

BAB V

PELAKSANAAN DAN PERANCANGAN

5.1 Umum

Penelitian Tugas Akhir ini merupakan studi eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Urutan pelaksanaan percobaan yang dilakukan dalam penelitian akan dibahas dalam bab ini yaitu, persiapan material, pemeriksaan agregat kasar (kerikil), pemeriksaan agregat halus (pasir), mengatur gradasi kerikil, merencanakan bahan susun adukan beton, pembuatan benda uji, pengujian slump, dan pengujian kuat desak beton pada benda uji.

5.2 Persiapan Material

Bahan campuran adukan beton pada penelitian ini sebagai berikut:

1. semen Merk Gresik kemasan 50 Kg,
2. agregat kasar berupa kerikil dari Sungai Boyong, Sungai Krasak, dan Sungai Progo,
3. agregat halus berupa pasir dari sungai-sungai seperti di atas,

4. air dari PDAM di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

5.3 Pemeriksaan Agregat Kasar (Kerikil)

Pemeriksaan agregat kasar berupa kerikil dari Sungai Boyong, Sungai Krasak, Sungai Progo dengan variasi gradasi meliputi sebagai berikut :

5.3.1 Pemeriksaan Berat Jenis Kerikil

Pemeriksaan berat jenis dan berat kering tusuk (*saturated surface dry = ssd*). Hasil pemeriksaan berat jenis dan berat kering tusuk dapat dilihat pada tabel 5.1 berikut ini.

Tabel 5.1 Berat jenis kerikil dan berat kering tusuk kerikil dari 3 lokasi sungai

| Asal Kerikil | Berat Jenis Kerikil (gr/cc) | Berat Kering Tusuk (ssd) gr/cm ³ |
|---------------|--------------------------------|--|
| Sungai Boyong | 2,30 | 1,44 |
| Sungai Krasak | 2,36 | 1,52 |
| Sungai Progo | 2,51 | 1,57 |

5.3.2 Analisis Saringan dan Modulus Halus Butir (MHB)

Analisis saringan ini bertujuan untuk mengetahui variasi butiran Modulus Halus Butir (MHB) dengan menggunakan saringan. Cara pemeriksaan gradasi kerikil adalah sebagai berikut ini.

1. susunan ayakan dipasang sesuai dengan aturan diameter yaitu dari atas ke bawah mulai dari diameter 38.1 mm, 19.0 mm, 9.5 mm, 4.75 mm,

2. contoh kerikil ditimbang sesuai kebutuhan lalu dimasukkan kedalam ayakan yang paling atas dan kemudian ditutup rapat-rapat,
3. susunan ayakan digetarkan dengan mesin siever selama ±15 menit,
4. kerikil yang tertinggal dari masing-masing ayakan dipindahkan kedalam piring, kemudian ditimbang.

Perhitungan Modulus Halus Butir (MHB)

$$\text{MHB} = \frac{\% \text{ Komulatif berat tertinggal}}{100\%}$$

Hasil Pemeriksaan analisis saringan dapat dilihat pada Tabel berikut ini.

Tabel 5.2 Hasil gradasi kerikil asal Sungai Boyong

| No | Lubang ayakan (mm) | Berat Tertahan | | Berat tertahan komulatif (%) | Berat lolos komulatif (%) | Syarat British Standart |
|----|--------------------|----------------|--------|------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| | | gram | % | | | |
| 1 | 38.1 | 0 | 0 | 0 | 100 | 95.0-100 |
| 2 | 19.0 | 926.5 | 46.325 | 46.325 | 53.675 | 30.0-70.0 |
| 3 | 9.5 | 889.5 | 44.475 | 90.8 | 9.2 | 10.0-35.0 |
| 4 | 4.75 | 49 | 2.45 | 93.25 | 6.75 | 0.0-5.0 |
| 5 | 2.36 | 135 | 6.75 | 100 | 0 | 0.0 |
| 6 | 1.18 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0.0 |
| 7 | 0.6 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0.0 |
| 8 | 0.3 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0.0 |
| 9 | 0.15 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0.0 |
| | | 2000 | 100 | 730.375 | | |

Perhitungan Modulus Halus Butir (MHB)

$$\text{MHB} = \frac{730,375}{100} \times 100 = 7,3$$

Tabel 5.3 Hasil gradasi kerikil asal Sungai Krasak

| No | Lubang ayakan (mm) | Berat Tertahan | | Berat tertahan komulatif (%) | Berat lolos komulatif (%) | Syarat British Standart |
|----|--------------------|----------------|--------|------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| | | gram | % | | | |
| 1 | 38.1 | 0 | 0 | 0 | 100 | 95.0-100 |
| 2 | 19.0 | 1589.5 | 79.475 | 79.475 | 20.525 | 30.0-70.0 |
| 3 | 9.5 | 279.5 | 13.975 | 93.45 | 6.55 | 10.0-35.0 |
| 4 | 4.75 | 29 | 1.45 | 94.9 | 5.1 | 0.0-5.0 |
| 5 | 2.36 | 102 | 5.1 | 100 | 0 | 0.0 |
| 6 | 1.18 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0.0 |
| 7 | 0.6 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0.0 |
| 8 | 0.3 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0.0 |
| 9 | 0.15 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0.0 |
| | | 2000 | 100 | 767.865 | | |

Perhitungan Modulus Halus Butir (MHB)

$$MHB = \frac{767,865}{100} \times 100 = 7,7$$

Tabel 5.4 Hasil gradasi kerikil asal Sungai Progo

| No | Lubang ayakan (mm) | Berat Tertahan | | Berat tertahan komulatif (%) | Berat lolos komulatif (%) | Syarat British Standart |
|----|--------------------|----------------|--------|------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| | | gram | % | | | |
| 1 | 38.1 | 0 | 0 | 0 | 100 | 95.0-100 |
| 2 | 19.0 | 480 | 24 | 24 | 76 | 30.0-70.0 |
| 3 | 9.5 | 1200.5 | 60.025 | 84.025 | 15.975 | 10.0-35.0 |
| 4 | 4.75 | 251 | 12.55 | 96.575 | 3.425 | 0.0-5.0 |
| 5 | 2.36 | 68.5 | 3.425 | 100 | 0 | 0.0 |
| 6 | 1.18 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0.0 |
| 7 | 0.6 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0.0 |
| 8 | 0.3 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0.0 |
| 9 | 0.15 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0.0 |
| | | 2000 | 100 | 704,6 | | |

Perhitungan Modulus Halus Butir (MHB)

$$MHB = \frac{704,6}{100} \times 100 = 7,05$$

Ringkasan hasil analisa Modulus Halus Butir (MHB) kerikil dapat dilihat pada tabel 5.5 berikut ini.

Tabel 5.5 Hasil analisis Modulus Halus Butir (MHB) kerikil dari 3 sungai

| Asal Kerikil | Modulus Halus Butir |
|---------------|---------------------|
| Sungai Boyong | 7,3 |
| Sungai Krasak | 7,7 |
| Sungai Progo | 7,05 |

5.4 Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir)

Pemeriksaan agregat halus (pasir) yang berasal dari sungai Boyong, Sungai Krasak, Sungai Progo meliputi pemeriksaan analisis saringan dan Modulus Halus Butir (MHB), pemeriksaan berat jenis pasir, pemeriksaan kadar lumpur seperti berikut ini.

5.4.1 Analisis Saringan dan Modulus Halus Butir (MHB)

Analisis saringan untuk mengetahui gradasi agregat halus dan menentukan Modulus Halus Butir (MHB) dengan menggunakan saringan.

Adapun cara pelaksanaan analisis saringan dan Modulus Halus Butir adalah sebagai berikut :

1. susunan ayakan sesuai dengan aturan diameter butiran dari atas ke bawah yaitu, 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.60 mm, 0.30 mm, 0.15 mm, dan PAN,
2. agregat halus (pasir) yang akan disaring ditimbang,
3. pasir dimasukkan kedalam saringan yang paling atas, kemudian tutup rapat-rapat,
4. mesin siever dinyalakan selama \pm 15 menit,
5. butiran yang tertinggal pada masing-masing ayakan ditimbang.

Hasil pemeriksaan Modulus Halus Butir (MHB) agregat halus (pasir) dari ke tiga sungai dapat dilihat pada Tabel berikut ini.

