{3}{4}$ "

Agregat yang dipakai dalam pengujian ini adalah agregat dengan ukuran $\frac{3}{4}$ ", atau agregat yang tertahan saringan No.4 yang berasal dari *Quarry Noefefan District Oe-Cusse*. Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat air kasar dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar ¾"

PENGUJIAN BERAT JENIS PENYERAPAN AIR AGREGAT KASAR / BATU PECAH ¾" SNI 03-1969-2008 Batu Pecah Quarry Noefefan			
Uraian	I	II	Satuan
Berat benda uji kering permukaan jenuh (Bj)	3071,00	3563,00	gram
Berat benda uji di dalam air (Ba)	1853,00	2151,00	gram
Berat benda uji kering oven (Bk)	3048,00	3536,00	gram
Uraian	I	II	Rata-Rata
Berat Jenis (bulk) $\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2,502	2,504	2,503
Berat Jenis (SSD) $\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,521	2,523	2,522
Berat Jenis (apparent) $\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,551	2,553	2,552
Penyerapan Air $\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	0,755	0,764	0,759

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium PU NTT

Perhitungan Agregat Kasar / Batu Pecah ¾" (19.00 mm) :

1. Berat Jenis (Bulk) :

$$I = \frac{Bk}{Bj - Ba} = \frac{3048}{3071 - 1853} = \frac{3048}{1218} = 2.502 \text{ gram}$$

$$II = \frac{Bk}{Bj - Ba} = \frac{3536}{3563 - 2151} = \frac{3536}{1412} = 2.504 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Rata - Rata} = \frac{2.502 + 2.504}{2} = \frac{5.006}{2} = 2.503 \text{ gram}$$

2. Berat Jenis (SSD) :

$$I = \frac{Bj}{Bj - Ba} = \frac{3071}{3071 - 1853} = \frac{3071}{1218} = 2.521 \text{ gram}$$

$$II = \frac{Bj}{Bj - Ba} = \frac{3563}{3563 - 2151} = \frac{3563}{1412} = 2.523 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Rata - Rata} = \frac{2.521 + 2.523}{2} = \frac{5.044}{2} = 2.522 \text{ gram}$$

3. Berat Jenis (Apparent) :

$$I = \frac{Bk}{Bk - Ba} = \frac{3048}{3048 - 1853} = \frac{3048}{1218} = 2.551 \text{ gram}$$

$$II = \frac{Bk}{Bk - Ba} = \frac{3536}{3536 - 2151} = \frac{3536}{2011} = 2.553 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Rata - Rata} = \frac{2.551 + 2.553}{2} = \frac{5.104}{2} = 2.552 \text{ gram}$$

4. Penyerapan Air :

$$I = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% = \frac{3071 - 3536}{3536} \times 100\% = 0.755 \%$$

$$II = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% = \frac{3563 - 3536}{3536} \times 100\% = 0.761 \%$$

$$\text{Berat Rata - Rata} = \frac{0.755 + 0.761}{2} = \frac{1.516}{2} = 0.759 \%$$

$$\text{Penyerapan Air (Absorption)} = 0.759 \%$$

$$\text{Spesifikasi} = \text{Max } 3\%$$

Proses pengujian berat jenis (*Bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*), berat jenis semu (*Apparent*) dan penyerapan air pada agregat kasar dilakukan secara berurutan, dikarenakan pada pengujian tersebut memiliki kebutuhan parameter yang sama dan saling terkait yaitu berat benda uji kering oven, berat benda uji kering permukaan jenuh dan berat benda uji dalam air. Sehingga pengujian tersebut dapat dilakukan pada hari yang bersamaan dan menjadi satu paket pengujian.

Pengujian berat jenis dan penyerapan air untuk material agregat kasar. Agregat kasar yang digunakan adalah agregat kasar 1 ½" (37.80 mm) dan ¾" (19.00 mm). Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berat jenis (*Bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*), berat jenis semu (*Apparent*) dan penyerapan air (*Absorption*). Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar yang terdapat pada tabel 4.1 dan tabel 4.2, memenuhi standar pengujian yang disyaratkan dalam spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 sebesar 0,661% dan 0,759%, yaitu maksimum 3% (SNI 03-1969-2008).

4.3.1.1.3. Pengujian Gradasi atau Analisis Saringan Agregat Kasar

Pengujian Gradasi atau Analisa Saringan dilakukan terhadap agregat kasar, yaitu batu pecah 1 ½" (37.80 mm) dan batu pecah ¾" (19.00 mm) yang berasal dari *Quarry Noefefan District Oe-Cusse* yang merupakan milik PT. Empat Saudara. Pengujian gradasi dilakukan dengan cara menyaring masing-masing material agregat dengan dua contoh benda uji (A dan B) kemudian kedua hasil pengujian dirata-ratakan. Nilai rata-rata inilah yang akan digunakan dalam perhitungan proporsi agregat gabungan.

Tujuan dari pengujian analisa saringan ini adalah untuk menentukan pembagian butiran dari agregat kasar dan agregat halus dengan menggunakan saringan. Pengujian analisa saringan agregat kasar 1 ½" (37.80 mm) dan ¾" (19.00 mm) pada tabel 4.1 dan 4.2 memenuhi Standars Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 yaitu agregat kasar tertahan pada saringan No.4. Hasil Pengujian gradasi batu pecah 1 ½" (37.80 mm) dan ¾" (19.00 mm), dapat dilihat pada tabel 4.3 dan tabel 4.4 berikut :

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar (Batu Pecah) 1 ½"

PENGUJIAN ANALISA SARINGAN BATU PECAH SNI 03-1968-1990 Batu Pecah Quarry Noefefan							
Saringan	Jumlah Tertahan		Berat Benda Uji A = 5.018 gram 				

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium PU NTT

Perhitungan :

Agregat kasar/batu pecah lolos saringan 1 ½" dan tertahan 1 :

$$1. \text{ Persen Tertahan} = \frac{\text{Jumlah berat tertahan}}{\text{Berat Benda Uji}} \times 100 \%$$

$$A = \frac{1,388}{5,018} \times 100 \% = 27,67 \%$$

$$B = \frac{1,583}{5,155} \times 100 \% = 30,71 \%$$

$$2. \text{ Persen Lolos (\%)} = 100 - \text{Persen tertahan}$$

$$A = 100 - 27,67 = 72,33 \%$$

$$B = 100 - 30,71 = 69,29 \%$$

$$3. \text{ Rata - Rata Lolos (\%)} = \frac{\text{Persen Lolos A} + \text{Persen Lolos B}}{2}$$

$$= \frac{72,33 + 69,29}{2} = 70,81 \%$$

Agregat kasar/batu pecah lolos saringan 1 dan tertahan 3/8 :

$$\begin{aligned} 1. \text{ Persen Tertahan (\%)} &= \frac{\text{Jumlah berat tertahan}}{\text{Berat Benda Uji}} \times 100 \% \\ &A = \frac{5,015}{5,018} \times 100 \% = 99,95 \% \\ &B = \frac{5,151}{5,155} \times 100 \% = 99,92 \% \\ 2. \text{ Persen Lolos (\%)} &= 100 - \text{Persen tertahan} \\ &A = 100 - 99,95 = 0,05 \% \\ &B = 100 - 99,92 = 0,08 \% \\ 3. \text{ Rata – Rata Lolos (\%)} &= \frac{\text{Persen Lolos A} + \text{Persen Lolos B}}{2} \\ &= \frac{0,05 + 0,08}{2} = 0,06 \% \end{aligned}$$

Agregat kasar/batu pecah lolos saringan 3/8 dan tertahan No.4:

$$\begin{aligned} 1. \text{ Persen Tertahan (\%)} &= \frac{\text{Jumlah berat tertahan}}{\text{Berat Benda Uji}} \times 100 \% \\ &A = \frac{5,017}{5,018} \times 100 \% = 99,99 \% \\ &B = \frac{5,154}{5,155} \times 100 \% = 99,99 \% \\ 2. \text{ Persen Lolos (\%)} &= 100 - \text{Persen tertahan} \\ &A = 100 - 99,99 = 0,01 \% \\ &B = 100 - 99,99 = 0,01 \% \\ 3. \text{ Rata – Rata Lolos (\%)} &= \frac{\text{Persen Lolos A} + \text{Persen Lolos B}}{2} \\ &= \frac{0,01 + 0,01}{2} = 0,01 \% \end{aligned}$$

Tabel 4.4. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar/Batu Pecah ¾"

PENGUJIAN ANALISA SARINGAN BATU PECAH SNI 03-1968-1990 Batu Pecah Quarry Noefefan							
Saringan	Jumlah Tertahan		Berat Benda Uji		A = 3.309 gram		
					B = 2.828 gram		
			% Tertahan		% Lolos		Rata - Rata % Lolos
(ASTM)	A	B	A	B	A	B	
2	0	0	0	0	100	100	100,00
1 1/2	0	0	0	0	100	100	100,00
1	0	0	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
3/8	722,2	691,2	21,83	24,44	78,17	75,56	76,86
No.4	3.281,8	2.804,6	99,19	99,18	0,81	0,82	0,82

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium PU NTT

Perhitungan :

