

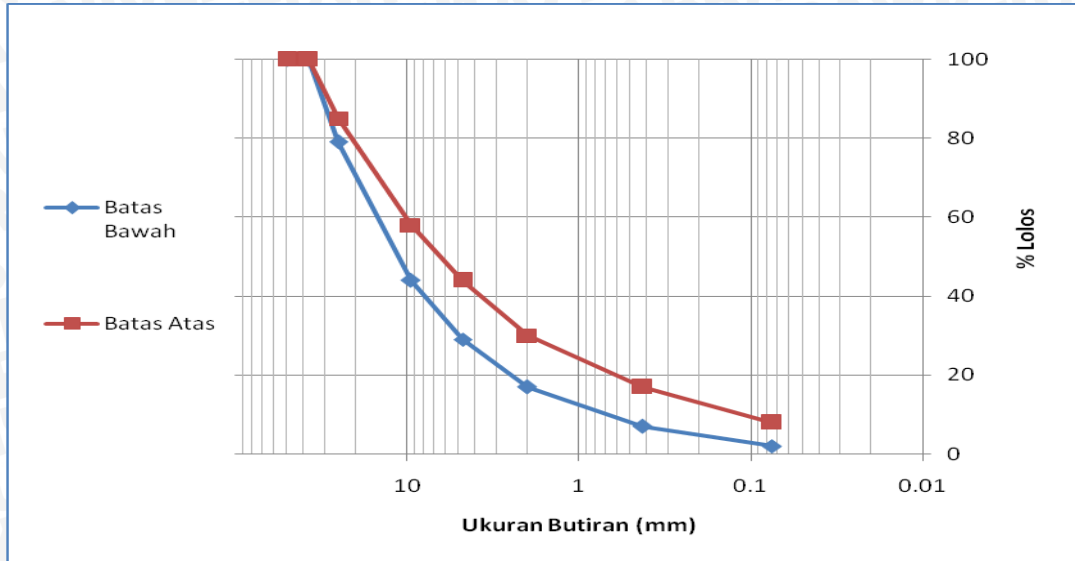
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gradasi

Gradasi yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil dari penelitian sebelumnya yang memiliki porositas, permeabilitas, dan CBR yang baik. Hal ini mengacu pada fungsi jalan yang digunakan merupakan jalan lingkungan yang tembus air, sehingga perlu mempertimbangkan persyaratan tersebut. Kebutuhan berat gradasi baseline dan gradasi modifikasi ditunjukkan pada Tabel 4.1. Tiga macam gradasi hasil modifikasi gradasi ditunjukkan pada Grafik 4.1 hingga Grafik 4.5. Gradasi yang digunakan dalam penelitian ini digunakan dari hasil penelitian yang sebelumnya memiliki porositas, permeabilitas, dan CBR yang baik.

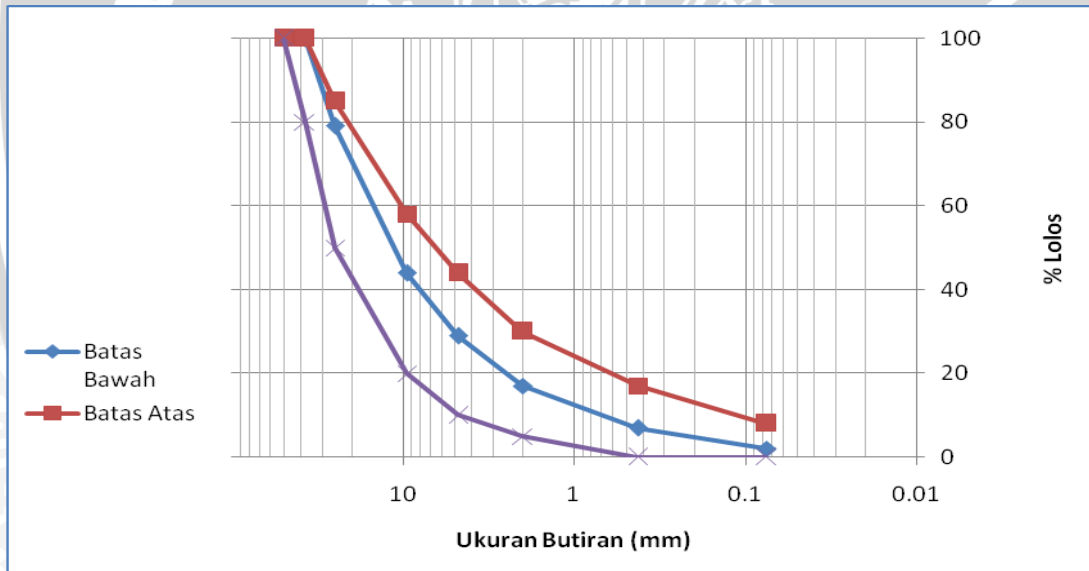
Tabel 4. 1 Berat lolos kumulatif pada variasi gradasi dan baseline

Ukuran Ayakan	Diameter	Kelas A		Variasi Gradasi		
		Batas Bawah	Batas Atas	X1	X2	X3
2"	50	0	0	0	0	0
1.5"	37.5	0	0	1100	2750	0
1"	25	1155	825	1650	1100	990
3/8"	9.5	1925	1485	1650	1375	1760
no. 4	4.75	825	770	550	275	825
no. 10	2	660	770	275	0	550
no. 40	0.425	550	715	275	0	825
no. 200	0.075	275	495	0	0	275



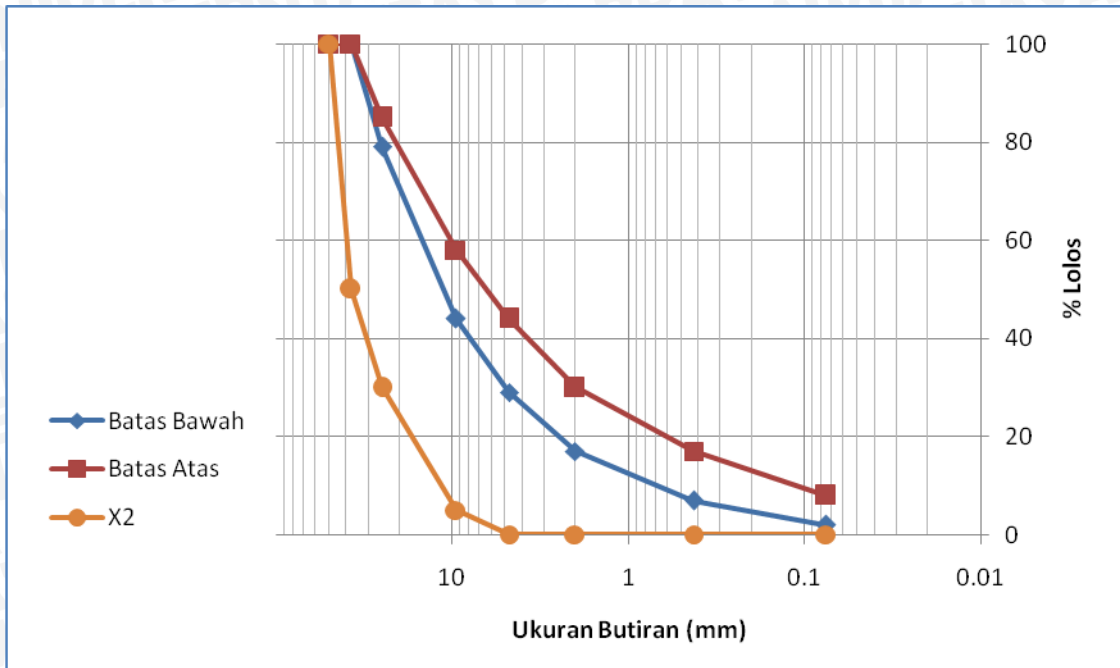
Gambar 4. 1 Gradasi baseline (Batas Atas dan batas Bawah)

Pada Gambar 4.1 merupakan batas atas dan batas bawah yang merupakan peraturan Bina Marga.



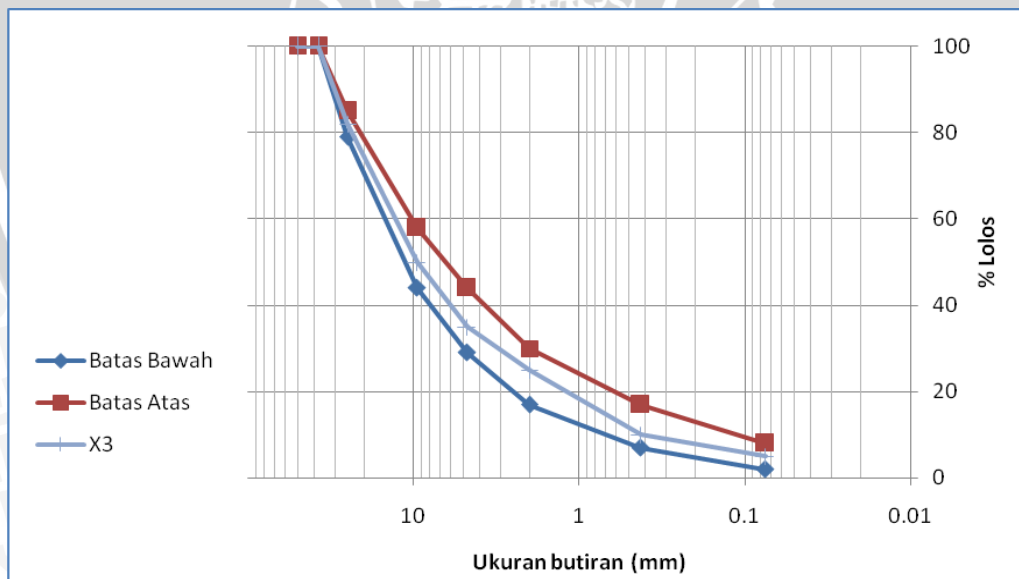
Gambar 4. 2 Gradasi X1 terhadap baseline

Gambar 4.2 merupakan gradasi X1 letak gradasi tersebut berada diluar range Bina Marga. Hal ini dimaksudkan untuk mencari nilai CBR yang tinggi dengan porositas yang tinggi pula.