Tabel 5.6 Hasil gradasi pasir asal Sungai Boyong

| No | Lubang ayakan (mm) | Berat Tertahan | | Berat tertahan komulatif (%) | Berat lolos komulatif (%) | Syarat British Standart |
|----|--------------------|----------------|-------|------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| | | gram | % | | | |
| 1 | 4.75 | 0 | 0 | 0 | 100 | 90.0-100.0 |
| 2 | 2.36 | 276 | 13.8 | 13.8 | 86.2 | 75.0-100.0 |
| 3 | 1.18 | 487 | 24.35 | 38.15 | 61.85 | 55.0-90.0 |
| 4 | 0.60 | 604 | 30.2 | 68.35 | 31.65 | 35.0-59.0 |
| 5 | 0.30 | 373 | 18.65 | 87.0 | 13.0 | 8.0-30.0 |
| 6 | 0.15 | 180 | 9.0 | 96.0 | 4.0 | 0.0-10.0 |
| 7 | PAN | 80 | 4.0 | - | | |
| | | 2000 | 100 | 303.3 | | |

Perhitungan Modulus Halus Butir (MHB)

$$\text{MHB} = \frac{303,3}{100} \times 100 = 3,0$$

Tabel 5.7 Hasil gradasi pasir asal Sungai Krasak

| No | Lubang ayakan (mm) | Berat Tertahan | | Berat tertahan komulatif (%) | Berat lolos komulatif (%) | Syarat British Standart |
|----|--------------------|----------------|-------|------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| | | gram | % | | | |
| 1 | 4.75 | 0 | 0 | 0 | 100 | 90.0-100.0 |
| 2 | 2.36 | 203 | 10.15 | 10.15 | 89.85 | 75.0-100.0 |
| 3 | 1.18 | 357 | 17.85 | 28 | 72.00 | 55.0-90.0 |
| 4 | 0.60 | 511 | 25.55 | 53.55 | 46.45 | 35.0-59.0 |
| 5 | 0.30 | 407 | 20.35 | 73.9 | 26.10 | 8.0-30.0 |
| 6 | 0.15 | 326 | 16.30 | 90.2 | 9.8 | 0.0-10.0 |
| 7 | PAN | 196 | 9.8 | - | | |
| | | 2000 | 100 | 255.8 | | |

Perhitungan Modulus Halus Butir (MHB)

$$\text{MHB} = \frac{255,8}{100} \times 100 = 2,6$$

Tabel 5.8 Hasil gradasi pasir asal Sungai Progo

| No | Lubang ayakan (mm) | Berat Tertahan | | Berat tertahan komulatif (%) | Berat lolos komulatif (%) | Syarat British Standart |
|----|--------------------|----------------|--------|------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| | | gram | % | | | |
| 1 | 4.75 | 0 | 0 | 0 | 100 | 90.0-100.0 |
| 2 | 2.36 | 196 | 9.8 | 9.8 | 90.2 | 75.0-100.0 |
| 3 | 1.18 | 370 | 18.5 | 28.3 | 71.7 | 55.0-90.0 |
| 4 | 0.60 | 693 | 34.65 | 62.95 | 37.05 | 35.0-59.0 |
| 5 | 0.30 | 461.5 | 23.075 | 86.025 | 13.975 | 8.0-30.0 |
| 6 | 0.15 | 227 | 11.35 | 97.375 | 2.625 | 0.0-10.0 |
| 7 | PAN | 52.5 | 2.625 | - | | |
| | | 2000 | 100 | 284.45 | | |

Perhitungan Modulus Halus Butir (MHB)

$$\text{MHB} = \frac{284,45}{100} \times 100 = 2,8$$

Secara ringkas hasil pemeriksaan Modulus Halus Butir pasir dari ke-3 sungai dapat dilihat pada tabel 3.10 berikut ini.

Tabel 5.9 Hasil analisis Modulus Halus Butir (MHB) pasir dari ke-3 sungai

| Asal Pasir | Modulus Halus Butir |
|---------------|---------------------|
| Sungai Boyong | 3,0 |
| Sungai Krasak | 2,6 |
| Sungai Progo | 2,8 |

5.4.2 Pemeriksaan Kandungan Lumpur

Tujuan dari pemeriksaan kadar lumpur adalah untuk mengetahui besarnya kandungan lumpur dalam agregat halus (pasir) yang akan dipergunakan sebagai campuran adukan beton. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%.

Cara pelaksanaan pemeriksaan kandungan lumpur dalam pasir sebagai berikut :

1. menimbang pasir kering oven/tungku sebanyak 100 gram dan memasukkannya kedalam gelas ukur 250 cc,
2. diisi dengan air sampai ketinggian 12 cm dari permukaan pasir,
3. gelas ukur ditutup dan dikocok berkali-kali sampai airnya keruh,
4. biarkan selama 1 menit kemudian buang airnya secara perlahan-lahan dan jangan sampai pasirnya ikut terbang,
5. mengulangi pekerjaan 2,3, dan 4 hingga airnya jernih,

6. pasir dipindahkan dari gelas ukur ke dalam piring, kemudian memasukkan kedalam oven dengan temperatur 105°C selama \pm 36 jam,
7. pasir dikeluarkan dan didinginkan dalam eksikator selama \pm 1 jam,
8. penimbangan pasir (berat pasir = B gram)
9. kandungan lumpur dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini,

$$\frac{100 - B}{100} \times 100\%$$

Hasil pemeriksaan kandungan lumpur dari masing-masing asal agregat halus tersebut dapat dilihat dalam Tabel 5.10 berikut ini.

Tabel 5.10 Persentase kandungan lumpur dari agregat halus (pasir)

| Asal pasir | Kandungan Lumpur (%) |
|---------------|----------------------|
| Sungai Boyong | 2,525 |
| Sungai Krasak | 2,300 |
| Sungai Progo | 1,225 |

5.4.3 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus (Pasir)

Pemeriksaan berat jenis pasir dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut ini.

Tabel 5.11 Hasil pemeriksaan berat jenis pasir

| Asal Pasir | Berat Jenis Pasir |
|---------------|-------------------|
| Sungai Boyong | 2,65 |
| Sungai Krasak | 2,66 |
| Sungai Progo | 2,67 |

5.5 Mengatur Gradasi Campuran

Dalam pengaturan gradasi campuran ini dititik beratkan pada pengaturan butiran kerikil, sedangkan pasir tetap alami. Pada pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

1. ukuran maksimum dan minimum kerikil ditentukan yaitu 40 mm dan 4.8 mm,
2. kerikil dipisahkan menjadi 3 ukuran yaitu tertahan ayakan 19 mm, 9,6 mm dan 4,8 mm,
3. dikarenakan ukuran ayakan tersebut susah dicari dipasaran maka digunakan ayakan dengan ukuran 40 mm, 20 mm, 10 mm dan 5 mm,
4. ayakan disusun dari ukuran besar ke ukuran kecil, lalu kerikil diletakkan pada ayakan paling atas dan diayak satu persatu,
5. hasil dari ayakan dipisahkan sesuai dengan ukuran masing-masing yaitu tertahan ayakan 20 mm, 10 mm dan 5 mm,
6. dalam 1 kg diperlukan masing-masing dari kerikil tertahan 20 mm, 10 mm, dan 5 mm dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut ini,

Tabel 5.12 kebutuhan kerikil dalam 1 kg

| Kerikil tertahan ayakan | berat kerikil (gram) |
|-------------------------|----------------------|
| 20 mm | 500 |
| 10 mm | 300 |
| 5 mm | 200 |

7. dicari nilai Modulus Halus Butirnya tiap-tiap sungai, yang ditampilkan dalam bentuk Tabel berikut ini,

Tabel 5.13 MHB kerikil Sungai Progo setelah diatur butirannya

| No | Lubang ayakan (mm) | Berat Tertahan | | Berat tertahan komulatif (%) |
|----|--------------------|----------------|-------|------------------------------|
| | | gram | % | |
| 1 | 38.1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 19.0 | 576 | 28,8 | 28,8 |
| 3 | 9.5 | 1005 | 50,25 | 79,05 |
| 4 | 4.75 | 382 | 19,1 | 98,15 |
| 5 | 2.36 | 37 | 1,85 | 100 |
| 6 | 1.18 | 0 | 0 | 100 |
| 7 | 0.6 | 0 | 0 | 100 |
| 8 | 0.3 | 0 | 0 | 100 |
| 9 | 0.15 | 0 | 0 | 100 |
| | | 2000 | 100 | 706 |

Perhitungan Modulus Halus Butir (MHB)

$$\text{MHB} = \frac{706}{100} \times 100 = 7,06 = 7,1$$

Tabel 5.14 MHB kerikil Sungai Boyong setelah diatur butirannya

| No | Lubang ayakan (mm) | Berat Tertahan | | Berat tertahan komulatif (%) |
|----|--------------------|----------------|------|------------------------------|
| | | gram | % | |
| 1 | 38.1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 19.0 | 906 | 45,3 | 45,3 |
| 3 | 9.5 | 832 | 41,6 | 86,9 |
| 4 | 4.75 | 180 | 9,0 | 95,9 |
| 5 | 2.36 | 82 | 4,1 | 100 |
| 6 | 1.18 | 0 | 0 | 100 |
| 7 | 0.6 | 0 | 0 | 100 |
| 8 | 0.3 | 0 | 0 | 100 |
| 9 | 0.15 | 0 | 0 | 100 |
| | | 2000 | 100 | 728,1 |

Perhitungan Modulus Halus Butir (MHB)

$$\text{MHB} = \frac{728,1}{100} \times 100 = 7,28 = 7,3$$

Tabel 5.15 MHB kerikil Sungai Krasak setelah diatur butirannya

| No | Lubang ayakan (mm) | Berat Tertahan | | Berat tertahan komulatif (%) |
|----|--------------------|----------------|-------|------------------------------|
| | | gram | % | |
| 1 | 38.1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 19.0 | 945 | 47,25 | 47,25 |
| 3 | 9.5 | 694 | 34,7 | 81,95 |
| 4 | 4.75 | 265 | 13,25 | 95,2 |
| 5 | 2.36 | 96 | 4,8 | 100 |
| 6 | 1.18 | 0 | 0 | 100 |
| 7 | 0.6 | 0 | 0 | 100 |
| 8 | 0.3 | 0 | 0 | 100 |
| 9 | 0.15 | 0 | 0 | 100 |
| | | 2000 | 100 | 724,4 |