Agregat kasar/batu pecah lolos saringan 1 ½" dan tertahan 1 :

$$1. \text{ Persen Tertahan (\%)} = \frac{\text{Jumlah berat tertahan}}{\text{Berat Benda Uji}} \times 100 \%$$

$$A = \frac{0}{3,309} \times 100 \% = 0 \%$$

$$B = \frac{0}{2,828} \times 100 \% = 0 \%$$

$$2. \text{ Persen Lolos (\%)} = 100 - \text{Persen tertahan}$$

$$A = 100 - 0 = 100 \%$$

$$B = 100 - 0 = 100 \%$$

$$3. \text{ Rata - Rata Lolos (\%)} = \frac{\text{Persen Lolos A} + \text{Persen Lolos B}}{2}$$

$$= \frac{100 + 100}{2} = 100 \%$$

Agregat kasar/batu pecah lolos saringan 1 dan tertahan 3/8" :

$$1. \text{ Persen Tertahan (\%)} = \frac{\text{Jumlah berat tertahan}}{\text{Berat Benda Uji}} \times 100 \%$$

$$A = \frac{722,2}{3,309} \times 100 \% = 21,83 \%$$

$$B = \frac{691,2}{2,828} \times 100 \% = 21,83 \%$$

$$2. \text{ Persen Lolos (\%)} = 100 - \text{Persen tertahan}$$

$$\begin{aligned}
 A &= 100 - 21,83 = 78,17 \% \\
 B &= 100 - 21,83 = 75,56 \% \\
 3. \text{ Rata – Rata Lolos (\%)} &= \frac{\text{Persen Lolos A} + \text{Persen Lolos B}}{2} \\
 &= \frac{78,17 + 75,56}{2} = 76,86 \%
 \end{aligned}$$

Agregat kasar/batu pecah lolos saringan 3/8 dan tertahan No.4 :

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Persen Tertahan (\%)} &= \frac{\text{Jumlah berat tertahan}}{\text{Berat Benda Uji}} \times 100 \% \\
 A &= \frac{3.281,8}{3.309} \times 100 \% = 99,19 \% \\
 B &= \frac{2.804,6}{2,828} \times 100 \% = 99,18 \% \\
 2. \text{ Persen Lolos (\%)} &= 100 - \text{Persen tertahan} \\
 A &= 100 - 99,19 = 0,81 \% \\
 B &= 100 - 99,18 = 0,82 \% \\
 3. \text{ Rata – Rata Lolos (\%)} &= \frac{\text{Persen Lolos A} + \text{Persen Lolos B}}{2} \\
 &= \frac{0,81 + 0,82}{2} = 0,82 \%
 \end{aligned}$$

Penentuan analisis saringan agregat kasar dilakukan dengan cara menyaring agregat kasar pada satu set saringan. Kemudian agregat yang tertahan pada masing-masing saringan ditimbang secara bertahap. setelah itu dilakukan perhitungan terhadap persen tertahan dan persen lolos dengan cara perhitungan terdiri dari persen tertahan merupakan perbandingan antara jumlah tertahan dengan berat awal benda uji dikali 100, sedangkan persen lolos diperoleh dari 100 dikurangi persen tertahan. Hasil dari perhitungan tersebut yang akan digunakan dalam contoh perhitungan.

4.3.1.1.4. Pengujian Keausan Agregat (Abrasi)

Pengujian ini dilakukan pada material agregat kasar 1 ½" (37.80 mm) yang tertahan saringan ukuran ¾" (19,00 mm) dan tertahan saringan ukuran ⅜" (9,5 mm). Maksud dari pengujian ini adalah untuk mengetahui angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lolos saringan No.12. Pengujian ini dapat digunakan untuk menentukan keausan agregat kasar, hasil pengujian material ini pada umumnya dapat dipergunakan dalam

perencanaan dan pelaksanaan bahan perkerasan jalan atau konstruksi beton.

Perhitungan :

Diketahui :

a = Berat benda uji semula = 5000 gram

b = Berat benda uji tertahan saringan No.12 = 3780 gram

$$\text{Keausan} = \frac{a - b}{a} \times 100\%$$

$$\text{Keausan} = \frac{5000 - 3780}{5000} \times 100\%$$

$$= 24.40 \%$$

Catatan : Keausan (c) = $\frac{a-b}{a} \times 100\%$; Spesifikasi : Maks. 40 %

Tabel 4.5. Hasil Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles

PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT DENGAN MESIN LOS ANGELES SNI 03-2417-2008 Quarry Noefefan							
SARINGAN				GRADASI PEMERIKSAAN			
Lolos	(mm)	Tertahan	(mm)	A	B	C	D
1 1/2	37,50	1	25,00	1.250	-	-	-
1	25,00	3/4	19,00	1.250	-	-	-
3/4	19,00	1/2	12,50	1.250	2.500	-	-
1/2	12,50	3/8	9,50	1.250	2.500	-	-
3/8	9,50	1/4	6,30	-	-	2.500	-
1/4	6,30	No.4	4,75	-	-	2.500	-
No.4	4,75	No.8	2,36	-	-	-	5.000
Berat benda uji semula (g)				5.000	5.000	5.000	5.000
Tertahan Saringan No.12 (g)				-	3.716	-	-
Lolos Saringan No.12 (g)				-	1.183	-	-
Keausan (%)				-	25,68	-	-

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium PU NTT

Hasil pengujian Keausan agregat kasar dengan Mesin Los Angeles (Abrasi) yang dapat dilihat pada tabel 4.5 memenuhi standar pengujian yang disyaratkan dalam Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 yakni maksimum **40 %** (SNI 2417-2008). Nilai keausan agregat kasar dalam pengujian ini adalah **25,68%.**

4.3.1.2. Pengujian Material Agregat Halus

Material yang digunakan pada pengujian ini adalah abu batu dan pasir yang lolos saringan No. 4 dan tertahan No. 200 yang di syaratkan dalam Spesifikasi Bina Marga 2010.

4.3.1.2.1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Agregat halus yang dipakai dalam pengujian ini adalah agregat halus (abu batu) dan agregat halus (pasir) atau agregat halus yang lolos saringan No.4 dan tertahan saringan No. 200 yang berasal dari *Quarry* Noefefan. Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut ini.

Tabel 4.6. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

PENGUJIAN BERAT JENIS PENYERAPAN AGREGAT HALUS SNI 03-1970-2008 Pasir Quarry Noefefan			
Uraian	I	II	Satuan
Berat benda uji kering permukaan jenuh (Bj)	500	500	gram
Berat piknometer + air (Ba)	717,00	718,00	gram
Berat piknometer + air + benda uji (Bt)	1028,20	1030,40	gram
Berat benda uji kering oven (Bk)	492,60	493,00	gram
Uraian	I	II	Rata-Rata
Berat Jenis (bulk) $\frac{Bk}{Ba + Bj - Bt}$	2,609	2,628	2,619
Berat Jenis (ssd) $\frac{Bj}{Ba + Bj - Bt}$	2,648	2,665	2,657
Berat Jenis (apparent) $\frac{Bk}{Ba + Bk - Bt}$	2,716	2,730	2,723
Penyerapan Air $\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	1,502	1,420	1,461

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium PU NTT

Perhitungan :

1. Berat Jenis (Bulk) :

$$I = \frac{Bk}{Ba + Bj - Bt} = \frac{492.6}{717.0 + 500.0 - 1028.2} = \frac{492.6}{188.8} = 2.609 \text{ gram}$$

$$II = \frac{Bk}{Ba + Bj - Bt} = \frac{493.0}{718.0 + 500.0 - 1030.4} = \frac{493.0}{187.6} = 2.628 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Rata - Rata} = \frac{2.609 + 2.628}{2} = \frac{5.237}{2} = 2.619 \text{ gram}$$

2. Berat Jenis (SSD) :

$$I = \frac{B_j}{B_a + B_j - B_t} = \frac{500.0}{717.0 + 500.0 - 1028.6} = \frac{500.0}{188.8} = 2.648 \text{ gram}$$

$$II = \frac{B_j}{B_a + B_j - B_t} = \frac{500.0}{718.0 + 500.0 - 1030.4} = \frac{500.0}{187.6} = 2.665 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Rata - Rata} = \frac{2.648 + 2.665}{2} = \frac{5.313}{2} = 2.657 \text{ gram}$$

3. Berat Jenis (Apparent) :

$$I = \frac{B_k}{B_a + B_k - B_t} = \frac{492.6}{717.0 + 492.6 - 1028.2} = \frac{492.6}{181.4} = 2.716 \text{ gram}$$

$$II = \frac{B_k}{B_a + B_k - B_t} = \frac{493.0}{718.0 + 493.0 - 1030.4} = \frac{493.0}{180.6} = 2.730 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Rata - Rata} = \frac{2.716 + 2.730}{2} = \frac{5.446}{2} = 2.723 \text{ gram}$$

4. Penyerapan Air :

$$I = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% = \frac{500.0 - 492.6}{492.6} \times 100\% = 1.502 \%$$

$$II = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% = \frac{500.0 - 493.0}{493.0} \times 100\% = 1.420 \%$$

$$\text{Berat Rata - Rata} = \frac{1.502 + 1.420}{2} = \frac{2.922}{2} = 1.461 \%$$

$$\text{Penyerapan Air (Absorption)} = \mathbf{1.461 \%} \text{ SpesifikasiMax } \mathbf{3\%}$$

Pengujian berat jenis dan penyerapan air untuk material agregat halus. Agregat halus yang digunakan adalah abu batu dan pasir. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berat jenis curah (*Bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*), berat jenis semu (*Apparent*) dan penyerapan air (*Absorption*). Hasil pengujian penyerapan air agregat halus yang terdapat pada tabel 4.5 memenuhi standar Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 sebesar 1.461%, yakni maksimum penyerapan air 3% (SNI 03-1970-2008).