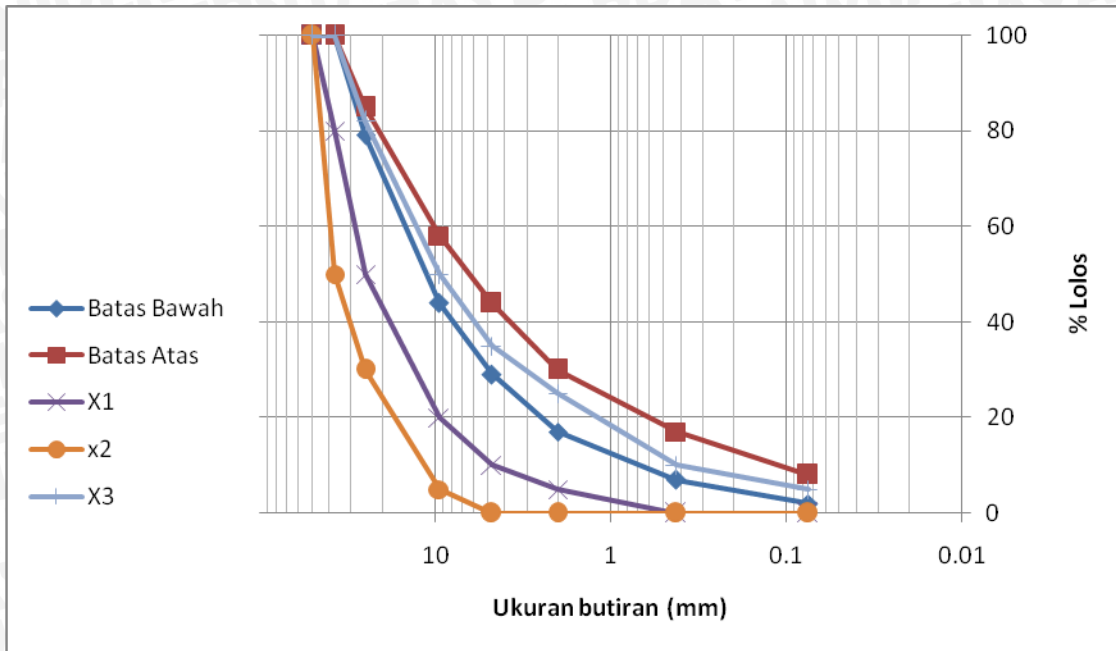
Gambar 4.3 Gradasi X2 terhadap baseline

Gambar 4.3 merupakan gradasi X1 letak gradasi tersebut berada diluar range Bina Marga. Hal ini dimaksudkan untuk mencari nilai CBR yang tinggi dengan porositas yang tinggi pula. Namun agregat kasar yang dimiliki gradasi X2 lebih banyak dibanding dengan gradasi X1.



Gambar 4.4 Gradasi X3 terhadap baseline

Gambar 4.4 merupakan grafik X3 yang berada didalam range *baseline* 1 ini bertujuan untuk mengetahui nilai CBR maksimum yang didapat dari baseline Binamarga.



Gambar 4.5 Grafik gradasi baseline , X1, X2, dan X3

. Gambar 4.5 merupakan gabungan dari gradasi X1, X2, X3 dan *baseline*, pada grafik tersebut diperlihatkan bahwa gradasi dengan ukuran butiran kasar terletak dibawah sendiri, semakin keatas ukuran butiran kasar semakin sedikit

. Besar kecilnya ukuran butiran erat kaitannya dengan permeabilitas dan porositas. Hal ini berhubungan dengan permeabilitasnya semakin besar, sehingga menyebabkan nilai CBR rendah. Tujuan lain dari penelitian ini untuk mendapatkan CBR maksimal yang dapat dicapai akibat modifikasi gradasi agregat pondasi *porous pavement*. Karena *porous pavement* direncanakan dari yang terbesar dimulai dari untuk jalan lingkungan, maka sesuai ketentuan binamarga, lapisan pondasi gradasi pada penelitian ini menggunakan material slag baja yang sesuai dengan penelitian sebelumnya memiliki nilai CBR > 60%.

Dalam analisa saringan juga dihitung untuk nilai koefisien keseragaman (Cu) dan koefisien gradasi (Cc). Tujuan dihitung nilai Cu dan Cc adalah untuk mengetahui keseragaman gradasi dari hasil modifikasi gradasi *porous pavement*.

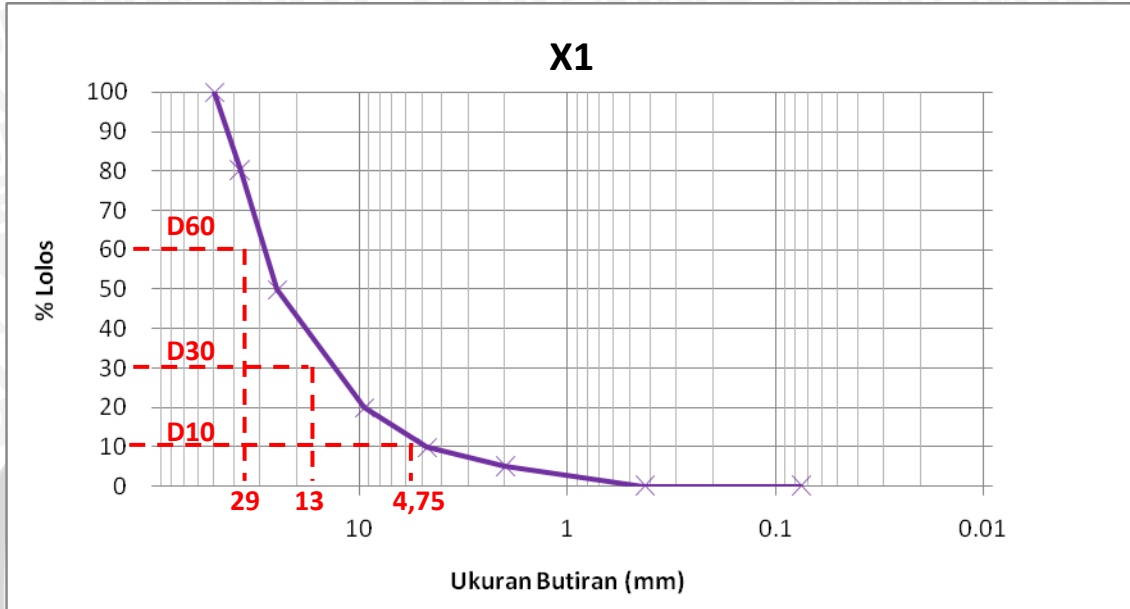
Cara menghitung nilai koefisien keseragaman (Cu) yaitu dengan rumus :

$$Cu = \frac{D60}{D10}$$

Sedangkan untuk menghitung nilai koefisien gradasi (Cc):

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

Contoh perhitungan nilai Cu dan Cc:



Dari grafik di atas diperoleh :

D10 = 4,75 mm ; D30 = 13 mm ; D60 = 29 mm

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{29}{4,75} = 6,105 ; C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{13^2}{4,75 \times 29} = 1,227$$

Untuk nilai Cu dan Cc masing masing gradasi dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Nilai Cu dan Cc masing masing gradasi

Gradasi	D10	D30	D60	Cu	Cc
X1	4,75	13	29	6,105	1,227
X2	11	25	40	3,636	1,420
X3	0,425	3	14	33	1,513
BA	0,14	2	10	71	2,857
BB	0,8	4,75	15	18,750	1,880

Dari Tabel 4.2 diperoleh nilai Cu dengan rentang antara 3-70. Tanah bergradasi baik akan mempunyai koefisien keseragaman lebih besar dari 4 untuk kerikil dan 6 untuk pasir. Dari tabel yang memiliki koefisien keseragaman kurang dari 4 adalah dan X2. Sedangkan gradasi yang memiliki koefisien lebih dari 6 yaitu X1, X3, BA, dan BB. Selain nilai Cu juga didapatkan nilai Cc yang menyatakan koefisien gradasi. Nilai Cc yang diperoleh

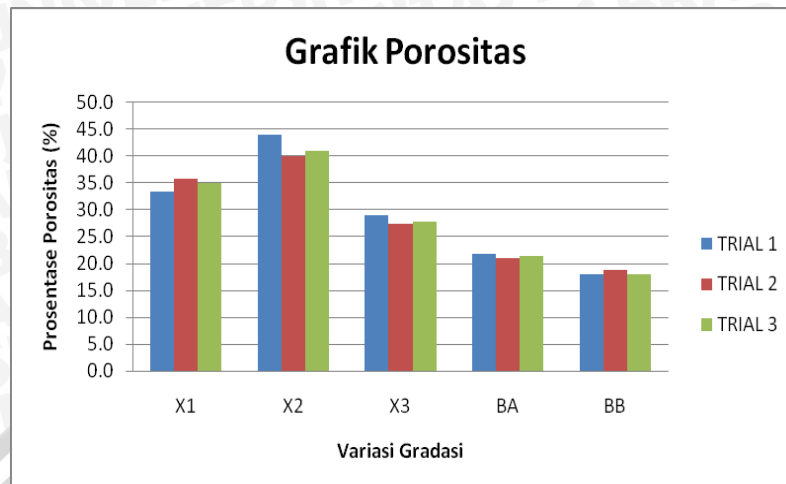
mempunyai range antara 1-3. Rentang nilai untuk koefisien gradasi antara 1 dan 3 (untuk kerikil dan pasir). Semua gradasi mempunyai nilai C_c diantara range tersebut sehingga dapat dikatakan *well graded*.