Perhitungan Modulus Halus Butir (MHB)

$$\text{MHB} = \frac{724,4}{100} \times 100 = 7,24 = 7,2$$

Tabel 5.16 Hasil analisis Modulus Halus Butir (MHB) kerikil dari 3 sungai

| Asal Kerikil | Modulus Halus Butir |
|---------------|---------------------|
| Sungai Boyong | 7,3 |
| Sungai Krasak | 7,2 |
| Sungai Progo | 7,1 |

8. setelah MHB masing-masing agregat di dapat, dicari perbandingan pasir dan kerikil menggunakan rumus dibawah ini,

$$w = \frac{K - C}{C - P} \times 100\%$$

dengan :

w = persentase berat pasir terhadap berat kerikil

K = modulus halus butir kerikil

P = modulus halus butir pasir

C = modulus halus butir campuran

Untuk agregat Sungai Krasak

$$w = \frac{7,2 - 5}{5 - 2,6} \times 100\% = 91,67\%$$

Berat pasir terhadap kerikil sebesar 91,67% atau dapat dikatakan perbandingan antara berat pasir dan kerikil sebesar 91,67 : 100 atau 1 : 1,1,

Dengan cara yang sama maka masing-masing perbandingan agregat tiap sungai dapat dilihat pada tabel 5.17,

Tabel 5.17 Hasil perhitungan perbandingan pasir terhadap kerikil

| Asal Kerikil | Perbandingan pasir : kerikil |
|---------------|------------------------------|
| Sungai Boyong | 1 : 1,0 |
| | 1 : 1,4 |
| | 1 : 2,3 |
| Sungai Krasak | 1 : 1,1 |
| | 1 : 1,7 |
| | 1 : 2,8 |
| Sungai Progo | 1 : 1,1 |
| | 1 : 1,7 |
| | 1 : 2,9 |

Dari hasil hitungan di atas hanya dipakai untuk menentukan perbandingan pasir dan kerikil secara kasar. Untuk itu hasil perbandingan tersebut perlu di tes dan digambarkan ke dalam diagram gradasi standar (Grafik 3.1), karena nilai modulus halus butir tidak menggambarkan variasi besar butir secara teliti,

9. langkah selanjutnya agregat dimasukkan ke dalam ayakan dengan ukuran 38 mm, 19 mm, 9,6 mm, 4.8 mm, 2.40 mm, 1.20 mm, 0.60 mm, 0.30 mm, 0.15 mm dan PAN,

10. mesin siever dinyalakan selama ± 15 menit,
11. hasil dari gradasi tersebut digambarkan pada grafik standar (gambar 3.1), apabila grafik tersebut tidak masuk dalam grafik standar, maka perbandingan pasir dan kerikil dicoba lagi, dan setelah dengan cara yang sama sampai menghasilkan grafik yang memenuhi grafik standar.
12. dalam uji gradasi campuran ini perbandingan antara pasir dan kerikil dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut ini,

Tabel 5.18 Perbandingan antara pasir dengan kerikil setelah dicek dengan grafik standar

| Asal Kerikil | Perbandingan pasir : kerikil |
|---------------|------------------------------|
| Sungai Boyong | 1 : 1,2 |
| | 1 : 1,5 |
| | 1 : 2,2 |
| Sungai Krasak | 1 : 1,2 |
| | 1 : 1,6 |
| | 1 : 2,6 |
| Sungai Progo | 1 : 1,2 |
| | 1 : 1,5 |
| | 1 : 2,5 |

13. hasil nilai modulus halus butir campuran setelah diolah dengan menggunakan grafik standar ditampilkan dalam bentuk Tabel,
- Hasil pemeriksaan Modulus Halus Butir agregat campuran untuk Sungai Progo dengan perbandingan pasir:kerikil = 1:1,2 dapat dilihat dalam Tabel 5.19,

Tabel 5.19 Hasil nilai modulus halus butir (MHB) agregat campuran dari sungai Progo dengan perbandingan pasir : kerikil = 1 : 1,2

| No | Lubang Ayakan (mm) | Berat tertinggal (gram) | Berat tertinggal (%) | Berat tertinggal komulatif |
|----|--------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|
| 1 | 38 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 19 | 580 | 26,36 | 26,36 |
| 3 | 9,60 | 472 | 21,45 | 47,81 |
| 4 | 4,80 | 133 | 6,05 | 53,86 |
| 5 | 2,40 | 117 | 5,32 | 59,18 |
| 6 | 1,20 | 161 | 7,32 | 66,50 |
| 7 | 0,60 | 308 | 14,00 | 80,50 |
| 8 | 0,30 | 260 | 11,82 | 92,32 |
| 9 | 0,15 | 136 | 6,18 | 98,50 |
| 10 | sisia | 33 | 1,50 | |
| | JUMLAH | 2200 | 100 | 525 |

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{525}{100} \times 100\% = 5,25$$

Hasil pemeriksaan Modulus Halus Butir agregat campuran untuk Sungai Progo dengan perbandingan pasir:kerikil = 1:1,5 dapat dilihat pada Tabel 5.20,

Tabel 5.20 Hasil nilai modulus halus butir (MHB) agregat campuran dari sungai Progo dengan perbandingan pasir : kerikil = 1 : 1,5

| No | Lubang Ayakan (mm) | Berat tertinggal (gram) | Berat tertinggal (%) | Berat tertinggal komulatif |
|----|--------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|
| 1 | 38 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 19 | 747 | 29,88 | 29,88 |
| 3 | 9,60 | 565 | 22,60 | 52,48 |
| 4 | 4,80 | 156 | 6,24 | 58,72 |
| 5 | 2,40 | 81 | 3,24 | 61,96 |
| 6 | 1,20 | 136 | 5,44 | 67,40 |
| 7 | 0,60 | 303 | 12,12 | 79,52 |
| 8 | 0,30 | 303 | 12,12 | 91,64 |
| 9 | 0,15 | 172 | 6,88 | 98,52 |
| 10 | sisia | 37 | 1,48 | |
| | JUMLAH | 2500 | 100 | 540,12 |

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{540,12}{100} \times 100\% = 5,4$$

Hasil pemeriksaan Modulus Halus Butir agregat campuran untuk Sungai Progo dengan perbandingan pasir:kerikil = 1:2,5 dapat dilihat pada Tabel 5.21,

Tabel 5.21 Hasil nilai modulus halus butir (MHB) agregat campuran dari sungai Progo dengan perbandingan pasir : kerikil = 1 : 2,5

| No | Lubang Ayakan (mm) | Berat tertinggal (gram) | Berat tertinggal (%) | Berat tertinggal kumulatif |
|----|--------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|
| 1 | 38 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 19 | 1200 | 34,29 | 34,29 |
| 3 | 9,60 | 950 | 27,14 | 61,43 |
| 4 | 4,80 | 285 | 8,14 | 69,57 |
| 5 | 2,40 | 150 | 4,29 | 73,86 |
| 6 | 1,20 | 170 | 4,86 | 78,72 |
| 7 | 0,60 | 317 | 9,06 | 87,78 |
| 8 | 0,30 | 260 | 7,43 | 95,21 |
| 9 | 0,15 | 100 | 2,86 | 98,07 |
| 10 | sisa | 68 | 1,93 | |
| | JUMLAH | 3500 | 100 | 599,56 |

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{599,56}{100} \times 100\% = 5,9956 = 6,0$$

Hasil pemeriksaan Modulus Halus Butir agregat campuran untuk Sungai Krasak dengan perbandingan pasir:kerikil= 1:1,2 dapat dilihat pada Tabel 5.22,

Tabel 5.22 Hasil nilai modulus halus butir (MHB) agregat campuran dari sungai Krasak dengan perbandingan pasir:kerikil = 1 : 1,2

| No | Lubang Ayakan (mm) | Berat tertinggal (gram) | Berat tertinggal (%) | Berat tertinggal kumulatif |
|----|--------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|
| 1 | 38 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 19 | 573 | 26,05 | 26,05 |
| 3 | 9,60 | 387 | 17,59 | 43,64 |
| 4 | 4,80 | 191 | 8,68 | 52,32 |
| 5 | 2,40 | 223 | 10,14 | 62,46 |
| 6 | 1,20 | 215 | 9,77 | 72,23 |
| 7 | 0,60 | 241 | 10,96 | 83,19 |
| 8 | 0,30 | 149 | 6,77 | 89,96 |
| 9 | 0,15 | 123 | 5,59 | 95,55 |
| 10 | sisa | 98 | 4,45 | |
| | JUMLAH | 2200 | 100 | 525,4 |

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{525,4}{100} \times 100\% = 5,25$$

Hasil pemeriksaan Modulus Halus Butir agregat campuran untuk Sungai Krasak dengan perbandingan pasir:kerikil=1:1,6 dapat dilihat pada Tabel 5.23,

Tabel 5.23 Hasil nilai modulus halus butir (MHB) agregat campuran dari sungai Krasak dengan perbandingan pasir : kerikil = 1 : 1,6

| No | Lubang Ayakan (mm) | Berat tertinggal (gram) | Berat tertinggal (%) | Berat tertinggal komulatif |
|----|--------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|
| 1 | 38 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 19 | 763 | 29,35 | 29,35 |
| 3 | 9,60 | 545 | 20,96 | 50,31 |
| 4 | 4,80 | 222 | 8,54 | 58,85 |
| 5 | 2,40 | 120 | 4,62 | 63,47 |
| 6 | 1,20 | 157 | 6,04 | 69,51 |
| 7 | 0,60 | 232 | 8,92 | 78,43 |
| 8 | 0,30 | 213 | 8,19 | 86,62 |
| 9 | 0,15 | 188 | 7,23 | 93,85 |
| 10 | sisa | 160 | 6,15 | |
| | JUMLAH | 2600 | 100 | 530,39 |