4.3.1.2.2. Pengujian Gradasi Analisis Saringan Agregat Halus

Pengujian Gradasi atau Analisa Saringan dilakukan terhadap agregat halus, yaitu pasir yang berasal dari *Quarry* Noefefan District Oe-Cusse yang merupakan milik PT. Empat Saudara. Pengujian gradasi dilakukan dengan cara menyaring masing – masing material dengan dua contoh benda uji (A dan B)

kemudian kedua hasil pengujian dirata – ratakan. Nilai rata – rata inilah yang akan digunakan dalam perhitungan proporsi agregat gabungan.

Tujuan dari pengujian analisa saringan ini adalah untuk menentukan pembagian butiran dari agregat halus dengan menggunakan saringan. Pengujian analisa saringan agregat pada tabel 4.6 memenuhi Standars Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 yaitu agregat halus tertahan pada saringan No. 200.

Hasil Pengujian gradasi agregat halus dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut :

Tabel 4.7. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

PENGUJIAN ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS SNI 03-1968-1990 Pasir Quarry Noefefan								
SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji A = 3.181 gram B = 3.438 gram				
				Persen Tertahan		Persen Lolos		Rata-Rata Persen Lolos
(ASTM)	(mm)	A	B	A	B	A	B	
No.4	4,75	0	0	0	0	100	100	100
No.10	2,00	766,20	767,40	24,09	22,32	75,91	77,68	76,80
No.40	0,425	2.284	2.746	71,78	79,89	28,22	20,11	24,16
No.200	0,075	3.009	3.253	94,60	94,64	5,40	5,36	5,38

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium PU NTT

Perhitungan :

Agregat halus/pasir lolos saringan No.4 dan tertahan No.10 :

$$1. \text{ Persen Tertahan} = \frac{\text{Jumlah berat tertahan}}{\text{Berat Benda Uji}} \times 100 \%$$

$$A = \frac{766.20}{3.181} \times 100 \% = 24.09 \%$$

$$B = \frac{766.40}{3.438} \times 100 \% = 22.32 \%$$

$$2. \text{ Persen Lolos (\%)} = 100 - \text{Persentertahan}$$

$$A = 100 - 75.91 = 24.09 \%$$

$$B = 100 - 77.68 = 22.32 \%$$

$$3. \text{ Rata – Rata Lolos (\%)} = \frac{\text{Persen Lolos A} + \text{Persen Lolos B}}{2}$$

$$= \frac{24.09 + 22.32}{2} = 76.80 \%$$

Agregat halus/pasir lolos saringan No. 10 dan tertahan No. 40 :

$$\begin{aligned} 1. \text{ Persen Tertahan} &= \frac{\text{Jumlah berat tertahan}}{\text{Berat Benda Uji}} \times 100 \% \\ A &= \frac{2.284}{3.181} \times 100 \% = 71.78 \% \\ B &= \frac{2.746}{3.438} \times 100 \% = 78.89 \% \\ 2. \text{ Persen Lolos (\%)} &= 100 - \text{Persentertahan} \\ A &= 100 - 28.22 = 71.78 \% \\ B &= 100 - 20.11 = 78.89 \% \\ 3. \text{ Rata – Rata Lolos (\%)} &= \frac{\text{Persen Lolos A} + \text{Persen Lolos B}}{2} \\ &= \frac{71.78 + 78.89}{2} = 74.16 \% \end{aligned}$$

Agregat halus/pasir lolos saringan No. 40 dan tertahan No. 200 :

$$\begin{aligned} 1. \text{ Persen Tertahan} &= \frac{\text{Jumlah berat tertahan}}{\text{Berat Benda Uji}} \times 100 \% \\ A &= \frac{3.009}{3.181} \times 100 \% = 94.60 \% \\ B &= \frac{3.253}{3.438} \times 100 \% = 94.64 \% \\ 2. \text{ Persen Lolos (\%)} &= 100 - \text{Persentertahan} \\ A &= 100 - 5.40 = 94.60 \% \\ B &= 100 - 5.36 = 94.64 \% \\ 3. \text{ Rata – Rata Lolos (\%)} &= \frac{\text{Persen Lolos A} + \text{Persen Lolos B}}{2} \\ &= \frac{94.60 + 94.64}{2} = 94.62 \% \end{aligned}$$

Pengujian analisa saringan agregat halus (pasir) pada tabel 4.7 memenuhi Standar Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 yaitu agregat halus (pasir) lolos 100% saringan No. 4 dan tertahan pada saringan No. 200.

4.3.1.3. Berat Jenis Efektif

Merupakan nilai tengah dari berat jenis curah dan semu, terbentuk dari campuran partikel kecuali pori – pori atau rongga udara yang dapat menyerap air yang selanjutnya akan terus diperhitungkan dalam perencanaan campuran agregat dengan semen.

Tabel 4.8. Hasil Pengujian Berat Jenis Efektif

PENGUJIAN ANALISA BERAT JENIS AGREGAT SNI 03-1969-1990					
Jenis Material	% Tertahan Indv. Total Campuran	Bulk SP.GR. (O.D.B)	Bulk SP.GR. (S.S.D.B)	APP. Bulk SP. GR. (APP)	Keterangan
Pasir	38,00 (a)	2,619 (d)	2,657 (g)	2,723 (j)	
Bt. Pecah 3/4	9,00 (b)	2,503 (e)	2,522 (h)	2,552 (k)	
Bt. Pecah 1 1/2	53,00 (c)	2,564 (f)	2,582 (i)	2,609 (l)	

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium PU NTT

Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Berat Jenis (Bulk)} &= \frac{100}{a/d + b/e + c/f} \\
 &= \frac{100}{\left(\frac{38.00}{2.619}\right) + \left(\frac{9.00}{2.503}\right) + \left(\frac{53.00}{2.564}\right)} = 2,58 \text{ (X)} \\
 2. \text{ Berat Jenis (SSD)} &= \frac{100}{a/g + b/h + c/i} \\
 &= \frac{100}{\left(\frac{38.00}{2.657}\right) + \left(\frac{9.00}{2.522}\right) + \left(\frac{53.00}{2.582}\right)} = 2.60 \text{ (Y)} \\
 3. \text{ Berat Jenis (Apparent)} &= \frac{100}{a/j + b/k + c/l} \\
 &= \frac{100}{\left(\frac{38.00}{2.723}\right) + \left(\frac{9.00}{2.552}\right) + \left(\frac{53.00}{2.609}\right)} = 2,63 \text{ (Z)} \\
 \text{Berat Jenis Efektif} &= \frac{X + Z}{2} = \frac{2.579 + 2.604}{2} = 2.61 \%
 \end{aligned}$$

Pemeriksaan berat jenis efektif sirtu kali (pasir) dan batu pecah Quarry Noefefan tabel 4.8 menunjukan nilai sebesar 2,61 %.

4.4. Rancangan Komposisi Agregat Gabungan

Untuk membuat komposisi agregat gabungan maka diperlukan data hasil gradasi dari fraksi kasar (CA), atau fraksi agregat kasar yang tertahan saringan No.8, fraksi halus (FA) atau fraksi yang lolos saringan No. 4 tetapi tertahan

saringan No. 200, dan bahan pengisi (FF) atau bahan pengisi lolos saringan No. 200.

Tujuan pengujian ini adalah untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran baik agregat halus (pasir) maupun agregat kasar (batu pecah). Pengujian gradasi dibedakan atas dua bagian yaitu agregat kasar (tertahan saringan No. 4) dan agregat halus (lolos saringan No.4). Untuk perhitungan pada agregat kasar dan halus diambil dua contoh berat benda uji untuk mewakili berat awal benda uji tersebut. Untuk memperoleh ukuran butiran dengan gradasi agregat kasar dan agregat halus, maka dilakukan penyaringan yang sesuai dengan persyaratan Spesifikasi Bina Marga untuk analisis saringan agregat untuk lapis pondasi *Cement Treated Base* (CTB).

Perhitungan dalam analisa saringan yaitu jumlah tertahan diperoleh dari hasil penyaringan yang tertahan pada setiap nomor saringan tersebut dari kedua contoh benda uji. Kemudian dihitung persen tertahan dengan membagi jumlah tertahan terhadap berat awal benda uji kedua contoh. Sedangkan persen lolos agregat diperoleh dari persentase lolos agregat dikurangi jumlah tertahan dan persen lolos rata – rata. Hasil yang diperoleh dari hasil analisa saringan dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Komposisi agregat gabungan dapat diketahui dengan cara grafis (penggambaran kurva hubungan antara persentase lolos agregat dan ukuran saringan berada didalam kurva batas atas dan batas bawah) Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 Revisi 3. Perhitungan persentase agregat gabungan dan penggambaran kurva hubungannya dapat dilihat pada tabel 4.9 berikut ini :