4.2 Porositas

Pengujian porositas bertujuan untuk mengetahui prosentase antara volume ruang kosong atau rongga dengan volume keseluruhan tanah. Untuk mengetahui volume ruang kosong atau rongga udara dapat dilakukan dengan cara mengisi dengan air, volume air yang masuk kedalam benda uji sama dengan volume ruang kosong yang diisi rongga udara. Hasil pengujian porositas yang disajikan pada Tabel 4.2

Tabel 4. 3 Hasil pengujian porositas, Agung Wardana, 2013

Gradasi	Benda Uji	Sisa Air	Volume Air masuk	Porositas	Rata- rata Porositas
		mL	mL	%	%
X1	1	400	785.699	33.311	34.583
	2	340	845.699	35.855	
	3	360	825.699	35.007	
X2	1	150	1035.699	43.911	41.650
	2	240	945.699	40.095	
	3	220	965.699	40.943	
X3	1	500	685.699	29.072	28.082
	2	540	645.699	27.376	
	3	530	655.699	27.800	
BA	1	670	515.699	21.864	21.440
	2	690	495.699	21.016	
	3	680	505.699	21.440	
BB	1	760	425.699	18.048	18.331
	2	740	445.699	18.896	
	3	760	425.699	18.048	



Gambar 4. 6 Grafik porositas pada variasi agregat

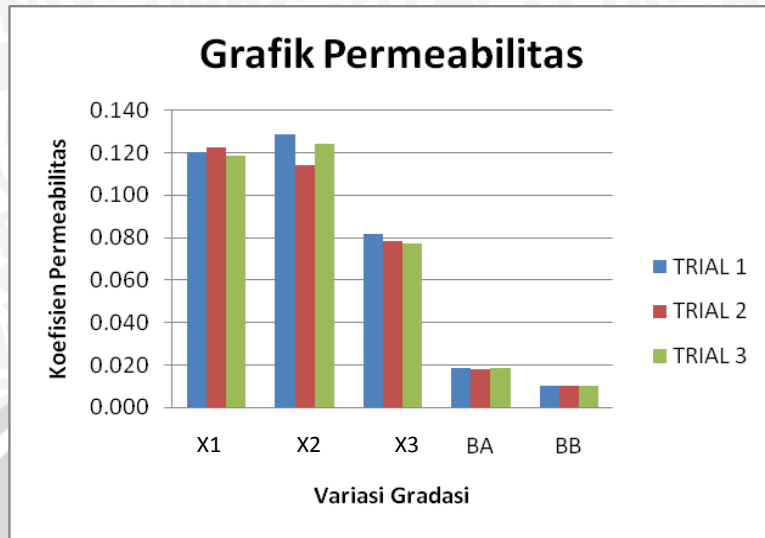
Pada Gambar 4.6 menunjukkan porositas paling besar didapat dari gradasi X2. Pada gradasi X1 dan X2 memiliki porositas yang lebih besar dibandingkan dengan gradasi X3, BA dan BB. Hal ini disebabkan gradasi X1 dan X2 cenderung bergradasi kasar, sehingga rongganya lebih besar sehingga dapat mudah meloloskan air.

4.3 Permeabilitas

Pengujian permeabilitas bertujuan untuk mengetahui kecepatan aliran air yang melewati suatu benda uji. Dalam penelitian ini benda uji yang digunakan adalah material granular, sehingga digunakan permeabilitas dengan metode *constand* head. Nilai permeabilitas (k) untuk agregat berukuran $\frac{1}{4}$ " adalah 1250 inch/hour atau sekitar 0,88 cm/det. Hasil percobaan constant head secara teoritis disajikan pada Tabel 4.3

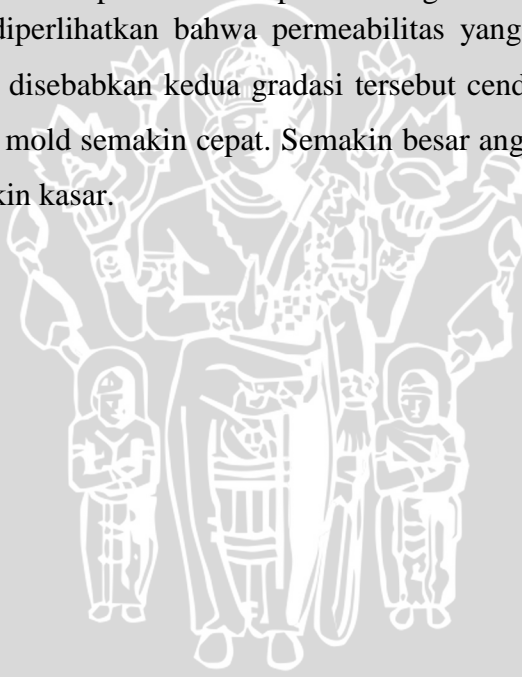
Tabel 4. 4 Koefisien permeabilitas pada masing-masing gradasi, Agung Wardana, 2013

Gradasi	PERCOBAAN PERMEABILITAS			
	TRIAL 1	TRIAL 2	TRIAL 3	RATA-RATA
X1	0.120	0.123	0.119	0.121
X2	0.129	0.114	0.124	0.122
X3	0.082	0.078	0.078	0.079
BA	0.019	0.018	0.018	0.018
BB	0.010	0.010	0.010	0.010



Gambar 4. 7 Grafik permeabilitas pada masing-masing gradasi

Pada Gambar 4.7 diperlihatkan bahwa permeabilitas yang terbesar terletak pada gradasi X1 dan X2, hal ini disebabkan kedua gradasi tersebut cenderung bergradasi kasar sehingga aliran air didalam mold semakin cepat. Semakin besar angka permeabilitas, maka gradasi yang dimiliki semakin kasar.



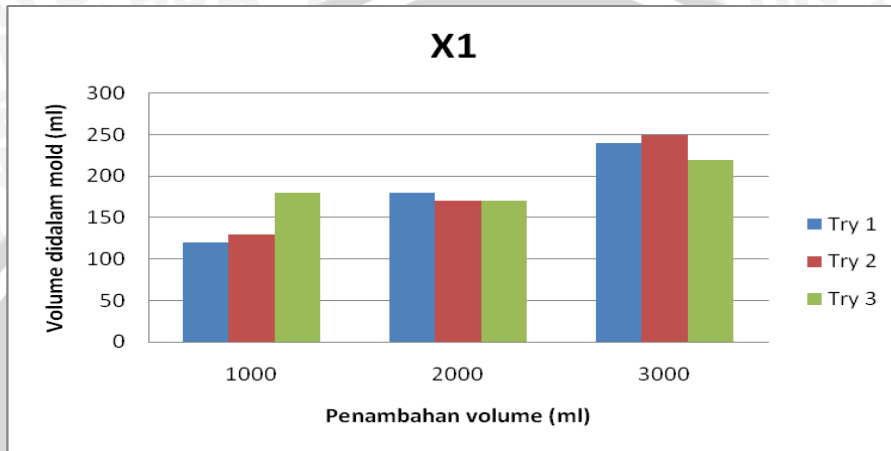
4.4 Penambahan Volume (Pengaliran Air)

Pada penelitian ini difungsikan untuk mengetahui jumlah air yang tertampung didalam gelas ukur. Dengan cara pengaliran air yang berbeda-beda tiap gradasi.