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{530,39}{100} \times 100\% = 5,30$$

Hasil pemeriksaan Modulus Halus Butir agregat campuran untuk Sungai Krasak dengan perbandingan pasir:kerikil=1:2,6 dapat dilihat pada Tabel 5.24,

Tabel 5.24 Hasil nilai modulus halus butir (MHB) agregat campuran dari sungai Krasak dengan perbandingan pasir : kerikil = 1 : 2,6

| No | Lubang Ayakan (mm) | Berat tertinggal (gram) | Berat tertinggal (%) | Berat tertinggal komulatif |
|----|--------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|
| 1 | 38 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 19 | 1229 | 34,14 | 34,14 |
| 3 | 9,60 | 912 | 25,33 | 59,47 |
| 4 | 4,80 | 366 | 10,17 | 69,64 |
| 5 | 2,40 | 154 | 4,28 | 73,92 |
| 6 | 1,20 | 190 | 5,28 | 79,20 |
| 7 | 0,60 | 245 | 6,81 | 86,01 |
| 8 | 0,30 | 200 | 5,55 | 91,56 |
| 9 | 0,15 | 166 | 4,61 | 96,17 |
| 10 | sisa | 138 | 3,83 | |
| | JUMLAH | 3600 | 100 | 590,11 |

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{590,11}{100} \times 100\% = 5,90$$

Hasil pemeriksaan Modulus Halus Butir agregat campuran untuk Sungai Boyong dengan perbandingan pasir:kerikil=1:1,2 dapat dilihat pada Tabel 5.25,

Tabel 5.25 Hasil nilai modulus halus butir (MHB) agregat campuran dari sungai Boyong dengan perbandingan pasir : kerikil = 1 : 1,2

| No | Lubang Ayakan (mm) | Berat tertinggal (gram) | Berat tertinggal (%) | Berat tertinggal komulatif |
|----|--------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|
| 1 | 38 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 19 | 545 | 24,77 | 24,77 |
| 3 | 9,60 | 479 | 21,77 | 46,54 |
| 4 | 4,80 | 134 | 6,09 | 52,63 |
| 5 | 2,40 | 159 | 7,23 | 59,86 |
| 6 | 1,20 | 277 | 12,59 | 72,45 |
| 7 | 0,60 | 294 | 13,36 | 85,81 |
| 8 | 0,30 | 185 | 8,41 | 94,22 |
| 9 | 0,15 | 80 | 3,64 | 97,86 |
| 10 | sisa | 47 | 2,14 | |
| | JUMLAH | 2200 | 100 | 534,14 |

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{534,14}{100} \times 100\% = 5,34$$

Hasil pemeriksaan Modulus Halus Butir agregat campuran untuk Sungai Boyong dengan perbandingan pasir:kerikil=1:1,5 dapat dilihat pada Tabel 5.26,

Tabel 5.26 Hasil nilai modulus halus butir (MHB) agregat campuran dari sungai Boyong dengan perbandingan pasir : kerikil = 1 : 1,5

| No | Lubang Ayakan (mm) | Berat tertinggal (gram) | Berat tertinggal (%) | Berat tertinggal komulatif |
|----|--------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|
| 1 | 38 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 19 | 704 | 28,16 | 28,16 |
| 3 | 9,60 | 591 | 23,64 | 51,80 |
| 4 | 4,80 | 173 | 6,92 | 58,72 |
| 5 | 2,40 | 170 | 6,80 | 65,52 |
| 6 | 1,20 | 270 | 10,80 | 76,32 |
| 7 | 0,60 | 287 | 11,48 | 87,80 |
| 8 | 0,30 | 173 | 6,92 | 94,72 |
| 9 | 0,15 | 94 | 3,76 | 98,48 |
| 10 | sisa | 38 | 1,52 | |
| | JUMLAH | 2500 | 100 | 561,52 |

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{561,52}{100} \times 100\% = 5,61$$

Hasil pemeriksaan Modulus Halus Butir agregat campuran untuk Sungai Boyong dengan perbandingan pasir:kerikil= 1:2,2 dapat dilihat pada Tabel 5.27,

Tabel 5.27 Hasil nilai modulus halus butir (MHB) agregat campuran dari sungai Boyong dengan perbandingan pasir : kerikil = 1 : 2,2

| No | Lubang Ayakan (mm) | Berat tertinggal (gram) | Berat tertinggal (%) | Berat tertinggal kumulatif |
|----|--------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|
| 1 | 38 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 19 | 990 | 30,94 | 30,94 |
| 3 | 9,60 | 914 | 28,56 | 59,50 |
| 4 | 4,80 | 224 | 7,00 | 66,50 |
| 5 | 2,40 | 130 | 4,06 | 70,56 |
| 6 | 1,20 | 260 | 8,13 | 78,69 |
| 7 | 0,60 | 305 | 9,53 | 88,22 |
| 8 | 0,30 | 203 | 6,34 | 94,56 |
| 9 | 0,15 | 97 | 3,03 | 97,56 |
| 10 | sisa | 77 | 2,41 | |
| | JUMLAH | 3200 | 100 | 586,53 |

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{586,53}{100} \times 100\% = 5,90$$

14. Hasil dari modulus halus butir agregat campuran dari masing-masing sungai dapat dilihat pada Tabel 5.28 berikut ini,

Tabel 5.28 Hasil nilai MHB

| Asal agregat | Perbandingan pasir : kerikil | Nilai MHB |
|---------------|------------------------------|-----------|
| Sungai Boyong | 1 : 1,2 | 5,30 |
| | 1 : 1,5 | 5,60 |
| | 1 : 2,2 | 5,90 |
| Sungai Krasak | 1 : 1,2 | 5,25 |
| | 1 : 1,6 | 5,30 |
| | 1 : 2,6 | 5,90 |
| Sungai Progo | 1 : 1,2 | 5,25 |
| | 1 : 1,5 | 5,40 |
| | 1 : 2,5 | 6,00 |

15. hasil dari gradasi campuran ditampilkan dalam bentuk Tabel dan grafik,

Hasil hitungan gradasi campuran untuk Sungai Progo dengan perbandingan pasir:kerikil = 1:1,2 dapat dilihat pada Tabel 5.29,

Tabel 5.29 Hitungan campuran pasir dan kerikil asal Sungai Progo dengan perbandingan 1 : 1,2

| Lubang Ayakan (mm) | Berat Butir lewat pasir (%) | Berat Butir lewat kerikil (%) | (2) x P | (3) x K | (4)+(5) | (6) (P+K) |
|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------|---------|---------|-----------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| 38 | 100 | 100 | 100 | 120 | 220 | 100 |
| 19 | 100 | 51,67 | 100 | 62,004 | 162,004 | 73,6382 |
| 9,6 | 100 | 12,34 | 100 | 14,404 | 114,808 | 52,1855 |
| 4,8 | 100 | 1,26 | 100 | 1,512 | 101,512 | 46,1418 |
| 2,4 | 88,3 | 0 | 88,3 | 0 | 88,300 | 40,1364 |
| 1,2 | 72,2 | 0 | 72,2 | 0 | 72,200 | 32,8182 |
| 0,6 | 41,4 | 0 | 41,4 | 0 | 41,400 | 18,8182 |
| 0,3 | 15,4 | 0 | 15,4 | 0 | 15,400 | 7,0000 |
| 0,15 | 1,8 | 0 | 1,8 | 0 | 1,800 | 0,8182 |

Hasil hitungan gradasi campuran untuk Sungai Progo dengan perbandingan pasir:kerikil = 1:1,5 dapat dilihat pada Tabel 5.30,

Tabel 5.30 Hitungan campuran pasir dan kerikil asal Sungai Progo dengan perbandingan 1 : 1,5

| Lubang Ayakan (mm) | Berat Butir lewat pasir (%) | Berat Butir lewat kerikil (%) | (2) x P | (3) x K | (4)+(5) | (6) (P+K) |
|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------|---------|---------|-----------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| 38 | 100 | 100 | 100 | 150 | 250 | 100 |
| 19 | 100 | 50,2 | 100 | 75,3 | 175,3 | 70,12 |
| 9,6 | 100 | 12,533 | 100 | 18,799 | 118,799 | 47,519 |
| 4,8 | 100 | 2,133 | 100 | 3,199 | 103,199 | 41,79 |
| 2,4 | 91,9 | 0 | 91,9 | 0 | 91,9 | 36,76 |
| 1,2 | 78,3 | 0 | 78,3 | 0 | 78,3 | 31,32 |
| 0,6 | 48,0 | 0 | 48,0 | 0 | 48,0 | 19,2 |
| 0,3 | 17,7 | 0 | 17,7 | 0 | 17,7 | 7 |
| 0,15 | 0,5 | 0 | 0,5 | 0 | 0,5 | 0,2 |

Hasil hitungan gradasi campuran untuk Sungai Progo dengan perbandingan pasir:kerikil = 1:2,5 dapat dilihat pada Tabel 5.31,