Tabel 4.9. Hasil Perhitungan Gradasi Agregat Gabungan

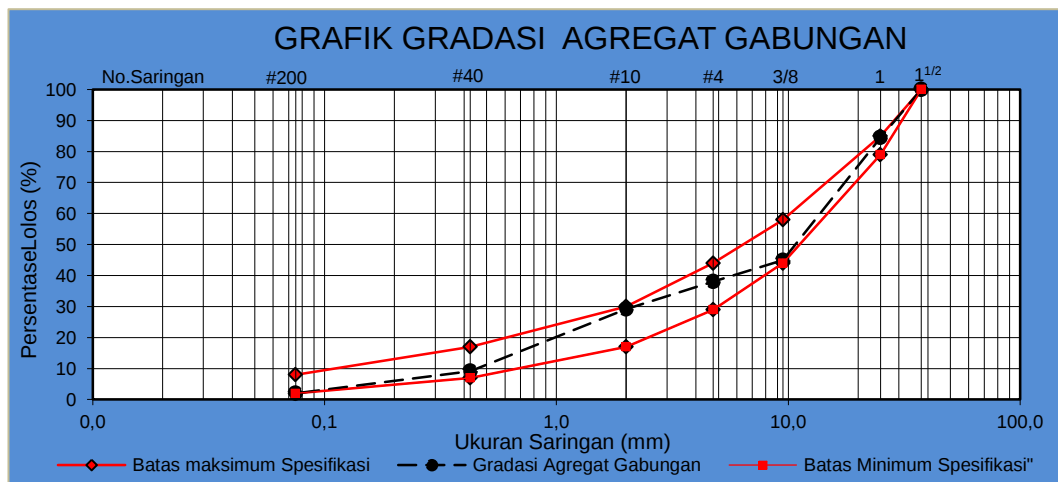
PENGUJIAN GRADASI AGREGAT GABUNGAN Quarry Noefefan									
SARINGAN		Pasir		Batu Pecah 3/4		Batu Pecah 1 1/2		Hasil	Spek
(ASTM)	(mm)	100%	38,00%	100%	9,00%	100%	53,00%		
1 1/2	37,50	100	38,00	100	9,00	100	53,00	100,00	100
1	25,00	100	38,00	100,00	9,00	70,81	37,53	84,53	79 - 85
3/8	9,50	100	38,00	76,86	6,92	0,06	0,03	44,95	44 - 58
No.4	4,75	100	38,00	0,82	0,07	0,01	0,01	38,08	29 - 44
No.10	2,00	76,80	29,18					29,18	17 - 30
No.40	0,425	24,16	9,18					9,18	7 - 17
No.200	0,075	5,38	2,04					2,04	2 - 8

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium PU NTT

Keterangan :

- A = Persen lolos rata – rata pasir
- B = 38,00% x persen lolos rata – rata pasir
- C = Persen lolos rata – rata batu pecah 1 ½"
- D = 9,00% x persen lolos rata-rata batu pecah 1 ½"
- E = B+D
- F = Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3

Hasil pengujian gradasi agregat gabungan yang terdapat pada tabel 4.9 memenuhi Standar Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 yang disyaratkan. Berdasarkan tabel perhitungan gradasi agregat gabungan tersebut dapat diperoleh grafik gradasi agregat gabungan seperti di bawah ini :



Gambar 4.1 : Kurva Gradasi Agregat Gabungan CTB

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium PU NTT

Keterangan grafik :

- Batas maksimum spesiikasi
- Gradasi agregat gabungan (untuk variasi semen 8.0%, 9.0%, 10.0%, 11.0% dan 12.0%.)
- Batas minimum Spesifikasi

Gambar 4.1 diatas menjelaskan bahwa gradasi agregat gabungan (garis persen Lolos tiap Saringan%) terletak didalam garis batas atas dan garis bawah. Hasil ini juga menunjukan bahwa hasil gradasi agregat gabungan memenuhi Standar Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 untuk Campuran Lapis Pondasi Agregat Semen (CTB).

4.5. Variasi Kadar Semen 8%, 9%, 10%, 11% dan 12%

Perkiraan penggunaan kadar semen untuk lapis pondasi agregat semen kelas A (CTB) adalah 8%, 9%, 10%, 11% dan 12% sesuai peraturan Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3. Perhitungan kadar semen rencana dapat ditentukan setelah diperoleh gradasi agregat gabungan dari masing-masing fraksi agregat yang telah memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3.

Dari tabel 4.10, menunjukan agregat yang memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3. Agregat kelas B, dan hasil perkiraan yang digunakan untuk membagi komposisi campuran diambil dari berat perkiraan setiap sampel yaitu diambil 12000 gram.

Tabel 4.10. Perkiraan Variasi Kadar Semen

KOMPOSISI VARIASI KADAR SEMEN Quarry Noefefan					
Sampel	Variasi				
Batu Pecah 1 1/2	53%	53%	53%	53%	53%
	6360,00	6360,00	6360,00	6360,00	6360,00
Batu Pecah 3/4	9%	9%	9%	9%	9%
	1080,00	1080,00	1080,00	1080,00	1080,00
Pasir	38%	38%	38%	38%	38%
	4560,00	4560,00	4560,00	4560,00	4560,00
Berat Agregat	12000,00	12000,00	12000,00	12000,00	12000,00
Semen	8%	9%	10%	11%	12%
	960,00	1080,00	1200,00	1320,00	1440,00
Air	6,1%	6,1%	6,1%	6,1%	6,1%
	732,15	732,15	732,15	732,15	732,15
Berat Total	13692,15	13812,15	13932,15	14052,15	14172,15

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium PU NTT

Untuk perhitungan kadar semen rencana sebagai berikut ini :

Perhitungan :

Diketahui :

- Berat perkiraan setiap variasi = 12.000,00 gram
- Persen lolos rata-rata pasir = 38 %
- Persen lolos rata-rata batu pecah 1 1/2" = 53 %

1. Variasi kadar semen 8 %

$$\begin{aligned}
 \text{Semen} &= 12.000,00 \times 8 \% = 12.000,00 \times 0,08 \\
 &= 960,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pasir} &= 12.000,00 \times 38 \% = 12.000,00 \times 0,38 \\
 &= 4.560,00 \text{ gram} \\
 \text{Batu pecah} &= 12.000,00 \times 53 \% = 12.000,00 \times 0,53 \\
 &= 6.360,00 \text{ gram} \\
 \text{Berat total variasi } 8 \% &= \text{Semen} + \text{Pasir} + \text{Batu pecah} \\
 &= 960,00 + 4.560,00 + 6.360,00 \\
 &= 11.880,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

2. Variasi kadar semen 9 %

$$\begin{aligned}
 \text{Semen} &= 12.000,00 \times 9 \% = 12.000,00 \times 0,09 \\
 &= 1.080,00 \text{ gram} \\
 \text{Pasir} &= 12.000,00 \times 38 \% = 12.000,00 \times 0,38 \\
 &= 4.560,00 \text{ gram} \\
 \text{Batu pecah} &= 12.000,00 \times 53 \% = 12.000,00 \times 0,53 \\
 &= 6.360,00 \text{ gram} \\
 \text{Berat total variasi } 9 \% &= \text{Semen} + \text{Pasir} + \text{Batu pecah} \\
 &= 1.080,00 + 4.560,00 + 6.360,00 \\
 &= 12.000,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

3. Variasi kadar semen 10 %

$$\begin{aligned}
 \text{Semen} &= 12.000,00 \times 10 \% = 12.000,00 \times 0,10 \\
 &= 1.200,00 \text{ gram} \\
 \text{Pasir} &= 12.000,00 \times 38 \% = 12.000,00 \times 0,38 \\
 &= 4.560,00 \text{ gram} \\
 \text{Batu pecah} &= 12.000,00 \times 53 \% = 12.000,00 \times 0,53 \\
 &= 6.360,00 \text{ gram} \\
 \text{Berat total variasi } 10 \% &= \text{Semen} + \text{Pasir} + \text{Batu pecah} \\
 &= 1.200,00 + 4.560,00 + 6.360,00 \\
 &= 12.120,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

4. Variasi kadar semen 11 %

$$\begin{aligned}
 \text{Semen} &= 12.000,00 \times 11 \% = 12.000,00 \times 0,11 \\
 &= 1.320,00 \text{ gram} \\
 \text{Pasir} &= 12.000,00 \times 38 \% = 12.000,00 \times 0,38 \\
 &= 4.560,00 \text{ gram} \\
 \text{Batu pecah} &= 12.000,00 \times 53 \% = 12.000,00 \times 0,53 \\
 &= 6.360,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat total variasi 11 \%} &= \text{Semen} + \text{Pasir} + \text{Batu pecah} \\
 &= 1.320,00 + 4.560,00 + 6.360,00 \\
 &= 12.240,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

5. Variasi kadar semen 12 %

$$\begin{aligned}
 \text{Semen} &= 12.000,00 \times 12 \% = 12.000,00 \times 0,12 \\
 &= 1.440,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pasir} &= 12.000,00 \times 38 \% = 12.000,00 \times 0,38 \\
 &= 4.560,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Batu pecah} &= 12.000,00 \times 53 \% = 12.000,00 \times 0,53 \\
 &= 6.360,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat total variasi 12 \%} &= \text{Semen} + \text{Pasir} + \text{Batu pecah} \\
 &= 1.440,00 + 4.560,00 + 6.360,00 \\
 &= 12.360,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

Diketahui :

- Berat perkiraan setiap variasi = 12.000,00 gram
- Persen lolos rata-rata pasir = 38 %
- Persen lolos rata-rata batu pecah $\frac{3}{4}$ " = 9 %

1. Variasi kadar semen 8 %

$$\begin{aligned}
 \text{Semen} &= 12.000,00 \times 8 \% = 12.000,00 \times 0,08 \\
 &= 960,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pasir} &= 12.000,00 \times 38 \% = 12.000,00 \times 0,38 \\
 &= 4.560,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Batu pecah} &= 12.000,00 \times 9 \% = 12.000,00 \times 0,09 \\
 &= 1.080,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat total variasi 8 \%} &= \text{Semen} + \text{Pasir} + \text{Batu pecah} \\
 &= 960,00 + 4.560,00 + 1.080,00 \\
 &= 6.600,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