Tabel 4.5 Hasil Pengaliran air 1000 ml dan 2000 ml

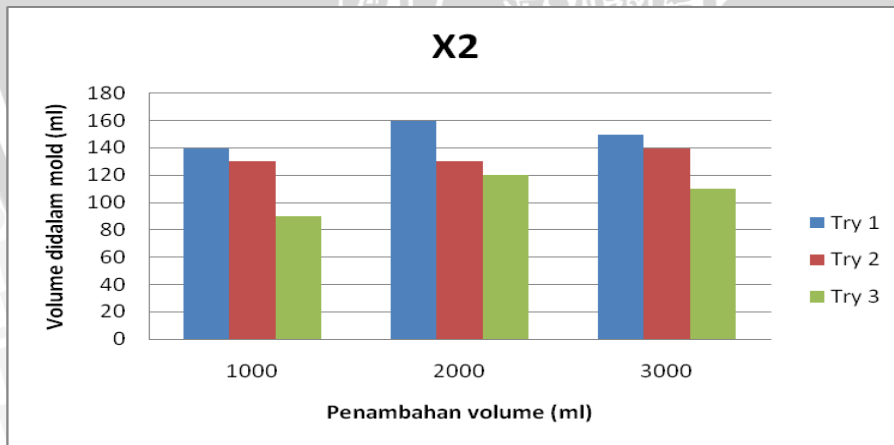
GRADASI	VOLUME TERTAMPUNG DENGAN PENAMBAHAN VOL 1000 ml		VOLUME TERTAHAN DENGAN PENAMBAHAN VOL 1000 ml		VOLUME TERTAMPUNG DENGAN PENAMBAHAN VOL 2000 ml		VOLUME TERTAHAN DENGAN PENAMBAHAN VOL 2000 ml		VOLUME TERTAMPUNG DENGAN PENAMBAHAN VOL 3000 ml		VOLUME TERTAHAN DENGAN PENAMBAHAN VOL 3000 ml	
	ml		ml		ml		ml		ml		ml	
X1	880	ml	120	ml	1820	ml	180	ml	2760	ml	240	ml
	870	ml	130	ml	1830	ml	170	ml	2750	ml	250	ml
	820	ml	180	ml	1830	ml	170	ml	2780	ml	220	ml
X2	860	ml	140	ml	1840	ml	160	ml	2850	ml	150	ml
	870	ml	130	ml	1870	ml	130	ml	2860	ml	140	ml
	910	ml	90	ml	1880	ml	120	ml	2890	ml	110	ml
X3	740	ml	260	ml	1650	ml	350	ml	2560	ml	440	ml
	760	ml	240	ml	1700	ml	300	ml	2680	ml	320	ml
	690	ml	310	ml	1660	ml	340	ml	2680	ml	320	ml
BB	700	ml	300	ml	1600	ml	400	ml	2600	ml	400	ml
	660	ml	340	ml	1730	ml	270	ml	2660	ml	340	ml
	680	ml	320	ml	1690	ml	310	ml	2600	ml	400	ml
BA	770	ml	230	ml	1680	ml	320	ml	2740	ml	260	ml
	700	ml	300	ml	1650	ml	350	ml	2660	ml	340	ml
	720	ml	280	ml	1650	ml	350	ml	2700	ml	300	ml

Pengaliran air ini seperti volume air hujan di keadaan nyata, dengan pengaliran air yang berbeda-beda, hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah air yang melewati lapis pondasi *porous pavement* Kemudian air yang tertampung di bawah mold diukur volumenya sebagai volume tertampung. Lalu volume dalam mold dihitung dengan cara menghitung selisih volume air yang dimasukkan dengan volume tertampung.



Gambar 4. 8 Grafik Jumlah volume air didalam mold pada gradasi X1

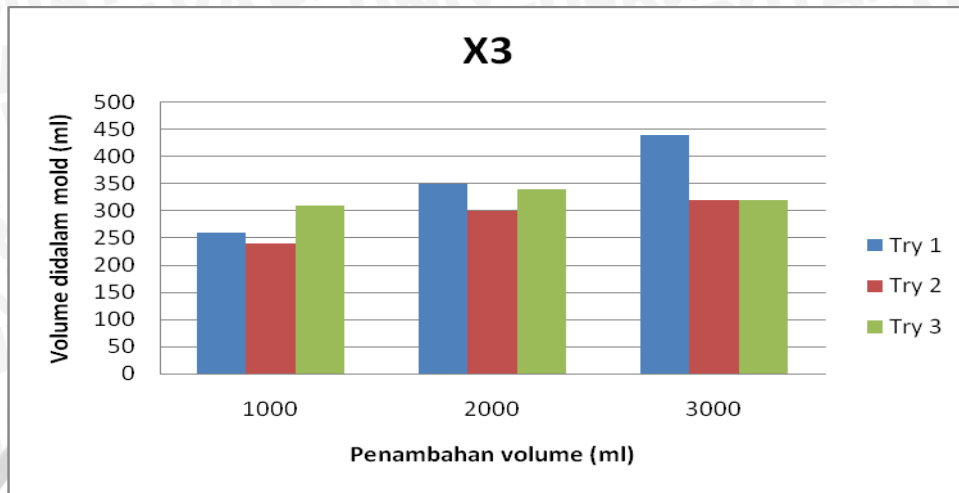
Pada Gambar 4.8 menunjukkan volume air yang tertahan di dalam mold untuk gradasi X1. Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin banyak volume air yang diberikan, maka volume yang tertahan di mold juga bertambah.



Gambar 4. 9 Grafik Jumlah volume air didalam mold pada gradasi X2

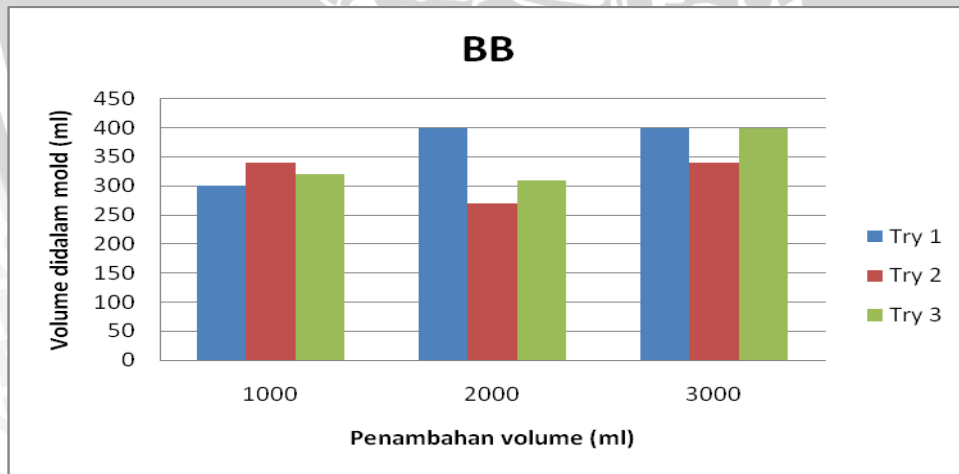
Pada Gambar 4.9 menunjukkan volume air yang tertahan di dalam mold untuk gradasi X2. Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin banyak volume air yang diberikan, maka volume yang tertahan di mold juga bertambah, namun tidak terlalu signifikan

perubahannya. Hal ini disebabkan pada gradasi X2 cenderung bergradasi kasar, sehingga mudah meloloskan air.



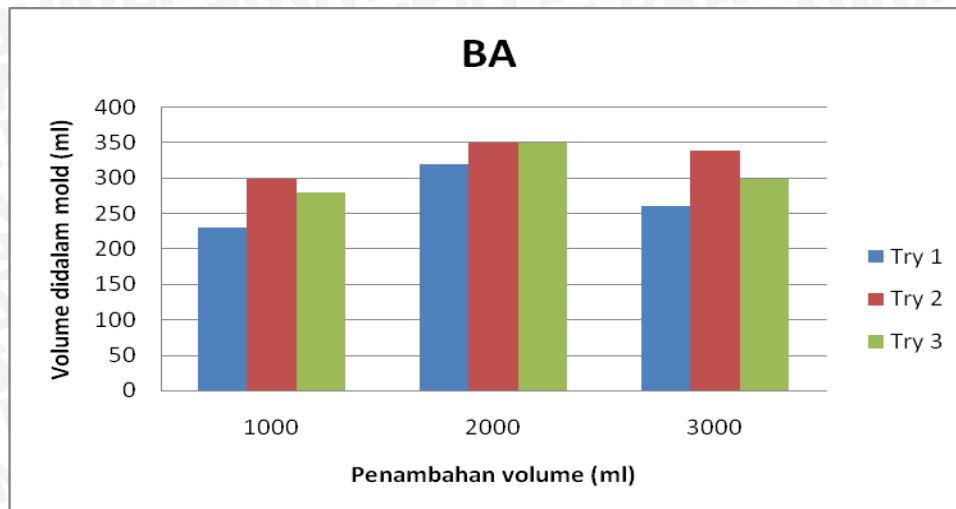
Gambar 4. 10 Grafik Jumlah volume air didalam mold pada gradasi X3

Pada Gambar 4.10 menunjukkan volume air yang tertahan di dalam mold untuk gradasi X3. Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin banyak volume air yang diberikan, maka volume yang tertahan di mold juga bertambah Hal ini disebabkan pada gradasi X3 cenderung bergradasi halus, sehingga air yang masuk kedalam mold akan terperangkap pada rongga-rongga didalam mold.



Gambar 4. 11 Grafik Jumlah volume air didalam mold pada gradasi X3

Pada Gambar 4.11 menunjukkan volume air yang tertahan di dalam mold untuk gradasi BB. Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin banyak volume air yang diberikan, maka volume yang tertahan di mold juga bertambah namun tidak terlalu signifikan.



Gambar 4.12 Grafik Jumlah volume air didalam mold pada gradasi X3

Pada Gambar 4.12 menunjukkan volume air yang tertahan di dalam mold untuk gradasi BA. Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin banyak volume air yang diberikan, maka volume yang tertahan di mold juga bertambah namun tidak terlalu signifikan.

4.5 CBR (*California Bearing Ratio*)

Pada penelitian ini mencari pengaruh nilai CBR akibat penambahan volume air ke dalam lapisan pondasi *porous pavement*. *California Bearing Ratio* menggunakan *proving ring* dengan beban maksimum 10.000 lbs dengan faktor kalibrasi 49,02 lbs/div. (sertifikat kalibrasi terlampir), dan luas piston sebesar 3,0 inch².