Tabel 5.31 Hitungan campuran pasir dan kerikil asal Sungai Progo dengan perbandingan 1 : 2,5

| Lubang Ayakan (mm) | Berat Butir lewat pasir (%) | Berat Butir lewat kerikil (%) | (2) x P | (3) x K | (4)+(5) | (6) (P+K) |
|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------|---------|---------|-----------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| 38 | 100 | 100 | 100 | 250 | 150 | 100 |
| 19 | 100 | 52 | 100 | 130 | 230 | 65,7 |
| 9,6 | 100 | 14 | 100 | 35 | 135 | 54,0 |
| 4,8 | 100 | 2,6 | 100 | 6,5 | 106,5 | 42,6 |
| 2,4 | 85,0 | 0 | 85,0 | 0 | 85,0 | 34,0 |
| 1,2 | 68,0 | 0 | 68,0 | 0 | 68,0 | 27,2 |
| 0,6 | 36,3 | 0 | 36,3 | 0 | 36,3 | 14,52 |
| 0,3 | 10,3 | 0 | 10,3 | 0 | 10,3 | 4,12 |
| 0,15 | 0,3 | 0 | 0,3 | 0 | 0,3 | 0,12 |

Hasil hitungan gradasi campuran untuk Sungai Krasak dengan perbandingan pasir:kerikil = 1:1,2 dapat dilihat pada Tabel 5.32,

Tabel 5.32 Hitungan campuran pasir dan kerikil asal Sungai Krasak dengan perbandingan 1 : 1,2

| Lubang Ayakan (mm) | Berat Butir lewat pasir (%) | Berat Butir lewat kerikil (%) | (2) x P | (3) x K | (4)+(5) | (6) (P+K) |
|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------|---------|---------|-----------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| 38 | 100 | 100 | 100 | 120 | 220 | 100 |
| 19 | 100 | 52,25 | 100 | 62,7 | 162,7 | 73,95 |
| 9,6 | 100 | 20,0 | 100 | 24,0 | 124,0 | 56,36 |
| 4,8 | 100 | 4,08 | 100 | 4,9 | 104,9 | 47,7 |
| 2,4 | 77,7 | 0 | 77,7 | 0 | 77,7 | 35,32 |
| 1,2 | 56,2 | 0 | 56,2 | 0 | 56,2 | 25,54 |
| 0,6 | 32,1 | 0 | 32,1 | 0 | 32,1 | 14,7 |
| 0,3 | 17,2 | 0 | 17,2 | 0 | 17,2 | 7,8 |
| 0,15 | 4,9 | 0 | 4,9 | 0 | 4,9 | 2,3 |



Hasil hitungan gradasi campuran untuk Sungai Krasak dengan perbandingan pasir:kerikil = 1:1,6 dapat dilihat pada Tabel 5.33,

Tabel 5.33 Hitungan campuran pasir dan kerikil asal Sungai Krasak dengan perbandingan 1 : 1,6

| Lubang Ayakan (mm) | Berat Butir lewat pasir (%) | Berat Butir lewat kerikil (%) | (2) x P | (3) x K | (4)+(5) | (6) (P+K) |
|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------|---------|---------|-----------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| 38 | 100 | 100 | 100 | 160 | 260 | 100 |
| 19 | 100 | 52,31 | 100 | 83,696 | 183,696 | 70,65 |
| 9,6 | 100 | 18,21 | 100 | 29,136 | 129,136 | 49,61 |
| 4,8 | 100 | 4,335 | 100 | 6,936 | 106,936 | 41,13 |
| 2,4 | 88,0 | 0 | 88,0 | 0 | 88,0 | 33,8 |
| 1,2 | 72,3 | 0 | 72,3 | 0 | 72,3 | 27,81 |
| 0,6 | 49,1 | 0 | 49,1 | 0 | 49,1 | 18,9 |
| 0,3 | 27,8 | 0 | 27,8 | 0 | 27,8 | 10,7 |
| 0,15 | 9 | 0 | 9 | 0 | 9 | 3,5 |

Hasil hitungan gradasi campuran untuk Sungai Krasak dengan perbandingan pasir:kerikil = 1:2,6 dapat dilihat pada Tabel 5.34,

Tabel 5.34 Hitungan campuran pasir dan kerikil asal Sungai Krasak dengan perbandingan 1 : 2,6

| Lubang Ayakan (mm) | Berat Butir lewat pasir (%) | Berat Butir lewat kerikil (%) | (2) x P | (3) x K | (4)+(5) | (6) (P+K) |
|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------|---------|---------|-----------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| 38 | 100 | 100 | 100 | 260 | 360 | 100 |
| 19 | 100 | 52.73 | 100 | 137.098 | 237.098 | 65.86 |
| 9,6 | 100 | 17.63 | 100 | 45.838 | 145.838 | 40.51 |
| 4,8 | 100 | 3.6 | 100 | 9.36 | 109.36 | 30.38 |
| 2,4 | 84.6 | 0 | 84.6 | 0 | 84.6 | 23.5 |
| 1,2 | 65.6 | 0 | 65.6 | 0 | 65.6 | 18.22 |
| 0,6 | 41.1 | 0 | 41.1 | 0 | 41.1 | 11.42 |
| 0,3 | 21.1 | 0 | 21.1 | 0 | 21.1 | 5.86 |
| 0,15 | 4.5 | 0 | 4.1 | 0 | 4.5 | 1.25 |

Hasil hitungan gradasi campuran untuk Sungai Boyong dengan perbandingan pasir:kerikil = 1:1,2 dapat dilihat pada Tabel 5.35,

Tabel 5.35 Hitungan campuran pasir dan kerikil asal Sungai boyong dengan perbandingan 1 : 1,2

| Lubang Ayakan (mm) | Berat Butir lewat pasir (%) | Berat Butir lewat kerikil (%) | (2) x P | (3) x K | (4)+(5) | (6) (P+K) |
|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------|---------|---------|-----------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| 38 | 100 | 100 | 100 | 120 | 220 | 100 |
| 19 | 100 | 54.58 | 100 | 65.5 | 165,5 | 75.23 |
| 9,6 | 100 | 14.66 | 100 | 17.6 | 117.6 | 53.45 |
| 4,8 | 100 | 3.5 | 100 | 4.2 | 104.2 | 47.4 |
| 2,4 | 84.1 | 0 | 84.1 | 0 | 84.1 | 38.2 |
| 1,2 | 56.4 | 0 | 56.4 | 0 | 56.4 | 25.6 |
| 0,6 | 27.0 | 0 | 27.0 | 0 | 27.0 | 12.3 |
| 0,3 | 8.5 | 0 | 8.5 | 0 | 8.5 | 3.86 |
| 0,15 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.3 |

Hasil hitungan gradasi campuran untuk Sungai Boyong dengan perbandingan pasir:kerikil = 1:1,5 dapat dilihat pada Tabel 5.36,

Tabel 5.36 Hitungan campuran pasir dan kerikil asal Sungai boyong dengan perbandingan 1 : 1,5

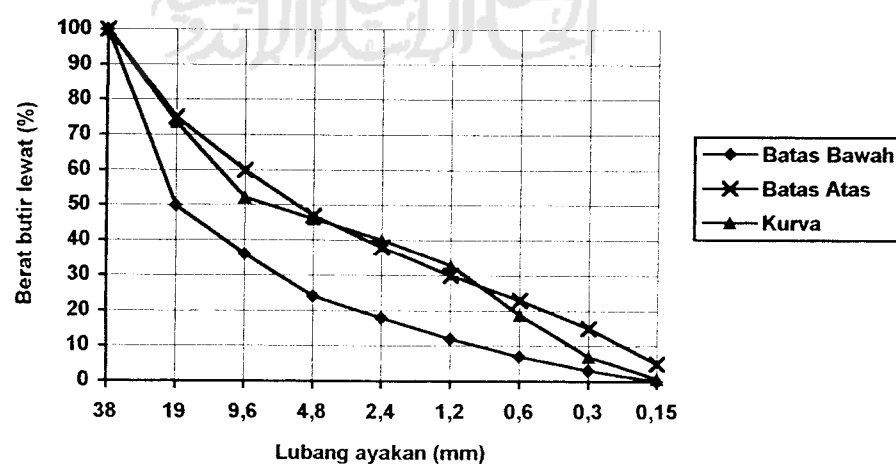
| Lubang Ayakan (mm) | Berat Butir lewat pasir (%) | Berat Butir lewat kerikil (%) | (2) x P | (3) x K | (4)+(5) | (6) (P+K) |
|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------|---------|---------|-----------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| 38 | 100 | 100 | 100 | 150 | 250 | 100 |
| 19 | 100 | 53.1 | 100 | 79.65 | 179.65 | 71.86 |
| 9,6 | 100 | 13.7 | 100 | 20.55 | 120.55 | 48.22 |
| 4,8 | 100 | 2.1 | 100 | 3.15 | 103.15 | 41.26 |
| 2,4 | 83.0 | 0 | 83.0 | 0 | 83.0 | 33.2 |
| 1,2 | 56.0 | 0 | 56.0 | 0 | 56.0 | 22.4 |
| 0,6 | 27.3 | 0 | 27.3 | 0 | 27.3 | 10.92 |
| 0,3 | 10.0 | 0 | 10.0 | 0 | 10.0 | 4.0 |
| 0,15 | 0.6 | 0 | 0.6 | 0 | 0.6 | 0.24 |

Hasil hitungan gradasi campuran untuk Sungai Boyong dengan perbandingan pasir:kerikil = 1:2,2 dapat dilihat pada Tabel 5.37,

Tabel 5.37 Hitungan campuran pasir dan kerikil asal Sungai boyong dengan perbandingan 1 : 2,2