2. Variasi kadar semen 9 %

$$\begin{aligned}
 \text{Semen} &= 12.000,00 \times 9 \% = 12.000,00 \times 0,09 \\
 &= 1.080,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pasir} &= 12.000,00 \times 38 \% = 12.000,00 \times 0,38 \\
 &= 4.560,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Batu pecah} &= 12.000,00 \times 9 \% = 12.000,00 \times 0,09 \\
 &= 1.080,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat total variasi 9 \%} &= \text{Semen} + \text{Pasir} + \text{Batu pecah} \\
 &= 960,00 + 4.560,00 + 1.080,00 \\
 &= 6.600,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

3. Variasi kadar semen 10 %

$$\begin{aligned}
 \text{Semen} &= 12.000,00 \times 10\% = 12.000,00 \times 0,10 \\
 &= 1.200,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pasir} &= 12.000,00 \times 38 \% = 12.000,00 \times 0,38 \\
 &= 4.560,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Batu pecah} &= 12.000,00 \times 9 \% = 12.000,00 \times 0,09 \\
 &= 1.080,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat total variasi 10 \%} &= \text{Semen} + \text{Pasir} + \text{Batu pecah} \\
 &= 960,00 + 4.560,00 + 1.080,00 \\
 &= 6.600,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

4. Variasi kadar semen 11 %

$$\begin{aligned}
 \text{Semen} &= 12.000,00 \times 11\% = 12.000,00 \times 0,11 \\
 &= 1.320,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pasir} &= 12.000,00 \times 38 \% = 12.000,00 \times 0,38 \\
 &= 4.560,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Batu pecah} &= 12.000,00 \times 9 \% = 12.000,00 \times 0,09 \\
 &= 1.080,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat total variasi 11 \%} &= \text{Semen} + \text{Pasir} + \text{Batu pecah} \\
 &= 960,00 + 4.560,00 + 1.080,00 \\
 &= 6.600,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

5. Variasi kadar semen 12 %

$$\begin{aligned}
 \text{Semen} &= 12.000,00 \times 12\% = 12.000,00 \times 0,12 \\
 &= 1.440,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pasir} &= 12.000,00 \times 38 \% = 12.000,00 \times 0,38 \\
 &= 4.560,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Batu pecah} &= 12.000,00 \times 9 \% = 12.000,00 \times 0,09 \\
 &= 1.080,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat total variasi 12 \%} &= \text{Semen} + \text{Pasir} + \text{Batu pecah} \\
 &= 960,00 + 4.560,00 + 1.080,00 \\
 &= 6.600,00 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

4.6. Percobaan Pemadatan dengan Kadar Air Optimum dan Kadar Semen 8%, 9%, 10%, 11% dan 12%

Pemadatan lapis pondasi agregat semen harus telah selesai dalam waktu 60 menit semenjak semen dicampur dengan air untuk PC Tipe 1 atau waktu yang lebih panjang untuk semen jenis PPC sesuai dengan hasil pengujian waktu ikat awal menurut SNI 03-6827-2002. Benda uji selinder menggunakan bahan yang disiapkan sesuai SNI 1743:2008, dipadatkan dalam 5 lapisan, masing-masing lapisan ditumbuk sebanyak 280 tumbukan dengan ukuran selinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antara partikel sehingga terjadi reduksi volume udara. Tingkat pemadatan diukur dari berat volume kering yang dipadatkan. Bila air ditambahkan pada suatu tanah yang sedang dipadatkan, air tersebut akan berfungsi sebagai unsur pembasah atau pelumas pada partikel-partikel tanah. Karena adanya air, partikel-partikel tersebut agar lebih mudah bergerak dan bergeseran satu sama lain dengan membentuk kedudukan yang lebih rapat/padat. Usaha pemadatan yang sama, berat volume kering dari tanah akan naik bila kadar air dalam tanah (pada saat dipadatkan) meningkat.

Hasil pengujian pemadatan untuk mendapatkan nilai kepadatan maksimum dari agregat dan mendapatkan kadar air optimum yang digunakan untuk menentukan kebutuhan air pada percobaan kuat tekan laboratorium. Untuk percobaan isi berat material yang digunakan adalah 12000 gram untuk masing – masing sampel dengan kadar air optimum dapat digunakan untuk tahapan pengujian kuat tekan. Untuk lebih jelasnya hasil pemadatan dan kadar air dari variasi tersebut dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut ini :

Tabel : 4.11. Hasil Perhitungan Percobaan Pemadatan dan Kadar Air Agregat

PENGUJIAN PERCOBAAN PEMADATAN SAMPEL SNI 03-1742-2008 Quarry Noefefan					
BERAT ISI	A	B	C	D	E
Volume mol (cm ³)	2121,99	2121,99	2121,99	2121,99	2121,99
Berat mol (g)	2714,00	2714,00	2714,00	2714,00	2714,00
Berat mol + tanah (g)	7001,00	7216,00	7498,00	7358,00	7215,00
Berat tanah (g)	4287,00	4502,00	4784,00	4644,00	4501,00
Berat isi basah (g/cm ³)	2,02	2,12	2,25	2,19	2,12
Berat isi kering (g/cm ³)	1,95	2,03	2,12	2,03	1,96
KADAR AIR	A	B	C	D	E
Berat tanah basah (g)	4344	4518	4591	4287	4759
Berat tanah kering (g)	4192	4323	4327	3977	4389
Berat air (g)	152	195	264	310	370
Kadar air (%)	3,63	4,51	6,10	7,79	8,43

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium PU NTT

Perhitungan :

Diketahui :

1. Variasi Kadar Air 8.0 % (A) :

Berat tanah basah = 4344 gram

Berat tanah kering = 4192 gram

Berat air = Berat tanah basah – Berat tanah kering
 = 4344 - 4192
 = 152 gram

Kadar air = $\frac{\text{Berat air}}{\text{Berat Tanah kering}} \times 100\% = \frac{152}{4192} \times 100\%$
 = 3.63 %

2. Variasi Kadar Air 9.0 % (B) :

Berat tanah basah = 4518 gram

Berat tanah kering = 4323 gram

Berat air = Berat tanah basa – Berat tanah kering
 = 4518 - 4323
 = 195 gram

Kadar air = $\frac{\text{Berat air}}{\text{Berat Tanah kering}} \times 100\% = \frac{195}{4323} \times 100\%$
 = 4.51 %

3. Variasi Kadar Air 10.0 % (C) :

Berat tanah basah = 4591 gram

Berat tanah kering = 4327 gram

Berat air = Berat tanah basa – Berat tanah kering
 = 4591 - 4327
 = 264 gram

Kadar air = $\frac{\text{Berat air}}{\text{Berat Tanah kering}} \times 100\% = \frac{264}{4327} \times 100\%$
 = 6.10 %

4. Variasi Kadar Air 11.0 % (D) :

Berat tanah basah = 4287 gram

Berat tanah kering = 3977 gram

Berat air = Berat tanah basa – Berat tanah kering
 = 4287 - 3977
 = 310 gram

Kadar air = $\frac{\text{Berat air}}{\text{Berat Tanah kering}} \times 100\% = \frac{310}{3977} \times 100\%$
 = 7.79 %

5. Variasi Kadar Air 12.0 % (E) :

Berat tanah basah = 4759 gram

Berat tanah kering = 4389 gram

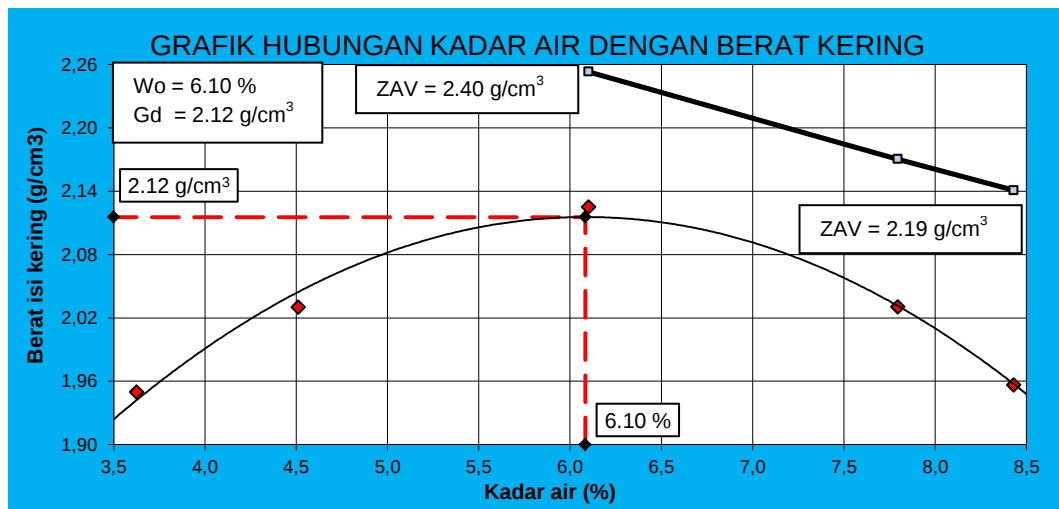
Berat air = Berat tanah basa – Berat tanah kering
 = 4759 - 4389
 = 370 gram

Kadar air = $\frac{\text{Berat air}}{\text{Berat Tanah kering}} \times 100\% = \frac{370}{4389} \times 100\%$
 = 8.43 %

Zero Air Void (ZAV) :

ZAV (tertinggi) = $\frac{B_j}{1 + (B_j \times \frac{\text{Kadar air max}}{100})} = \frac{2,60}{1 + (2,60 \times \frac{7,16}{100})}$
 = 2.19 g/cm³ 2,19 g/cm³

ZAV (terenda) = $\frac{B_j}{1 + (B_j \times \frac{\text{Kadar air max}}{100})} = \frac{2,60}{1 + (2,60 \times \frac{3,21}{100})}$
 = 2.40 g/cm³



Gambar 4.2. Grafik Percobaan Pemadatan dan Kadar Air

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium PU NTT

Pada grafik pemadatan di atas (grafik 4.2) menunjukkan ρ_d laboratorium maksimum dan kadar air optimum, dengan nilai ρ_d laboratorium 2.12 g/cm^3 dan kadar air optimum 6.10% maka nilai kepadatan ini masuk dalam kategori baik sesuai spesifikasi (tidak disyaratkan).