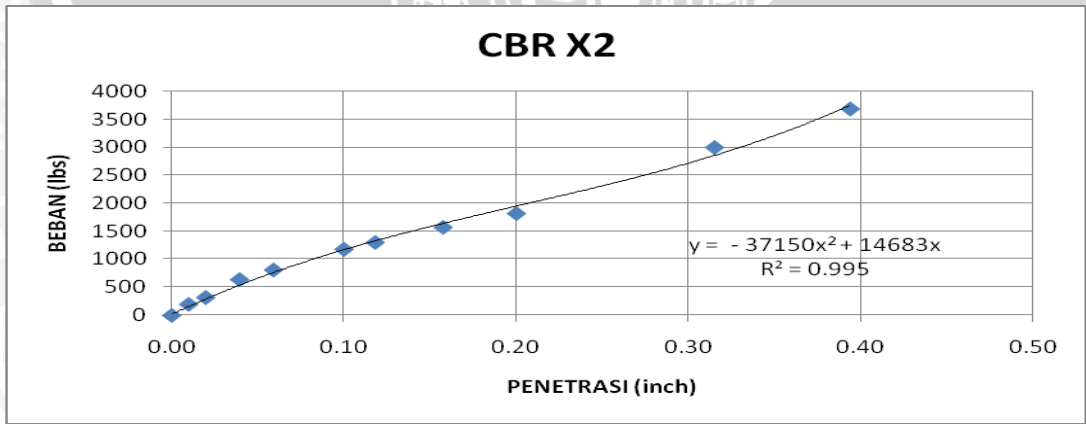
Dalam perhitungan pengujian CBR terdapat 3 tipe kurva *load-penetration*, yaitu kurva berbentuk cembung, kurva berbentuk cekung-cembung, dan kurva cekung.

4.5.1 Contoh perhitungan CBR (Berbentuk Cembung)

Pembacaan CBR pada gradasi X2 sebelum dilakukan percobaan pengaliran air yang ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 6 Hasil pembacaan CBR pada gradasi X2 sebelum

Penetrasi	Penetrasi	Pembacaan	Beban
mm	inch	proving ring	(Lbs)
0	0.0000	0	0
0.25	0.0098	4	196.08
0.5	0.0197	6.5	318.63
1	0.0394	13	637.26
1.5	0.0591	16.5	808.83
2.5	0.1	24	1176.48
3	0.1181	26.5	1299.03
4	0.1575	32	1568.64
5.0	0.2	37	1813.74
8	0.3	61	2990.22
10	0.3937	75	3676.5



Gambar 4. 13 Grafik pembacaan CBR pada gradasi X2 dalam keadaan OMC

Dengan memasukkan nilai 0.1” dan 0.2” kedalam persamaan pada grafik $y = -37150x^2 + 14683x$, maka akan didapatkan beban pada penetrasi 0.1” dan 0.2” untuk gradasi X2 sebelum adalah:

$$\begin{aligned} \text{Beban Penetrasi 0.1''} &= -37150(0.1'')^2 + 14683(0.1'') \\ &= 1150.8 \text{ lbs} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Penetrasi 0.2''} &= -37150(0.2'')^2 + 14683(0.2'') \\ &= 1666.6 \text{ lbs} \end{aligned}$$

Dengan rumus CBR (%) = $\frac{\text{BEBAN}}{\text{BEBAN STANDARAT}} \times 100\%$, didapatkan hasil

Tabel 4. 7 Hasil nilai CBR 0,1” dan CBR 0,2” untuk gradasi X2 terendam try 1

Penetrasi	Beban	Beban Standart	CBR (%)
0.1"	1150.8	3000	38.36
0.2"	1666.6	4500	37.04



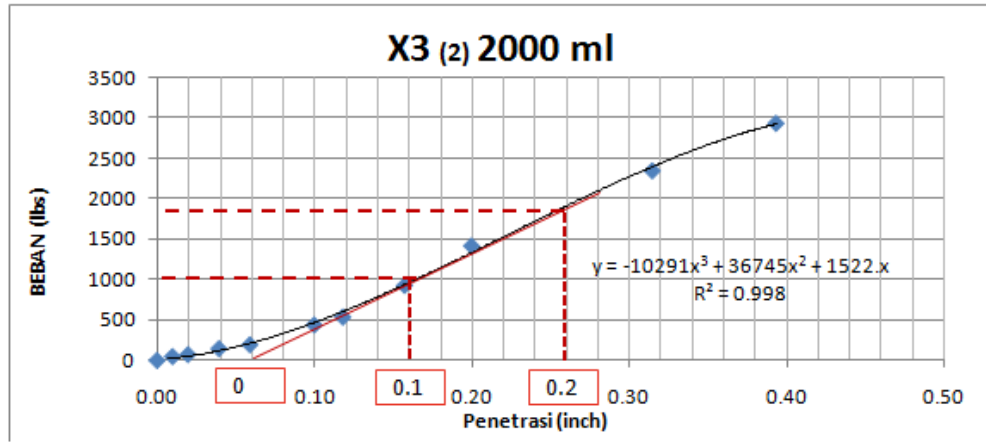
4.5.2 Contoh perhitungan CBR (Berbentuk Cekung-cembung)

Contoh perhitungan selanjutnya adalah, ketika grafik CBR membentuk cekung-cembung, maka untuk penyelesaiannya sebagai berikut:

Tabel 4. 8 CBR pada gradasi X3 dengan penambahan 2000 ml

Penetrasi	Penetrasi	Pembacaan	Beban
mm	inch	proving ring	(Lbs)
0	0.0000	0	0
0.25	0.0098	1	49.02
0.5	0.0197	1.5	73.53
1	0.0394	3	147.06
1.5	0.0591	4	196.08
2.5	0.1	9	441.18
3	0.1181	11	539.22
4	0.1575	19	931.38
5.0	0.2	29	1421.58
8	0.3	48	2352.96
10	0.3937	60	2941.2





Gambar 4. 14 Grafik pembacaan CBR pada gradasi X3 pada pengaliran air 2000 ml

Dengan memasukkan nilai 0.1” dan 0.2” kedalam persamaan pada grafik $y = 36745x^2 + 1522x$, maka akan didapatkan beban pada penetrasi 0.1” dan 0.2” untuk gradasi X3 adalah:

$$\begin{aligned} \text{Beban Penetrasi 0.1"} &= -10291 (0.175")^3 + 36745 (0.175")^2 + 1522 (0.175") \\ &= 1201.47 \text{ lbs} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Penetrasi 0.2"} &= -10291 (0.275")^3 + 36745 (0.275")^2 + 1522 (0.275") \\ &= 2168.193 \text{ lbs} \end{aligned}$$

Dengan rumus CBR (%) = $\frac{\text{BEBAN}}{\text{BEBAN STANDARAT}} \times 100\%$, didapatkan hasil

Tabel 4. 9 Hasil nilai CBR 0,1” dan CBR 0,2” untuk gradasi X3 pada pengaliran air 2000 ml

Penetrasi	Beban	Beban Standart	CBR (%)
0.1"	1201.47	3000	43.38
0.2"	2168.193	4500	48.18

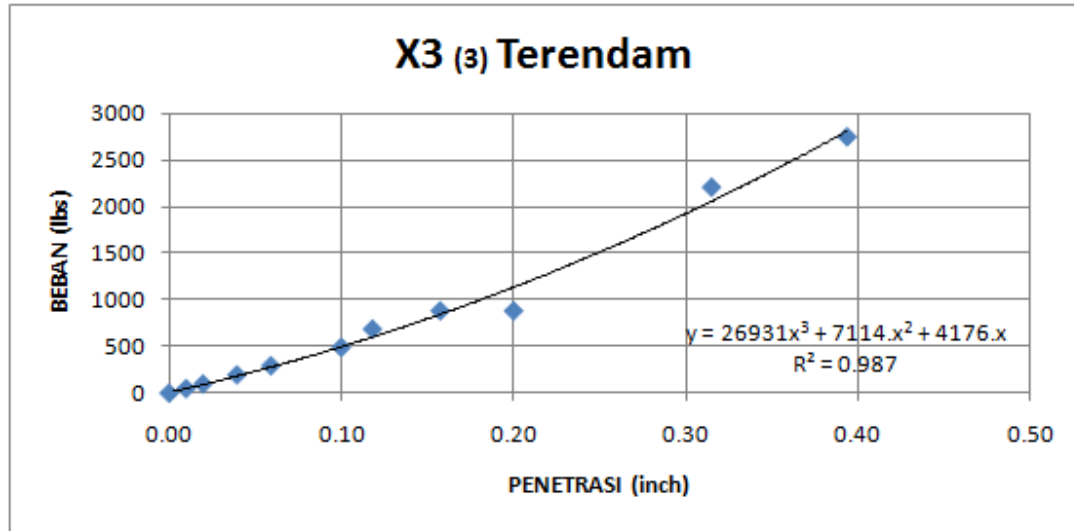
4.5.3 Contoh perhitungan CBR (Berbentuk Cekung-cembung)

Contoh perhitungan selanjutnya adalah, ketika grafik CBR membentuk cekung saja, maka untuk penyelesaiannya sebagai berikut:

Tabel 4. 10 CBR pada gradasi X3 dalam keadaan terendam

Penetrasi mm	Penetrasi inch	Pembacaan proving ring	Beban (Lbs)
0	0.0000	0	0
0.25	0.0098	1	49.02
0.5	0.0197	2	98.04
1	0.0394	4	196.08
1.5	0.0591	6	294.12
2.5	0.1	10	490.2
3	0.1181	14	686.28
4	0.1575	18	882.36
5.0	0.2	18	882.36
8	0.3	45	2205.9
10	0.3937	56	2745.12





Gambar 4. 15 Grafik pembacaan CBR pada gradasi X3 dalam keadaan terendam

Dengan memasukkan nilai 0.1” dan 0.2” kedalam persamaan pada grafik $y = 7114x^2 + 4176x$, maka akan didapatkan beban pada penetrasi 0.1” dan 0.2” untuk gradasi X3 adalah:

$$\begin{aligned} \text{Beban Penetrasi 0.1"} &= 26931 (0.1")^3 + 7114 (0.1")^2 + 4176 (0.1) \\ &= 484.91 \text{ lbs} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Penetrasi 0.2"} &= 26931 (0.2")^3 + 7114 (0.2")^2 + 4176 (0.2) \\ &= 1088.97 \text{ lbs} \end{aligned}$$

Dengan rumus CBR (%) = $\frac{\text{BEBAN}}{\text{BEBAN STANDARAT}} \times 100\%$, didapatkan hasil

Tabel 4. 11 Hasil nilai CBR 0,1” dan CBR 0,2” untuk gradasi X3 pada keadaan terendam

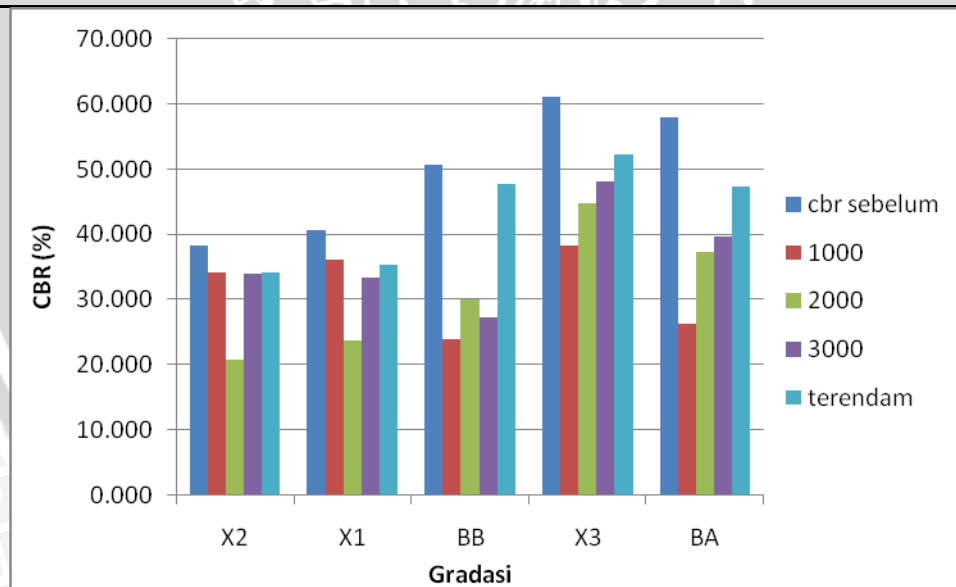
Penetrasi	Beban	Beban Standart	CBR (%)
0.1"	484.91	3000	16.16
0.2"	1088.97	4500	24.20

4.5.4 Hasil pengujian CBR

Untuk perhitungan benda uji gradasi yang lain, dilakukan cara yang sama dengan contoh perhitungan di atas. Hasil percobaan CBR untuk masing masing gradasi diambil rata-rata ditunjukkan pada tabel 4.10. Untuk lebih jelasnya di perlihatkan pada Gambar 4.16

Tabel 4. 12 Hasil nilai CBR yang diurutkan berdasarkan ukuran butir gradasi

No	Gradasi	CBR Sebelum	CBR dengan Penambahan Vol 1000	CBR dengan Penambahan Vol 2000	CBR dengan Penambahan Vol 3000	CBR terendam
1	X2	38.360	34.214	20.895	33.980	34.267
2	X1	40.717	36.181	23.890	33.471	35.413
3	BB	50.663	24.067	30.024	27.375	47.714
4	X3	61.228	38.358	44.781	48.269	52.368
5	BA	57.923	26.354	37.442	39.660	47.470



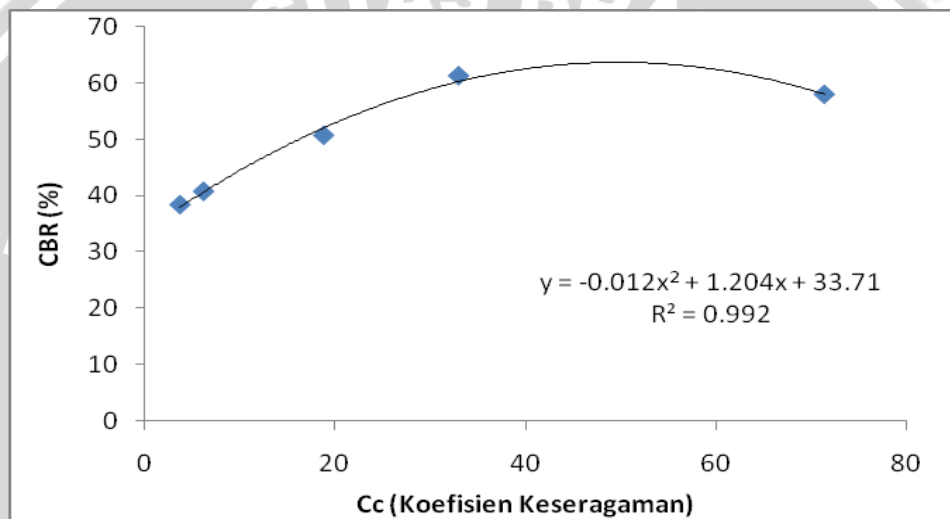
Gambar 4. 16 Nilai CBR untuk berbagai perlakuan pada masing-masing gradasi

Gambar 4.16 menunjukkan grafik CBR semua gradasi yang telah diurutkan berdasarkan karakteristik gradasi dalam jumlah ukuran butir yang terkandung dan prosentase lolos agregatnya. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin sedikit butir agregat berukuran besar yang terkandung pada gradasi, maka nilai CBR

akan naik. Gradasi X3 memiliki harga CBR yang paling tinggi karena bergradasi baik. Pengaliran air juga mempengaruhi nilai CBR, dimana secara umum terjadi penurunan harga CBR. Perendaman juga mempengaruhi nilai CBR. Pengaruh volume air yang melewati lapisan lebih besar dibandingkan dengan perendaman.

4.6 Hubungan Gradasi Agregat dengan Nilai CBR

Hubungan antara gradasi agregat dengan nilai CBR dapat dilihat pada Gambar 4.17. Gradasi diurutkan berdasarkan karakteristik gradasi agregat, yaitu dari agregat bergradasi paling kasar ke agregat bergradasi paling halus.

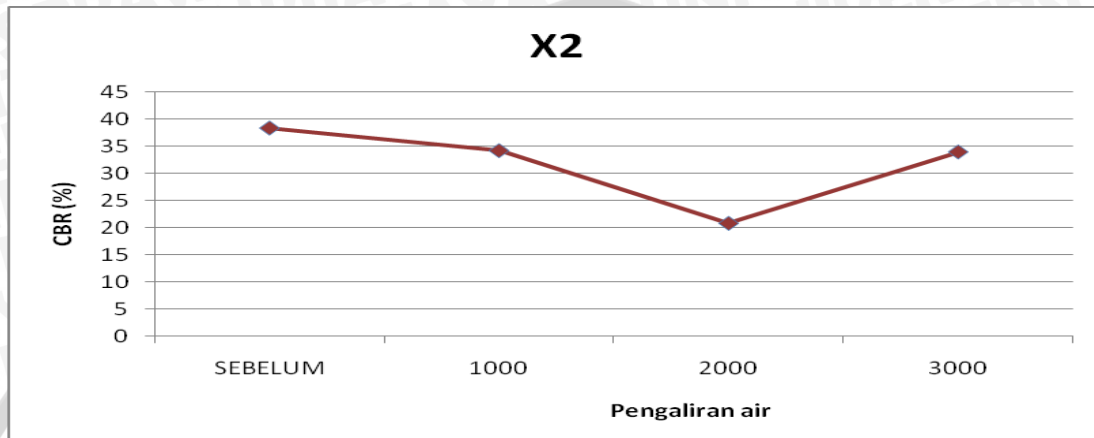


Gambar 4. 17 Grafik hubungan CBR dengan gradasi (Cu)

Dari Gambar 4.17 dapat dilihat bahwa nilai CBR dipengaruhi oleh tingkat keseragaman dari gradasi tersebut. Semakin tinggi koefisien keseragamannya, maka nilai CBR juga semakin tinggi. CBR paling tinggi adalah gradasi X3 yaitu 61,228%. Hal ini disebabkan karena X3 merupakan agregat dengan gradasi paling bervariasi, karena prosentase agregatnya terletak di antara gradasi agregat batas atas dan batas bawah. Dengan gradasi yang bervariasi tersebut, artinya gradasi X3 memiliki kepadatan paling baik, karena agregat halus mampu mengisi rongga-rongga yang kosong antar agregat kasar. Sedangkan untuk gradasi yang berada di luar range Binamarga yaitu X2 dan X1, nilai CBR yang didapat mencapai 38,360% dan 40,717%.