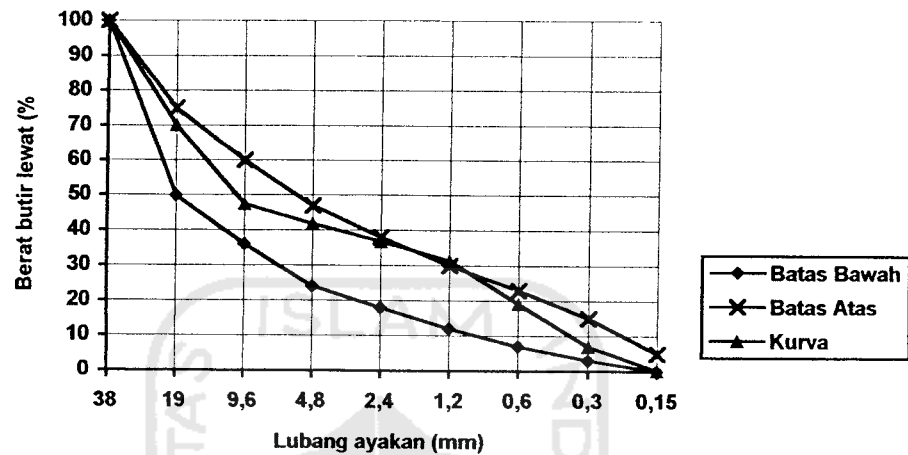
| Lubang Ayakan (mm) | Berat Butir lewat pasir (%) | Berat Butir lewat kerikil (%) | (2) x P | (3) x K | (4)+(5) | (6) (P+K) |
|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------|---------|---------|-----------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
| 38 | 100 | 100 | 100 | 220 | 320 | 100 |
| 19 | 100 | 55.0 | 100 | 121.0 | 221.0 | 69.06 |
| 9,6 | 100 | 13.455 | 100 | 29.6 | 129.6 | 40.5 |
| 4,8 | 100 | 3.273 | 100 | 7.2 | 107.2 | 33.5 |
| 2,4 | 87.0 | 0 | 87.0 | 0 | 87.0 | 27.19 |
| 1,2 | 61.0 | 0 | 61.0 | 0 | 61.0 | 19.1 |
| 0,6 | 30.5 | 0 | 30.5 | 0 | 30.5 | 9.5 |
| 0,3 | 10.2 | 0 | 10.2 | 0 | 10.2 | 2.9 |
| 0,15 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.2 |

Hasil grafik gradasi campuran untuk Sungai Progo dengan perbandingan pasir:kerikil = 1:1,2 dapat dilihat pada Grafik 5.1,



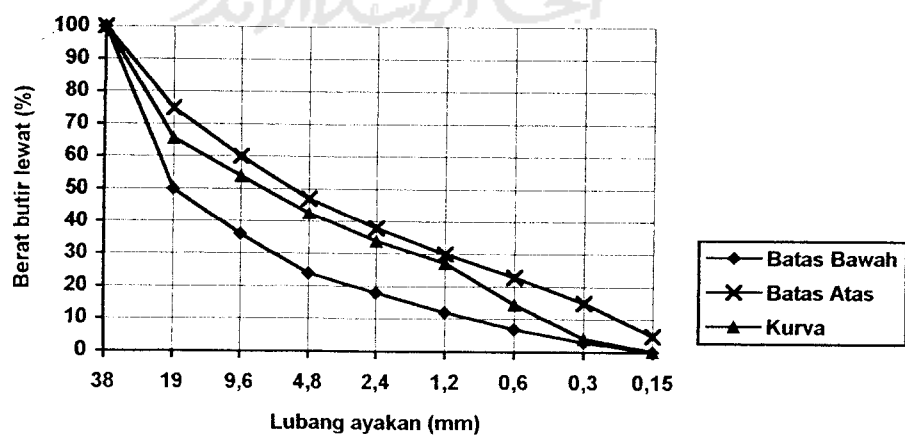
Grafik 5.1 Kurva gradasi Sungai Progo dengan perbandingan pasir : kerikil = 1 : 1,2

Hasil grafik gradasi campuran untuk Sungai Progo dengan perbandingan pasir:kerikil = 1:1,5 dapat dilihat pada Grafik 5.2,



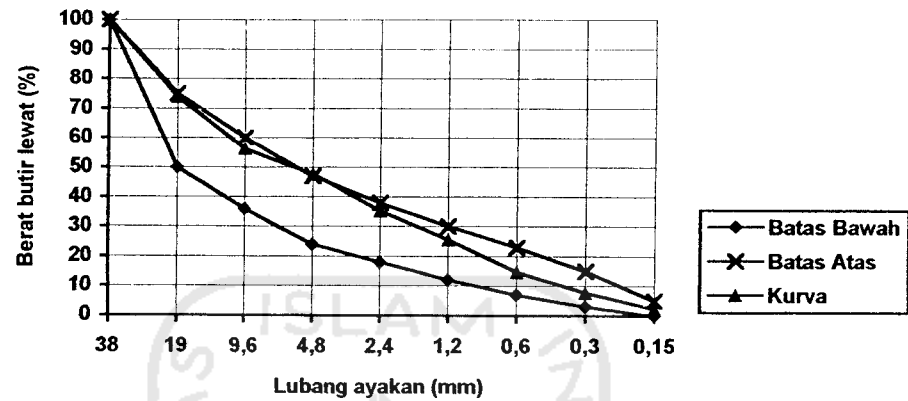
Grafik 5.2 Kurva gradasi Sungai Progo dengan perbandingan pasir : kerikil = 1 : 1,5

Hasil grafik gradasi campuran untuk Sungai Progo dengan perbandingan pasir:kerikil = 1:2,5 dapat dilihat pada Grafik 5.3,



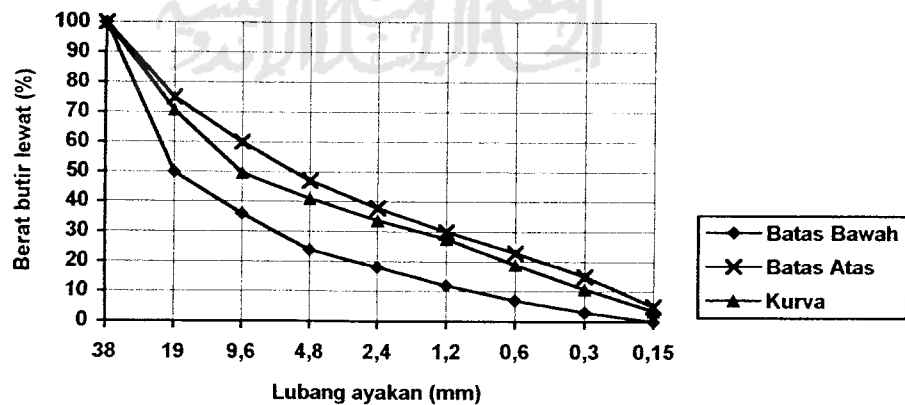
Grafik 5.3 Kurva gradasi Sungai Progo dengan perbandingan pasir : kerikil = 1 : 2,5

Hasil grafik gradasi campuran untuk Sungai Krasak dengan perbandingan pasir:kerikil = 1:1,2 dapat dilihat pada Grafik 5.4,



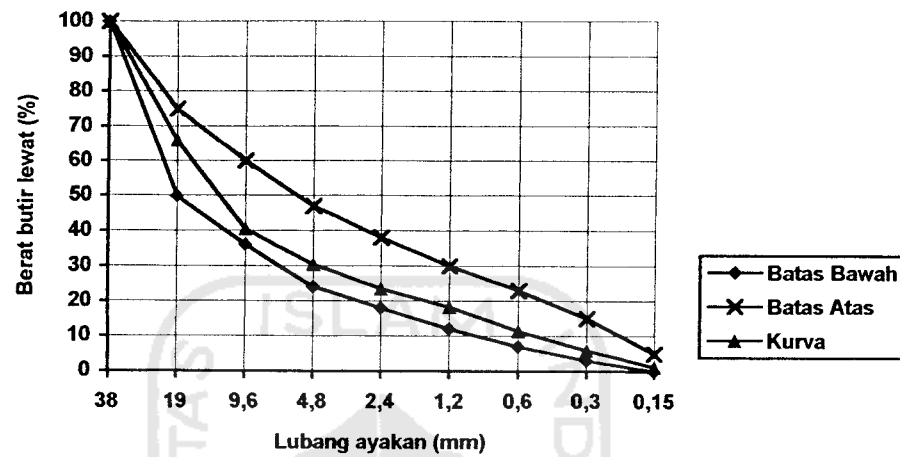
Grafik 4.4 Kurva gradasi Sungai Krasak dengan perbandingan pasir : kerikil = 1 : 1,2

Hasil grafik gradasi campuran untuk Sungai Progo dengan perbandingan pasir:kerikil = 1:1,6 dapat dilihat pada Grafik 5.5,