4.7. Uji Kuat Tekan Setelah Perawatan

Persyaratan kuat tekan (unconfine compressive strength) dari Lapis Pondasi Agregat Semen Kelas A (CTB) dalam umur 7 hari masing – masing $45 - 55 \text{ kg/cm}^2$. Kekuatan tekan adalah kapasitas dari suatu bahan atau struktur dalam menahan beban yang akan mengurangi ukurannya. Kekuatan tekan dapat diukur dengan memasukkannya ke dalam kurva tegangan-regangan dari data yang didapatkan dari mesin uji.

Beberapa bahan akan patah pada batas tekan, beberapa mengalami deformasi yang tidak dapat dikembalikan. Deformasi tertentu dapat dianggap sebagai batas kekuatan tekan, meski belum patah, terutama pada bahan yang tidak dapat kembali ke kondisi semula (*irreversible*). Pengetahuan mengenai kekuatan tekan merupakan kunci dalam mendesain sebuah struktur. Kekuatan tekan dapat diukur dengan mesin uji universal. Pengujian kekuatan tekan, seperti halnya pengujian kekuatan tarik, dipengaruhi oleh kondisi pengujian (penyiapan spesimen, kondisi kelembaban dan temperatur ruang uji, dan sebagainya)

Pemadatan untuk pengujian kuat tekan, air yang digunakan sebagai air pencampur pada agregat gabungan dengan variasi kadar semen 8.0%, 9.0%, 10.0%, 11.0% dan 12.0% dengan kadar air optimum (7.32 %), yang dapat dari hasil pengujian percobaan pemadatan dengan menggunakan kadar air perkiraan.

Perhitungan :

Variasi Semen 8.0 %

No	Tanggal		Berat	Umur	Luas Silinder	Volume Silinder	Berat Isi	Kuat Tekan			Keterangan
	Uji	Test	(Gr)	(Hari)	(Cm ²)	(Cm ³)	(Gr/cm ³)	KN	(Kg)	(Kg/cm ²)	
1	22/11/2019	29/11/2019	12.178	7	178,99	5.369,64	2,27	30	3.059,1	17,09	Variasi Semen 8%
2	22/11/2019	29/11/2019	12.062	7	178,99	5.369,64	2,25	30	3.059,1	17,09	
Nilai Rata-rata			12.120			5.369,64	2,26		3.059,1	17,09	

Keterangan :

- 1 Divisi = 5 kN
- 1 kN = 101,97 kg
- Umur Perawatan = 7 hari
- Luas Silinder = 178,99 cm²
- Volume Silinder = 5.369,64 cm³

Diketahui :

A. Berat Sampel (gram) :

$$1 = 12.178,00 \text{ gram}$$

$$2 = 12.062,00 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Rata-Rata} = \frac{(1) + (2)}{2} = \frac{12.178 + 12.062}{2} = 12.120,00 \text{ gr}$$

B. Berat Isi (gr/cm³) :

$$1 = \frac{\text{B. Sampel}}{\text{V. Silinder}} = \frac{12.178,00}{5.369,64} = 2,27 \text{ gr/cm}^3$$

$$2 = \frac{\text{B. Sampel}}{\text{V. Silinder}} = \frac{12.062,00}{5.369,64} = 2,25 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Berat Rata-Rata} = \frac{(1) + (2)}{2} = \frac{2,27 + 2,25}{2} = 2,26 \text{ gr/cm}^3$$

C. Kuat Tekan (kN) :

$$1 = 6 \text{ devisi} = 6 \times 5 = 30 \text{ kN} = 30 \times 101,97 = 3.059,10 \text{ kg}$$

$$2 = 6 \text{ devisi} = 6 \times 5 = 30 \text{ kN} = 30 \times 101,97 = 3.059,10 \text{ kg}$$

$$\text{K.T.Rata-Rata} = \frac{(1) + (2)}{2} = \frac{3.059,10 + 3.059,10}{2} = 3.059,10 \text{ kg}$$

D. Kuat Tekan (kg/cm²) :

$$1 = \frac{3.059,10}{L.Selinder} = \frac{3.059,10}{178,99} = 17,09 \text{ kg/cm}^2$$

$$2 = \frac{3.059,10}{L.Selinder} = \frac{3.059,10}{178,99} = 17,09 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Berat Rata-Rata} = \frac{(1) + (2)}{2} = \frac{17,090 + 17,09}{2} = 17,09 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan :

Variasi Semen 9.0 %

No	Tanggal		Berat	Umur	Luas Silinder	Volume Silinder	Berat Isi	Kuat Tekan			Keterangan
	Uji	Test	(Gr)	(Hari)	(Cm2)	(Cm3)	(Gr/cm3)	KN	(Kg)	(Kg/cm2)	
1	22/11/2019	29/11/2019	12.198	7	178,99	5.369,64	2,27	70	7.137,9	39,88	Variasi Semen 9%
2	22/11/2019	29/11/2019	11.962	7	178,99	5.369,64	2,23	40	4.078,8	22,79	
Nilai Rata-rata			12.080			5.369,64	2,25		5.608,4	31,33	

Keterangan :

- 1 divisi = 5 kN
- 1 kN = 101,97 kg
- Umur Perawatan = 7 hari
- Luas Silinder = 178,99 cm²
- Volume Silinder = 5.369,64 cm³

Diketahui :

A. Berat Sampel (gram) :

$$1 = 12.198,00 \text{ gram}$$

$$2 = 11.692,00 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Rata-Rata} = \frac{(1) + (2)}{2} = \frac{12.198 + 11.692}{2} = 12.080,00 \text{ gr}$$

B. Berat Isi (gr/cm³) :

$$1 = \frac{B. \text{Sampel}}{V. \text{Selinder}} = \frac{12.198,00}{5.369,64} = 2,27 \text{ gr/cm}^3$$

$$2 = \frac{B. \text{Sampel}}{V. \text{Selinder}} = \frac{11.692,00}{5.369,64} = 2,23 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Berat Rata-Rata} = \frac{(1) + (2)}{2} = \frac{2,27 + 2,23}{2} = 2,25 \text{ gr/cm}^3$$

C. Kuat Tekan (kN) :

$$1 = 14 \text{ divisi} = 14 \times 5 = 70 \text{ kN} = 70 \times 101,97 = 7.139,90 \text{ kg}$$

$$2 = 8 \text{ divisi} = 8 \times 5 = 40 \text{ kN} = 40 \times 101,97 = 4.078,80 \text{ kg}$$

$$\text{K.T.Rata-Rata} = \frac{(1) + (2)}{2} = \frac{7.139,90 + 4.078,80}{2} = 5.608,40 \text{ kg}$$

D. Kuat Tekan (kg/cm²) :

$$1 = \frac{7.139,90}{L.Selinder} = \frac{7.139,90}{178,99} = 39,88 \text{ kg/cm}^2$$

$$2 = \frac{4.078,80}{L.Selinder} = \frac{4.078,80}{178,99} = 22,79 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Berat Rata-Rata} = \frac{(1) + (2)}{2} = \frac{39,88 + 22,79}{2} = 31,33 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan :

Variasi Semen 10.0 %

No	Tanggal		Berat	Umur	Luas Silinder	Volume Silinder	Berat Isi	Kuat Tekan			Keterangan
	Uji	Test	(Gr)	(Hari)	(Cm2)	(Cm3)	(Gr/cm3)	KN	(Kg)	(Kg/cm2)	
1	22/11/2019	29/11/2019	12.090	7	178,99	5.369,64	2,25	80	8.157,6	45,58	Variasi Semen 10%
2	22/11/2019	29/11/2019	12.271	7	178,99	5.369,64	2,29	60	6.118,2	34,18	
Nilai Rata-rata			12.181			5.369,64	2,27		7.137,90	39,88	

Keterangan :

- 1 divisi = 5 kN
- 1 kN = 101,97 kg
- Umur Perawatan = 7 hari
- Luas Silinder = 178,99 cm²
- Volume Silinder = 5.369,64 cm³

Diketahui :

A. Berat Sampel (gram) :

$$1 = 12.090,00 \text{ gram}$$

$$2 = 12.721,00 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Rata-Rata} = \frac{(1) + (2)}{2} = \frac{12.090 + 12.721}{2} = 12.181,00 \text{ gr}$$

B. Berat Isi (gr/cm³) :

$$1 = \frac{B. Sampel}{V. Silinder} = \frac{12.090,00}{5.369,64} = 2,25 \text{ gr/cm}^3$$

$$2 = \frac{B. Sampel}{V. Silinder} = \frac{12.721,00}{5.369,64} = 2,29 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Berat Rata-Rata} = \frac{(1) + (2)}{2} = \frac{2,25 + 2,29}{2} = 2,27 \text{ gr/cm}^3$$