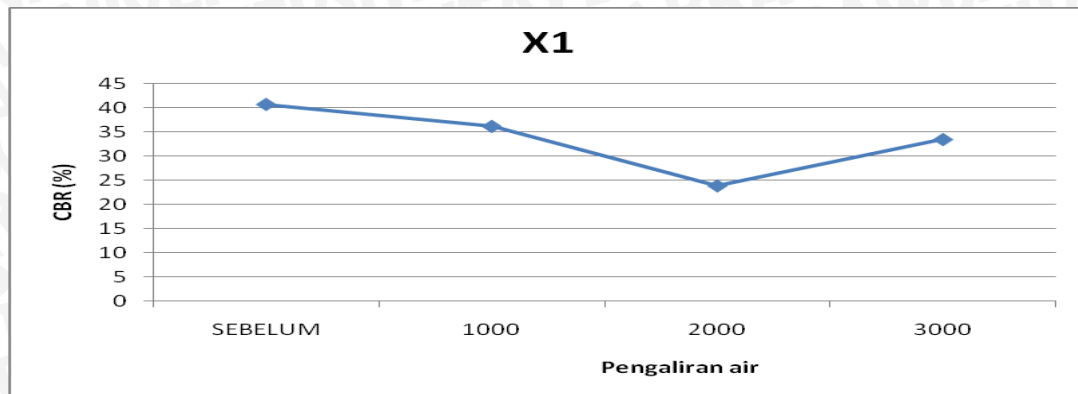
4.7 Hubungan Penambahan Volume dengan Nilai CBR

Nilai CBR sebelum pengaliran air (sebelum dilakukan penambahan air dan nilai CBR setelah dilakukan penambahan air untuk masing-masing gradasi dapat dilihat pada Gambar 4.18 sampai dengan Gambar 4.22.



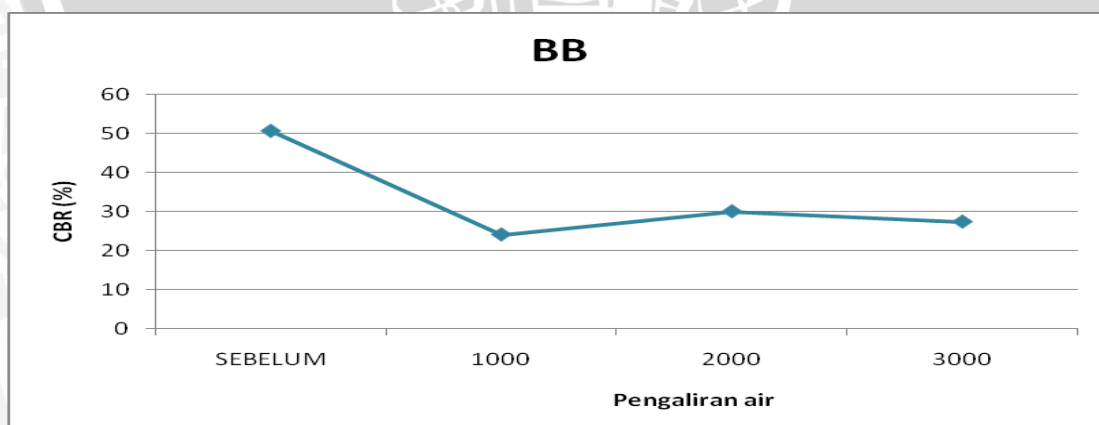
Gambar 4. 18 Grafik hubungan pengaliran air dengan nilai CBR untuk gradasi X2

Pada Gambar 4.18 diperlihatkan bahwa pada penambahan 1000 ml, CBR yang terjadi mengalami penurunan sebesar 34.214 % dari keadaan OMC, hal ini disebabkan agregat halus yang ada didalam mold sebagian mengalir kebawah, sehingga rongga-rongga didalam mold menjadi besar. Namun penurunan yang terjadi tidak terlalu besar karena sebagian besar gradasi pada sampel X2 rata-rata agregat kasar, dan agregat halus nya sedikit. Kemudian ketika diberi penambahan 2000 ml CBR yang terjadi juga mengalami penurunan sebesar 20,89%, hal ini disebabkan ketika diberi penambahan 2000 ml kemampuan agregat halus ikut mengalir kebawah sangat besar sehingga rongga didalam mold semakin besar juga. Namun ketika diberi penambahan 3000 ml air harga CBR yang terjadi naik sampai sebesar 33.980% , hal ini bisa dikarenakan ketika agregat halus nya terbawa air, agregat kasar tersusun kembali. Bentuk agregat kasar yang bersudut menyebabkan gesekan antar butiran cukup kuat sehingga CBR nya mengalami kenaikan dibandingkan dengan CBR yang dilewati 2000 ml.



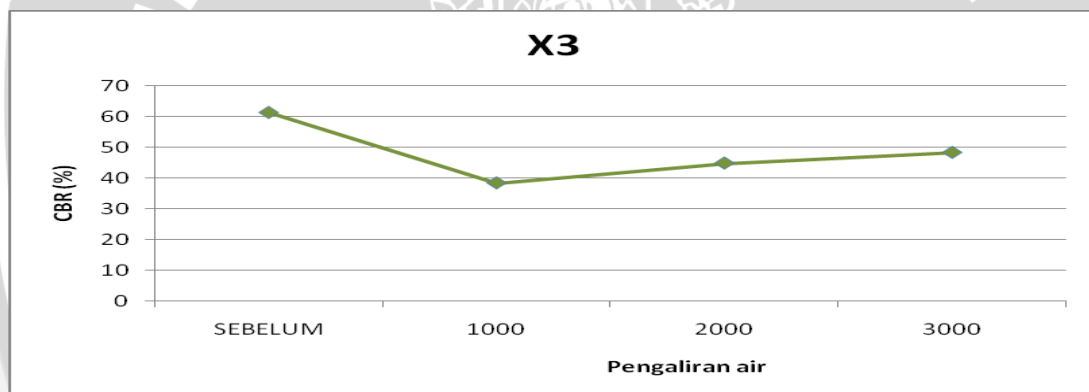
Gambar 4. 19 Grafik hubungan pengaliran air dengan nilai CBR untuk gradasi X1

Dari Gambar 4.19 merupakan nilai CBR untuk gradasi X1, kondisi diatas sama dengan gradasi X2. Diperlihatkan bahwa pada pengaliran air 1000 ml, CBR yang terjadi mengalami penurunan sebesar 36.181% dari keadaan OMC, hal ini disebabkan agregat halus yang ada didalam mold sebagian mengalir kebawah, sehingga rongga-rongga didalam mold menjadi besar. Namun penurunan yang terjadi tidak terlalu besar karena sebagian besar gradasi pada sampel X2 rata-rata agregat kasar, dan agregat halusnya sedikit. Kemudian ketika diberi penambahan 2000 ml CBR yang terjadi juga mengalami penurunan sebesar 23.890%, hal ini disebabkan ketika diberi penambahan 2000 ml kemampuan agregat halus ikut mengalir kebawah sangat besar sehingga rongga didalam mold semakin besar juga. Namun ketika diberi penambahan 3000 ml CBR yang terjadi mengalami kenaikan sebesar 33.471% , hal ini bisa dikarenakan akibat bentuk material *Slag* baja yang tidak beraturan (bersudut), sehingga daya ikat antar agregat slag menjadi tinggi.



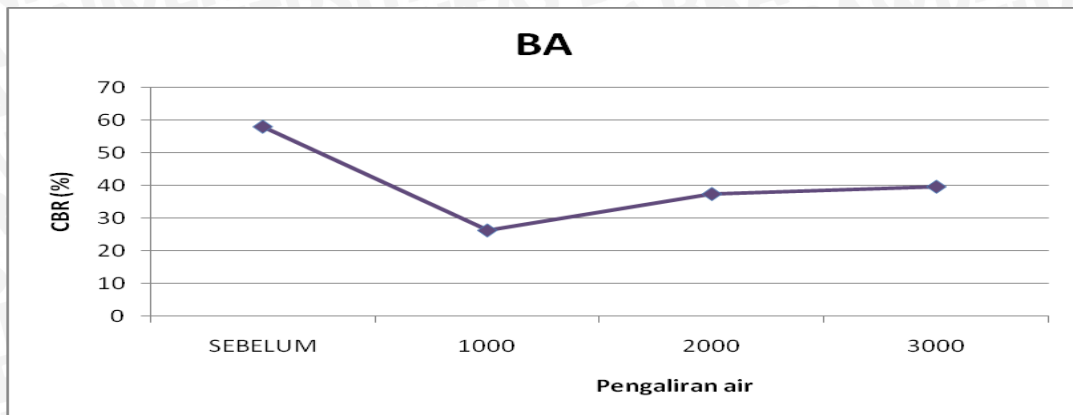
Gambar 4. 20 Grafik hubungan pengaliran air dengan nilai CBR untuk gradasi BB

Dari Gambar 4.20 untuk gradasi BB dapat disimpulkan bahwa terjadi penurunan pada setiap perlakuan pengaliran air yang diberikan. Pada waktu penambahan 1000 ml penurunan yang terjadi sangat signifikan. Hal ini disebabkan gradasi BB memiliki gradasi halus yang lebih banyak dibanding gradasi dan X1. Ketika penambahan 1000 ml agregat halus yang berada didalam mold ikut turun kebawah, CBR yang terjadi turun sebesar 24.067%. Kemudian pada penambahan 2000 ml CBR yang terjadi kembali naik sebesar 30.024% , hal ini disebabkan karena ketika diberikan penambahan air sebesar 2000 ml agregat yang ada didalam mold kembali merapat, selain itu juga bisa disebabkan karena bentuk material *Slag* baja yang tidak beraturan (bersudut), sehingga daya ikat antar agregat slag menjadi tinggi. Sedangkan pada waktu penambahan 3000 ml kembali turun sebesar 27.375%. namun penurunan tersebut tidak terlalu jauh ila dibandingkan dengan penambahan 2000 ml air.