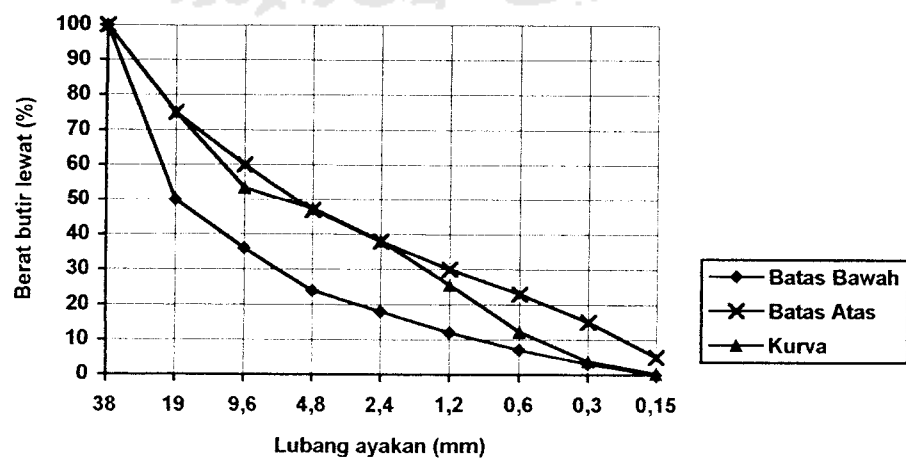
Grafik 4.5 Kurva gradasi Sungai Krasak dengan perbandingan pasir : kerikil = 1 : 1,6

Hasil grafik gradasi campuran untuk Sungai Krasak dengan perbandingan pasir:kerikil = 1:2,6 dapat dilihat pada Grafik 5.6,



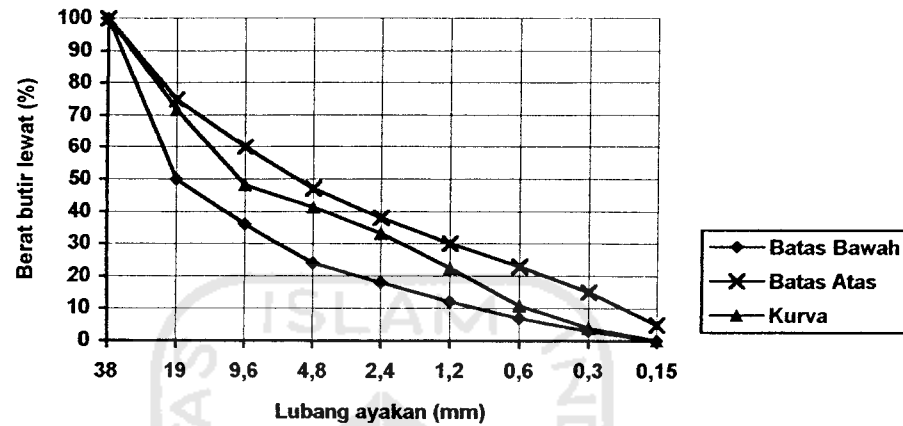
Grafik 5.6 Kurva gradasi Sungai Krasak dengan perbandingan pasir : kerikil = 1 : 2,6

Hasil grafik gradasi campuran untuk Sungai Boyong dengan perbandingan pasir:kerikil = 1:1,2 dapat dilihat pada Grafik 5.7,



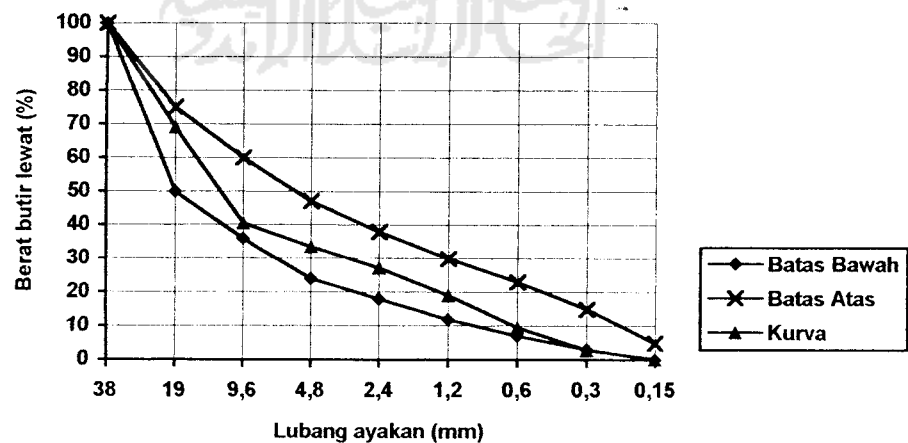
Grafik 5.7 Kurva gradasi Sungai Boyong dengan perbandingan pasir : kerikil = 1 : 1,2

Hasil grafik gradasi campuran untuk Sungai Boyong dengan perbandingan pasir:kerikil = 1:1,5 dapat dilihat pada Grafik 5.8,



Grafik 5.8 Kurva gradasi Sungai Boyong dengan perbandingan pasir : kerikil = 1 : 1,5

Hasil grafik gradasi campuran untuk Sungai Boyong dengan perbandingan pasir:kerikil = 1:2,2 dapat dilihat pada Grafik 5.9,



Grafik 5.9 Kurva gradasi Sungai Boyong dengan perbandingan pasir : kerikil = 1 : 2,2

5.6 Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar

Uji keausan agregat kasar ini bertujuan untuk mengetahui kekersan dari suatu agregat. Cara pemeriksaan tingkat kekerasan agregat adalah sebagai berikut ini.

1. Benda uji diambil secara acak dan disaring dengan lolos saringan 19,0 mm tertahan 12,5 mm dan lolos saringan 12,5 mm tertahan 9,5 mm.
2. Agregat yang lolos saringan 19,0 mm tertahan 12,5 mm diambil 2500 gram, dan agregat lolos saringan 12,5 mm tertahan 9,5 mm diambil 2500 gram.
3. agregat kasar (kerikil) dimasukkan ke dalam mesin Los Angeles dengan 500 kali putaran.
4. agregat diambil dan disaring kembali dengan saringan 1,7 mm, kemudian ditimbang.
5. nilai keausannya dapat dihitung yaitu jumlah benda uji sebelum tes dikurangi jumlah benda uji tertahan di sieve 12(B), kemudian dibagi dengan jumlah benda uji dikalikan 100%.

$$\text{Keausan} = \frac{(A - B)}{A} \times 100\%$$

Hasil dari tes keausan dengan mesin Los Ageles dapat dilihat pada tabel 5.38 berikut ini.

Tabel 5.38 Hasil tes keausan dengan mesin Los Angeles

| Benga Uji | Hasil Abrasi Test (persen) | Syarat kelas III mutu diatas $f'c=18,7$ MPa(%) |
|---------------|----------------------------|--|
| Sungai Boyong | 53,03 | 27 |
| Sungai Krasak | 43,34 | 27 |
| Sungai Progo | 41,17 | 27 |

Dari hasil uji keausan menunjukkan bahwa agregat dari ketiga sungai tersebut tidak memenuhi syarat beton kelas III untuk mutu perencanaan beton $f'c = 22,5$ MPa.

5.7 Bentuk dan Tekstur Agregat (ciri-ciri agregat kasar)

Adapun pemeriksaan ciri-ciri dari agregat kasar adalah sebagai berikut :

Tabel 5.39 Ciri-ciri agregat kerikil

| Asal Agregat | Ciri-Ciri Agregat |
|---------------|--|
| Sungai Boyong | a. berpori b. permukaan kasar c. bentuk agak mendekati kotak d. ringan |
| Sungai Krasak | a. bersudut tajam b. permukaan kasar c. bentuk agak mendekati kotak d. agak berat |
| Sungai Progo | a. tidak berpori b. permukaan halus c. bentuk rata-rata bulat d. berat |

5.8 Perancangan Campuran Adukan Beton

Perancangan adukan beton pada penelitian ini dengan menggunakan cara ACI. Pembuatan suatu adukan beton, terlebih dahulu perlu diketahui perbandingan komposisi bahan-bahan penyusun. Benda uji direncanakan menggunakan mutu beton $f'c = 22,5$ Mpa.

Uraian perencanaan campuran beton dengan cara ACI :
Perhitungan untuk agregat dari Sungai Boyong.

1. simpangan baku dapat dipilih sesuai dengan perencanaan yang dikehendaki dapat dilihat pada Tabel 5.40,

Tabel 5.40 Nilai deviasi standar (kg/cm²)

| Volume Pelerjaan | | Mutu Pelaksanaan | | |
|------------------|----------------|------------------|--------------|--------------|
| | m ³ | baik sekali | baik | cukup |
| kecil | < 1000 | 45 < s <= 55 | 55 < s <= 65 | 65 < s <= 85 |
| sedang | 1000-3000 | 35 < s <= 45 | 45 < s <= 55 | 55 < s <= 75 |
| besar | > 3000 | 25 < s <= 35 | 35 < s <= 45 | 45 < s <= 65 |

diambil mutu pelaksanaan baik, jenis beton biasa (beton non air-entrained)

$$s = 60 \text{ kg/cm}^2 = 6 \text{ MPa}$$

$$= 6 : 0,0069 = 869,57 = 870 \text{ psi}$$

2. Jumlah benda uji n = 20 buah

Modifikasi simpangan baku dengan tabel 3.6

$$S = 1,08 \times 870 = 939,6 \text{ psi}$$

3. Kuat tekan rencana,

$$\text{Kuat tekan rencana} = f'c = 22,5 \text{ MPa}$$

$$= 22,5 : 0,0069$$

$$= 3260 \text{ psi}$$

Persamaan 3.1

$$f'cr = f'c + 1,34.s$$

$$= 3260 + 1,34 \times (1,08 \times 870)$$

$$= 4159,064 \text{ psi}$$

$$= 31,181 \text{ MPa}$$

Persamaan 3.2

$$\begin{aligned}
 f'_{cr} &= f'_c + 2,33.s - 500 \\
 &= 3260 + 2,33 \times (1,08 \times 870) - 500 \\
 &= 4949,268 \text{ psi} \\
 &= 34,15 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan dari persamaan 3.1 dan 3.2 diambil yang terbesar yaitu 34,15 MPa