C. Kuat Tekan (kN) :

$$1 = 16 \text{ divisi} = 16 \times 5 = 80 \text{ kN} = 80 \times 101,97 = 8.167,60 \text{ kg}$$

$$2 = 12 \text{ divisi} = 12 \times 5 = 60 \text{ kN} = 60 \times 101,97 = 6.118,20 \text{ kg}$$

$$\text{K.T.Rata-Rata} = \frac{(1) + (2)}{2} = \frac{8.167,60 + 6.118,20}{2} = 7.137,90 \text{ kg}$$

D. Kuat Tekan (kg/cm²) :

$$1 = \frac{8.167,60}{L.Selinder} = \frac{8.167,60}{178,99} = 45,58 \text{ kg/cm}^2$$

$$2 = \frac{6.118,20}{L.Selinder} = \frac{6.118,20}{178,99} = 34,18 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Berat Rata-Rata} = \frac{(1) + (2)}{2} = \frac{45,58 + 34,18}{2} = 39,88 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan :

Variasi Semen 11.0 %

No	Tanggal		Berat	Umur	Luas Silinder	Volume Silinder	Berat Isi	Kuat Tekan			Keterangan
	Uji	Test	(Gr)	(Hari)	(Cm2)	(Cm3)	(Gr/cm3)	KN	(Kg)	(Kg/cm2)	
1	22/11/2019	29/11/2019	12.502	7	178,99	5.369,64	2,33	90	9.177,30	51,27	Variasi Semen 11%
2	22/11/2019	29/11/2019	12.608	7	178,99	5.369,64	2,35	120	12.236,40	68,36	
Nilai Rata-rata			12.555			5.369,64	2,34		10.706,85	59,82	

Keterangan :

- 1 divisi = 5 kN
- 1 kN = 101,97 kg
- Umur Perawatan = 7 hari
- Luas Silinder = 178,99 cm²
- Volume Silinder = 5.369,64 cm³

Diketahui :

A. Berat Sampel (gram) :

$$1 = 12.502,00 \text{ gram}$$

$$2 = 12.608,00 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Rata-Rata} = \frac{(1) + (2)}{2} = \frac{12.502 + 12.608}{2} = 12.555,00 \text{ gr}$$

B. Berat Isi (gr/cm³) :

$$1 = \frac{B. \text{ Sampel}}{V. \text{ Silinder}} = \frac{12.502,00}{5.369,64} = 2,33 \text{ gr/cm}^3$$

$$2 = \frac{B. \text{ Sampel}}{V. \text{ Silinder}} = \frac{12.608,00}{5.369,64} = 2,35 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Berat Rata-Rata} = \frac{(1) + (2)}{2} = \frac{2,33 + 2,35}{2} = 2,34 \text{ gr/cm}^3$$

C. Kuat Tekan (kN) :

$$1 = 18 \text{ divisi} = 18 \times 5 = 90 \text{ kN} = 90 \times 101,97 = 9.177,30 \text{ kg}$$

$$2 = 24 \text{ divisi} = 24 \times 5 = 120 \text{ kN} = 120 \times 101,97 = 12.236,40 \text{ kg}$$

$$\text{K.T.Rata-Rata} = \frac{(1) + (2)}{2} = \frac{9.177,30 + 12.236,40}{2} = 10.706,85 \text{ kg}$$

D. Kuat Tekan (kg/cm²) :

$$1 = \frac{9.177,30}{L.Selinder} = \frac{9.177,30}{178,99} = 51,27 \text{ kg/cm}^2$$

$$2 = \frac{12.236,40}{L.Selinder} = \frac{12.236,40}{178,99} = 66,36 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Berat Rata-Rata} = \frac{(1) + (2)}{2} = \frac{51,27 + 66,36}{2} = 59,82 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan :

Variasi Semen 12.0 %

No	Tanggal		Berat	Umur	Luas Silinder	Volume Silinder	Berat Isi	Kuat Tekan			Keterangan
	Uji	Test	(Gr)	(Hari)	(Cm2)	(Cm3)	(Gr/cm3)	KN	(Kg)	(Kg/cm2)	
1	22/11/2019	29/11/2019	12.325	7	178,99	5.369,64	2,30	165	16.825,05	94,00	Variasi Semen 12%
2	22/11/2019	29/11/2019	12.578	7	178,99	5.369,64	2,34	100	10.197,00	56,97	
Nilai Rata-rata			12.452			5.369,64	2,32		13.511,03	75,49	

Keterangan :

- 1 divisi = 5 kN
- 1 kN = 101,97 kg
- Umur Perawatan = 7 hari
- Luas Silinder = 178,99 cm²
- Volume Silinder = 5.369,64 cm³

Diketahui :

A. Berat Sampel (gram) :

$$1 = 12.325,00 \text{ gram}$$

$$2 = 12.578,00 \text{ gram}$$

$$\text{Berat Rata-Rata} = \frac{(1) + (2)}{2} = \frac{12.325 + 12.578}{2} = 12.452,00 \text{ gr}$$

B. Berat Isi (gr/cm³) :

$$1 = \frac{B. Sampel}{V. Silinder} = \frac{12.325,00}{5.369,64} = 2,30 \text{ gr/cm}^3$$

$$2 = \frac{B. Sampel}{V. Silinder} = \frac{12.578,00}{5.369,64} = 2,34 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Berat Rata-Rata} = \frac{(1) + (2)}{2} = \frac{2,30 + 2,34}{2} = 2,32 \text{ gr/cm}^3$$

C. Kuat Tekan (kN) :

$$1 = 33 \text{ devisi} = 33 \times 5 = 165 \text{ kN} = 165 \times 101,97 = 16.825,05 \text{ kg}$$

$$2 = 20 \text{ devisi} = 20 \times 5 = 100 \text{ kN} = 100 \times 101,97 = 10.197,00 \text{ kg}$$

$$\text{K.T.Rata-Rata} = \frac{(1) + (2)}{2} = \frac{16.825,05 + 10.197,00}{2} = 13.511,03 \text{ kg}$$

D. Kuat Tekan (kg/cm²) :

$$1 = \frac{16.825,05}{L.Selinder} = \frac{16.825,05}{178,99} = 94,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$2 = \frac{10.197,00}{L.Selinder} = \frac{10.197,00}{178,99} = 56,97 \text{ kg/cm}^2$$

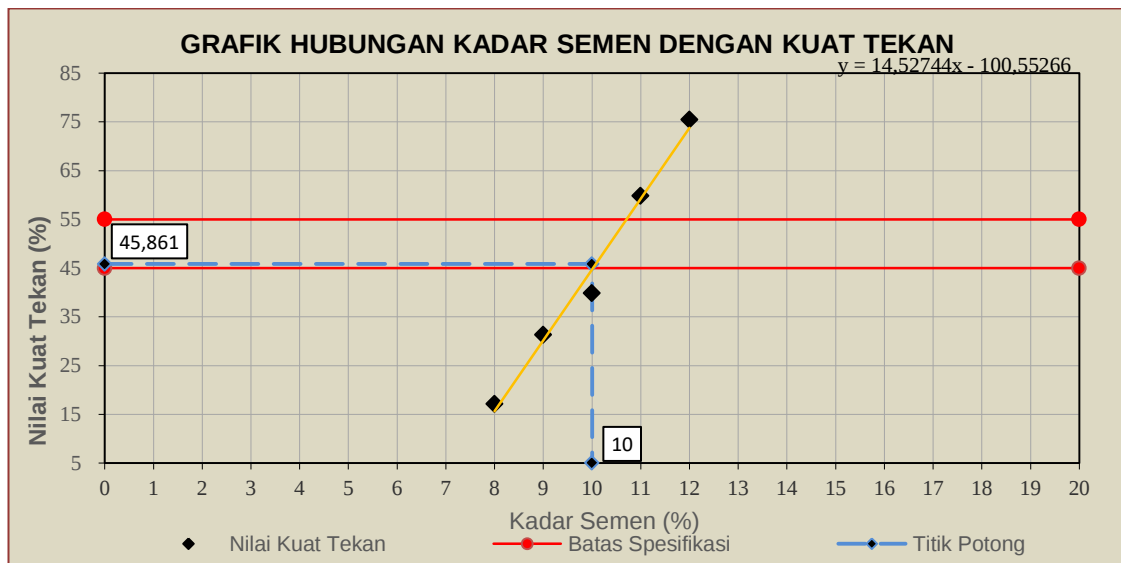
$$\text{Berat Rata-Rata} = \frac{(1) + (2)}{2} = \frac{94,00 + 56,97}{2} = 75,49 \text{ kg/cm}^2$$

Hasil pengujian kuat tekan setelah perawatan selama 7 (tujuh) hari diperoleh memenuhi spesifikasi, hal ini disebabkan agregat kasar, agregat halus, semen serta air berimbang pada waktu dipadatkan, cara dan besarnya usaha pemadatan yang baik sehingga material tidak mudah slip atau bergeser, stabil dan saling mengunci satu dengan yang lainnya dan keseluruhan data serta hasilnya dapat di lihat pada tabel dan gambar di bawah ini :