Gambar 4. 21 Grafik hubungan pengaliran air dengan nilai CBR untuk gradasi X3

Dari Gambar 4.21 untuk gradasi X3 dapat disimpulkan bahwa terjadi penurunan pada setiap perlakuan pengaliran air yang diberikan. Pada waktu penambahan 1000 ml penurunan yang terjadi sangat signifikan. Hal ini disebabkan gradasi X3 memiliki gradasi halus yang lebih banyak dibanding gradasi X2, dan X1. Ketika penambahan 1000 ml agregat halus yang berada didalam mold ikut turun kebawah, CBR yang terjadi turun sebesar 38.358%. Kemudian pada penambahan 2000 ml dan 3000 ml CBR yang terjadi kembali naik sebesar 44.781% dan 48.269% , hal ini disebabkan karena ketika diberikan penambahan air sebesar 2000 ml agregat yang ada didalam mold kembali merapat, selain itu juga bisa disebabkan karena bentuk material *Slag* baja yang tidak beraturan (bersudut), sehingga daya ikat antar agregat slag menjadi tinggi.



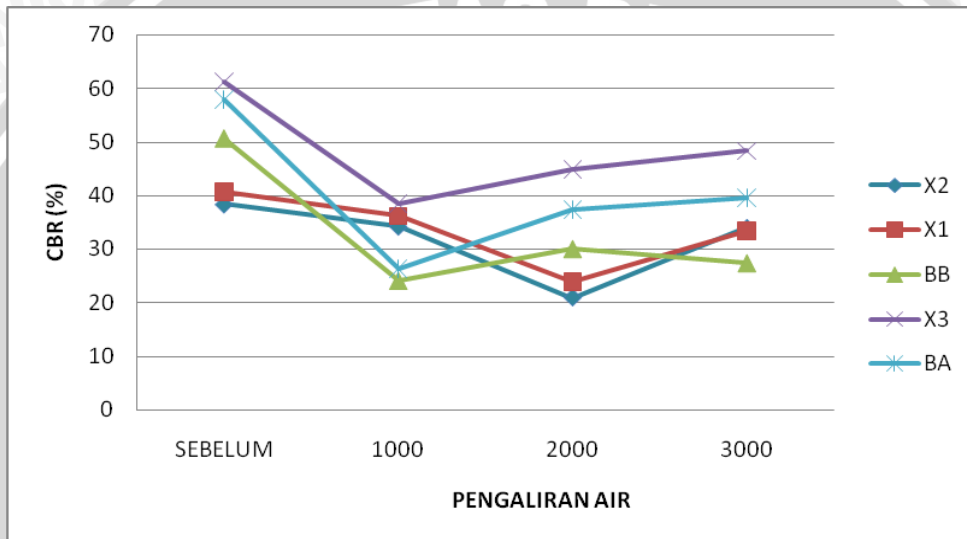
Gambar 4. 22 Grafik pengaliran air dengan nilai CBR untuk gradasi BA

Dari Gambar 4.22 untuk gradasi BA sama dengan gradasi X3 dapat disimpulkan bahwa terjadi penurunan pada setiap perlakuan pengaliran air yang diberikan. Pada waktu penambahan 1000 ml penurunan yang terjadi sangat signifikan. Hal ini disebabkan gradasi BA memiliki gradasi halus yang lebih banyak dibanding gradasi X2, dan X1. Ketika penambahan 1000 ml agregat halus yang berada didalam mold ikut turun kebawah, CBR yang terjadi turun sebesar 26.354%. Kemudian pada penambahan 2000 ml dan 3000 ml CBR yang terjadi kembali naik sebesar 37.442% dan 39.660% , hal ini disebabkan karena ketika diberikan penambahan air sebesar 2000 ml agregat yang ada didalam mold kembali merapat, selain itu juga bisa disebabkan karena bentuk material *Slag* baja yang tidak beraturan (bersudut), sehingga daya ikat antar agregat slag menjadi tinggi.

Nilai CBR setelah dialiri air menurun dari CBR sebelum pengaliran air, hal ini disebabkan karena agregat halus yang berada didalam mold ikut terbawa aliran kebawah, sehingga rongga-rongga didalam mold semakin besar, sehingga benda uji terutama yang terdiri dari agregat halus tidak mampu menahan beban CBR. Penurunan nilai CBR sebelum dan sesudah dilakukan percobaan dituliskan dalam Tabel 4.12, untuk lebih jelasnya disajikan pada grafik 4.23

Tabel 4.13 Penurunan nilai CBR setelah dilakukan percobaan pengaliran air air

No.	Gradasi	CBR Sebelum	CBR dengan Pengaliran Air	Penurunan CBR (%)
1	X2	38.360	20.895	45.528
2	X1	40.717	23.890	41.327
3	BB	50.663	27.375	45.966
4	X3	61.228	24.067	60.693
5	BA	57.923	26.354	54.501



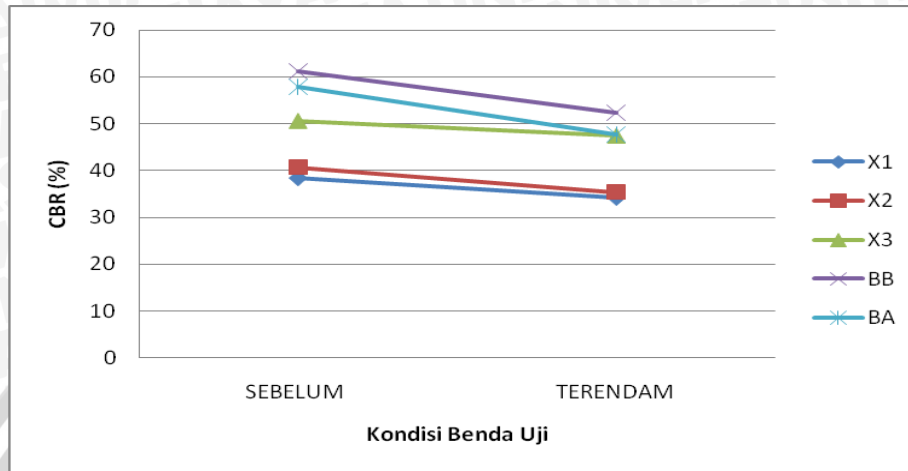
Gambar 4. 23 Grafik hubungan pengaliran air dengan nilai CBR untuk seluruh gradasi

Pada Gambar 4.23 penurunan paling besar terjadi gradasi daerah baseline yaitu BA, BB, dan X3 sebesar 54,501%, 45,996,%, dan 60,693%, hal ini terjadi karena ketiga gradasi tersebut merupakan gradasi yang terdiri dari agregat paling bervariasi, sehingga ketika sebelum pengaliran air memiliki nilai CBR yang tinggi. Sedangkan ketika dialiri air, agregat yang terdiri dari agregat halus ikut terbawa aliran air sehingga rongga di dalam benda uji semakin besar dan nilai CBRnya lebih rendah.

Untuk gradasi di luar baseline Binamarga, yaitu gradasi X1 dan X2 memiliki penurunan CBR yang rendah yaitu 41,327% dan 45,528%. Hal ini dikarenakan gradasi X1 dan X2 terdiri dari agregat kasar yang seragam. Sehingga pada saat dilakukan pengaliran air air, agregat tidak mudah terbawa aliran air dan kepadatannya tidak banyak berkurang.

4.8 Hubungan Pengaliran air Air dengan Nilai CBR

Selain dilakukan pengaliran air air, benda uji juga dilakukan perendaman. Nilai CBR sebelum pengaliran air dan CBR terendam digambarkan dalam grafik 4.24.



Gambar 4. 24 Grafik kondisi benda uji dengan nilai CBR untuk seluruh gradasi

Nilai CBR pada perendam lebih rendah bila dibandingkan dengan dengan nilai CBR sebelum pengaliran air, hal ini dikarenakan kondisi benda uji yang sudah jenuh air menyebabkan kekuatan tanah berkurang.

Tabel 4.14 Penurunan nilai CBR setelah dilakukan perendaman

No.	Gradasi	CBR Sebelum	CBR terendam	Penurunan CBR (%)
2	X2	38.360	34.267	10.670
1	X1	40.717	35.413	13.026
4	BB	50.663	47.470	6.303
3	X3	61.228	52.368	14.470
5	BA	57.923	47.714	17.624

Penurunan dari CBR sebelum pengaliran air ke CBR terendam yang paling tinggi juga terdapat di gradasi dalam baseline Binamarga yaitu BA dan X3. Sedangkan penurunan terkecil terdapat pada gradasi BB. Hal ini disebabkan karena BB merupakan batas antara agregat yang didominasi kasar dan agregat yang didominasi halus, sehingga agregat pada gradasi BB lebih stabil pada waktu perendaman.