4. Slump yang diperlukan untuk balok dan dinding beton lihat tabel 3.7 = maksimum 4 inch dan minimum 1 inch
= maksimum 10,16 cm dan minimum 2,54 cm
5. Ukuran agregat maksimum = 1,5 inch
= 3,8 cm = 4 cm
6. Untuk slump antara 3 dan 4 inch ukuran dan ukuran agregat 1,5 inch, berat air yang diperlukan per yard³ beton dapat dilihat pada tabel 3.8 = 300 lb/yard³
7. Untuk kekuatan tekan yang diminta $f'_c = 4949,286$ psi, faktor air semennya dapat dilihat pada tabel 3.9 = 0,485 (interpolasi)
8. Tabel 3.10 juga diperlukan jika yang digunakan dalam hitungan desain campuran bukan berdasarkan berat, melainkan berdasarkan volume. Dengan demikian jumlah semen yang diperlukan per yard³ beton = $300/0,485 = 618,6$ lb/yard³
9. Dengan menggunakan modulus kehalusan pasir (MHB = 3) dan tabel 3.10, maka volume agregat kasar = 0,69 yd³

10. Dengan menggunakan berat kering agregat kasar 90 lb/ft³, maka berat agregat kasar

$$= (0,69 \text{ yd}^3) \times (27 \text{ ft}^3/\text{yd}^3) \times 90$$

$$= 1676,7 \text{ lb/yd}^3$$

11. Berat estimasi beton segar untuk agregat berukuran maksimum 1,5 inch dapat dilihat pada tabel 3.11 (beton non air-entrained) didapat = 4070 lb/yd³

12. Berat pasir = [berat beton segar - berat (air + semen + agregat kasar)]

$$= 4070 - (300 + 618,6 + 1676,7)$$

$$= 1474,7 \text{ lb/yd}^3$$

13. Untuk 1 yard³ beton

semen = 618,6 lb

pasir = 1474,7 lb

kerikil = 1676,7 lb

air = 300 lb

14. Untuk 1 m³ beton (1 lb/yd³ = 0,6 kg/m³)

semen = 371,16 kg

pasir = 884,82 kg

Kerikil = 1006,02 kg

air = 180 kg

Secara ringkas hasil perhitungan kebutuhan semen, pasir, kerikil, dan air dapat dilihat pada tabel 5.41 berikut ini.

Tabel 5.41 Kebutuhan material untuk setiap 1 m³ adukan beton

| Asal Agregat | Berat semen (kg) | Berat pasir (kg) | Berat kerikil (kg) | Berat air (liter) |
|--------------|------------------|------------------|--------------------|-------------------|
| S. Boyong | 371,16 | 884,82 | 1006,02 | 180 |
| S. Krasak | 371,16 | 768,77 | 1122,07 | 180 |
| S. Progo | 371,16 | 763,62 | 1127,22 | 180 |

Setiap adukan diperlukan 20 buah silinder beton. Volume silinder = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,15^2 \cdot 0,3 = 0,0053 \text{ m}^3$. Volume 20 buah silinder = $20 \times 0,0053 = 0,106 \text{ m}^3$. Untuk pengerjaan kebutuhan material setiap adukan diberi penambahan 10%. Hasil penambahan 10% dapat dilihat pada Tabel 5.42 berikut ini.

Tabel 5.42 Kebutuhan material setiap adukan untuk 20 buah silinder setelah diberi penambahan 10%

| Asal Agregat | Berat semen (kg) | Berat pasir (kg) | Berat kerikil (kg) | Berat air (liter) |
|--------------|------------------|------------------|--------------------|-------------------|
| S. Boyong | 43,277 | 103,17 | 117,30 | 21,00 |
| S. Krasak | 43,277 | 89,64 | 130,83 | 21,00 |
| S. Progo | 43,277 | 89,04 | 131,43 | 21,00 |

Kebutuhan pasir dan kerikil per 1m³ beton dapat dilihat pada Tabel 5.43,

Tabel 5.43 Kebutuhan pasir dan kerikil berdasarkan perbandingan per 1 m³ beton

| Asal agregat | Perbandingan Pasir : kerikil | Berat Pasir+Kerikil (kg) | Berat Pasir (kg) | Berat Kerikil (kg) |
|--------------|------------------------------|--------------------------|------------------|--------------------|
| S. Boyong | 1 : 1,2 | 1890,84 | 859,47 | 1031,37 |
| | 1 : 1,5 | | 756,34 | 1134,50 |
| | 1 : 2,2 | | 590,89 | 1299,95 |
| S. Krasak | 1 : 1,2 | 1890,84 | 859,47 | 1031,37 |
| | 1 : 1,6 | | 727,25 | 1163,59 |
| | 1 : 2,6 | | 525,23 | 1365,61 |
| S. Progo | 1 : 1,2 | 1890,84 | 859,47 | 1031,37 |
| | 1 : 1,5 | | 756,34 | 1134,50 |
| | 1 : 2,5 | | 540,24 | 1350,60 |

Kebutuhan pasir dan kerikil untuk 20 silinder dengan penambahan 10% dapat dilihat pada Tabel 5.44,

Tabel 5.44 Kebutuhan pasir dan kerikil berdasarkan perbandingan untuk 20 silinder + 10%

| Asal agregat | Perbandingan Pasir : kerikil | Berat Pasir+Kerikil (kg) | Berat Pasir (kg) | Berat Kerikil (kg) |
|--------------|------------------------------|--------------------------|------------------|--------------------|
| S. Boyong | 1 : 1,2 | 220,47 | 100,21 | 120,26 |
| | 1 : 1,5 | | 88,19 | 132,28 |
| | 1 : 2,2 | | 68,90 | 151,57 |
| S. Krasak | 1 : 1,2 | 220,47 | 100,21 | 120,26 |
| | 1 : 1,6 | | 84,80 | 135,67 |
| | 1 : 2,6 | | 61,24 | 159,23 |
| S. Progo | 1 : 1,2 | 220,47 | 100,21 | 120,26 |
| | 1 : 1,5 | | 88,19 | 132,28 |
| | 1 : 2,5 | | 62,99 | 157,48 |

Kebutuhan pasir dan kerikil berdasarkan besaran butiran untuk 20 silinder dengan penambahan 10% dapat dilihat pada Tabel 5.45,

Tabel 5.45 Kebutuhan kerikil berdasarkan besaran butiran untuk 20 silinder + 10%

| Asal agregat | Perbandingan pasir : kerikil | Kerikil tertahan ayakan | | |
|--------------|------------------------------|-------------------------|-------|-------|
| | | 20 mm | 10 mm | 5 mm |
| S. Boyong | 1 : 1,2 | 60,13 | 36,08 | 24,05 |
| | 1 : 1,5 | 66,14 | 39,68 | 26,46 |
| | 1 : 2,2 | 75,79 | 45,47 | 30,31 |
| S. Krasak | 1 : 1,2 | 60,13 | 36,08 | 24,05 |
| | 1 : 1,6 | 67,84 | 40,70 | 27,13 |
| | 1 : 2,6 | 79,61 | 47,77 | 31,85 |
| S. Progo | 1 : 1,2 | 60,13 | 36,08 | 24,05 |
| | 1 : 1,5 | 66,14 | 39,68 | 26,46 |
| | 1 : 2,5 | 78,74 | 47,24 | 31,50 |

Hasil perbandingan antara semen : pasir : kerikil per m^3 beton dapat dilihat pada Tabel 5.46,

Tabel 5.46 Perbandingan semen : pasir : kerikil dalam m^3 beton

| Asal agregat | Perbandingan Pasir : kerikil | Berat Semen (kg) | Berat Pasir (kg) | Berat Kerikil (kg) |
|--------------|------------------------------|------------------|------------------|--------------------|
| S. Boyong | 1 : 1,2 | 371,16 | 859,47 | 1031,37 |
| | semen:pasir:kerikil | 1 | 2,3 | 2,8 |
| | 1 : 1,5 | 371,16 | 756,34 | 1134,50 |
| | semen:pasir:kerikil | 1 | 2,0 | 3,1 |
| | 1 : 2,2 | 371,16 | 590,89 | 1299,95 |
| | semen:pasir:kerikil | 1 | 1,6 | 3,5 |

| | | | | |
|-----------|---------------------|--------|--------|---------|
| S. Krasak | 1 : 1,2 | 371,16 | 859,47 | 1031,37 |
| | semen:pasir:kerikil | 1 | 2,3 | 2,8 |
| | 1 : 1,6 | 371,16 | 727,25 | 1163,59 |
| | semen:pasir:kerikil | 1 | 2,0 | 3,1 |
| | 1 : 2,6 | 371,16 | 525,23 | 1365,61 |
| | semen:pasir:kerikil | 1 | 1,4 | 3,7 |
| S. Progo | 1 : 1,2 | 371,16 | 859,47 | 1031,37 |
| | semen:pasir:kerikil | 1 | 2,3 | 2,8 |
| | 1 : 1,5 | 371,16 | 756,34 | 1134,50 |
| | semen:pasir:kerikil | 1 | 2,0 | 3,1 |
| | 1 : 2,5 | 371,16 | 540,24 | 1350,60 |
| | semen:pasir:kerikil | 1 | 1,5 | 3,6 |