Tabel 4.12. Hasil Perhitungan Kuat Tekan dari Variasi Semen

No	Tanggal		Berat (Gr)	Umur (Hari)	Luas Silinder (Cm2)	Volume Silinder (Cm3)	Berat Isi (Gr/cm3)	Kuat Tekan			Keterangan
	Uji	Test						KN	(Kg)	(Kg/cm2)	
1	22/11/2019	29/11/2019	12.178	7	178,99	5.369,64	2,27	30	3.059,1	17,09	Variasi Semen 8%
2	22/11/2019	29/11/2019	12.062	7	178,99	5.369,64	2,25	30	3.059,1	17,09	
Nilai Rata-rata			12.120			5.369,64	2,26		3.059,1	17,09	
1	22/11/2019	29/11/2019	12.198	7	178,99	5.369,64	2,27	70	7.137,9	39,88	Variasi Semen 9%
2	22/11/2019	29/11/2019	11.962	7	178,99	5.369,64	2,23	40	4.078,8	22,79	
Nilai Rata-rata			12.080			5.369,64	2,25		5.608,4	31,33	
1	22/11/2019	29/11/2019	12.090	7	178,99	5.369,64	2,25	80	8.157,6	45,58	Variasi Semen 10%
2	22/11/2019	29/11/2019	12.271	7	178,99	5.369,64	2,29	60	6.118,2	34,18	
Nilai Rata-rata			12.181			5.369,64	2,27		7.137,90	39,88	
1	22/11/2019	29/11/2019	12.502	7	178,99	5.369,64	2,33	90	9.177,30	51,27	Variasi Semen 11%
2	22/11/2019	29/11/2019	12.608	7	178,99	5.369,64	2,35	120	12.236,40	68,36	
Nilai Rata-rata			12.555			5.369,64	2,34		10.706,85	59,82	
1	22/11/2019	29/11/2019	12.325	7	178,99	5.369,64	2,30	165	16.825,05	94,00	Variasi Semen 12%
2	22/11/2019	29/11/2019	12.578	7	178,99	5.369,64	2,34	100	10.197,00	56,97	
Nilai Rata-rata			12.452			5.369,64	2,32		13.511,03	75,49	

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium PU NTT



Gambar 4.3. Grafik Hubungan Kadar Semen dengan Kuat Tekan

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium PU NTT

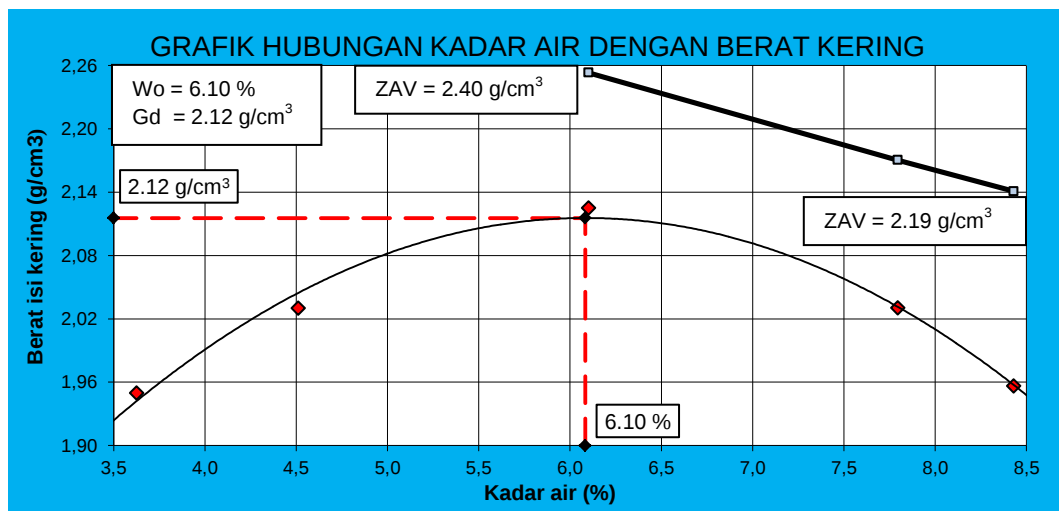
Dari grafik di atas, nilai kadar semen yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 setelah perawatan selama 7 hari dengan nilai kuat tekan 45,816 kg/cm² adalah pada kadar semen 10%

4.8. Evaluasi Kuat Tekan Beton

4.8.1. Hubungan Pemadatan dengan Kadar Air

Pada tabel proses pemadatan, berat volume kering mengalami penambahan sering dengan kadar air yang berkurang. Hal ini disebabkan karena air yang ditambahkan pada saat pemadatan, air tersebut menyebabkan butiran – butiran agregat tersusun rapat satu dengan yang lainnya dan saling mengunci. Bila kadar air campuran agregat rendah, maka agregat kaku dan sukar dipadatkan, jika ditambahkan air, maka air berlaku sebagai pelumas sehingga campuran agregat lebih mudah dipadatkan, jika penambahan air terlalu banyak, maka nilai kepadatan akan turun, karena pori-pori tanah terisi penuh dengan air. Berdasarkan kondisi diatas dilakukanlah 5 kali percobaan dengan kadar air yang bervariasi, hasilnya adalah kadar air dan berat isi kering (yd) yang bervariasi pula, nilai-nilai ini di plot pada kurva hubungan antara kadar air pada absis dan berat isi kering. Hal ini dikarenakan air yang ditambahkan melebihi kadar air optimum sehingga air tersebut akan mengisi rongga – rongga yang semula diisi oleh partikel – partikel agregat.

Peningkatan kadar air secara bertahap akan menyebabkan berat dan bahan padat agregat persatuan volume juga meningkat secara bertahap sampai adanya penambahan kadar air tertentu yang akan dapat menurunkan berat volume kering dari agregat tersebut. Keadaan dimana kadar air memberikan berat volume kering maksimum disebut kadar air optimum (*Optimum Moisture Content*). Perhitungannya dapat dilihat pada tabel dan gambar dibawah ini :



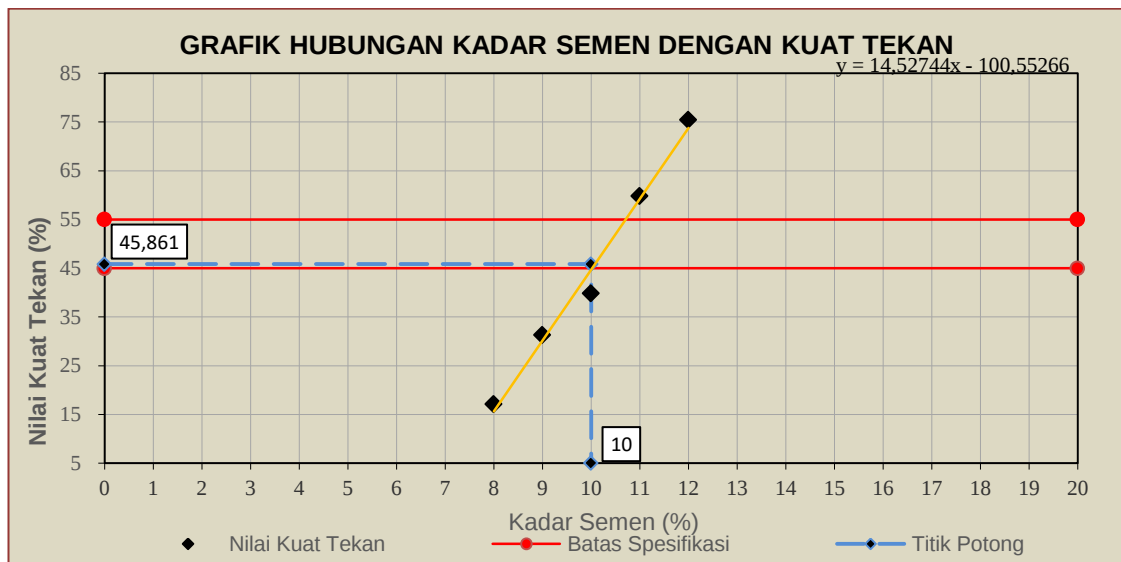
Gambar 4.4. Grafik Hubungan Kadar Air dengan Berat Kering

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium PU NTT

4.8.2. Hubungan Kuat Tekan dengan Kadar Semen

Dari gambar, nilai kuat tekan akan semakin meningkat sering dengan penambahan kadar semen secara bertahap. Hal ini disebabkan karenah semen merupakan semen hidrolis artinya bahan peningkat ini akan mengeras jika bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen. Kekekalan pasta semen yang telah mengeras merupakan suatu ukuran yang menyatakan kemampuan pengembangan bahan – bahan campuran dan kemampuan untuk mempertahankan volume setelah pengikat terjadi sehingga pasta semen cukup kaku menahan tekanan. Selain itu fungsi utama semen adalah mengikat atau merekatkan butir – butir agregat hingga membentuk massa padat dan mengisi rongga – rongga udara di antara butir – butir agregat sehingga membentuk kedudukan yang lebih padat atau rapat.

Semen akan berfungsi secara maksimal jika seluruh pori antara butir – butir agregat terisi penuh serta seluruh permukaan butir agregat terselimuti pasta semen. Sehingga pada saat penambahan semen, rekatan antara butir – butir agregat menjadi semakin kuat dan mengakibatkan peningkatan pada nilai kuat tekannya, tetapi sebaliknya jika semennya sedikit maka tidak cukup untuk mengisi pori – pori antara butir – butir agregat dan tidak seluruh permukaan agregat terselimuti oleh pasta semen, sehingga rekatan antara butir – butir agregat menjadi kurang kuat dan berakibat kuat tekannya rendah.



Gambar 4.5. Grafik Hubungan Kadar Semen dengan Kuat Tekan

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium PU NTT