

Studi Mengenai Campuran Beton dengan Kadar Pasir Tinggi dalam Agregat Gabungan pada Cara SNI

DENDY FILLEKA YAKTI,¹, PRIYANTO SAELAN,²

¹Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional, Bandung,

²Dosen, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional, Bandung
E-mail:dfilleka@gmail.com

ABSTRAK

Sifat mekanik beton yang paling utama adalah kuat tekannya. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh berbagai faktor. Faktor yang menentukan kuat tekan beton adalah faktor air-semen (w/c), gradasi agregat, dan kadar pasir dalam agregat gabungan. Perancangan komposisi campuran beton cara SNI dengan kadar pasir tinggi untuk slump 60-180 mm hanya dapat dibuat dengan menggunakan pasir yang modulus kehalusannya 3,5. Perancangan campuran beton dengan kadar pasir tinggi untuk modulus kehalusan pasir 3,5 dilakukan dengan 2 cara. Cara pertama yaitu dengan meningkatkan langsung kadar pasir melebihi 50% dan kadar agregat kasarnya menjadi berkurang, dengan konsekuensi nilai slump campuran beton akan berkurang. Cara kedua yaitu mengkombinasikan cara SNI dengan cara Dreux. Hasil pengujian dalam penelitian ini menunjukkan bahwa meningkatkan secara langsung kadar pasir melebihi 50% dalam agregat gabungan untuk ukuran maksimum agregat 20 mm dan 40 mm masih dapat dilakukan hingga mencapai kadar pasir 75% yang merupakan kadar pasir maksimum yang dibolehkan dalam agregat gabungan.

Kata kunci: cara SNI, cara Dreux, kadar pasir, kuat tekan.

ABSTRACT

The main mechanical properties of concrete compressive strength is compressive strength of concrete. Factors that determine the compressive strength of concrete are water-cement ratio (w/c), aggregate gradation, and the sand content in the combined aggregate. The design of the composition of the concrete mix by SNI method with a high sand content for slump 60-180 mm can only be made with sand fineness modulus 3.5. Design concrete mixes with high sand content for sand fineness modulus 3.5 done in 2 method. The first method is to increase direct sand content exceeds 50% and coarse aggregate to be reduced, and consequently slump value of the concrete mix will be reduced. The second method is the combined of SNI and Dreux method. The test results in this study indicate that the sand content exceeds 50% in the combined aggregate for maximum aggregate size of 20 mm and 40 mm can still be done. Sand content of 75% is the maximum permissible content in the combined aggregate.

Keywords: SNI method, Dreux method, sand content, compressive strength.

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan konstruksi yang dibuat dari campuran semen, agregat kasar (kerikil atau batu pecah), agregat halus (pasir), air dan bahan tambahan lainnya sesuai dengan kebutuhan, dengan komposisi tertentu. Bahan-bahan campuran beton harus memenuhi syarat melalui pemeriksaan mutu agregat, supaya beton yang dihasilkan sesuai dengan yang diharapkan. Sifat mekanik beton yang paling utama adalah kuat tekannya. Perancangan komposisi campuran beton cara SNI 03-2384-1993 membolehkan kadar pasir tinggi yang melebihi 50% dalam agregat gabungan hanya untuk ukuran maksimum agregat 10 mm, yaitu dapat mencapai 75% dari agregat gabungan, sedangkan kadar pasir untuk ukuran maksimum agregat 20 mm dan 40 mm dibatasi tidak boleh melebihi 50%. Berdasarkan formulasi kuat tekan beton menurut Dreux, semakin tinggi volume pasir semakin tinggi faktor granular G sehingga untuk suatu faktor air-semen yang tetap kuat tekan beton akan makin meningkat. Mengingat kadar pasir dalam agregat gabungan ikut menentukan kuat tekan beton, maka penggunaan kadar pasir tinggi melebihi 50% dalam agregat gabungan pada ukuran maksimum agregat 20 mm dan 40 mm perlu diteliti sehingga dapat diketahui sampai seberapa jauh kadar pasir ini boleh melebihi 50% dan campuran beton masih dapat dikerjakan oleh mesin pencampur (*mixer*).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Agregat Dalam Campuran Beton

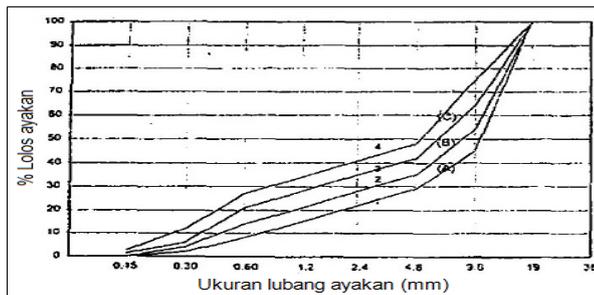
Agregat dalam campuran beton berfungsi sebagai bahan pengisi. Volume agregat dalam campuran beton dapat mencapai $\pm 70\%$ dari volume beton. Untuk mendapatkan kepadatan beton yang maksimal serta campuran beton masih dapat dikerjakan maka agregat dalam campuran beton harus terdistribusi dalam berbagai ukuran. Ditinjau dari ukuran butiran, agregat terbagi menjadi agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus yaitu pasir adalah agregat yang mempunyai ukuran butiran lebih kecil dari 4,75 mm, sedangkan SNI mendefinisikan agregat halus sebagai butiran yang berukuran lebih kecil dari 5,00 mm. Ukuran butiran yang lebih besar dari 5,00 mm adalah agregat kasar. Kepadatan beton didapat dari kepadatan agregat dalam volume beton.

2.2 Mekanisme Pembentukan Kuat Tekan Beton

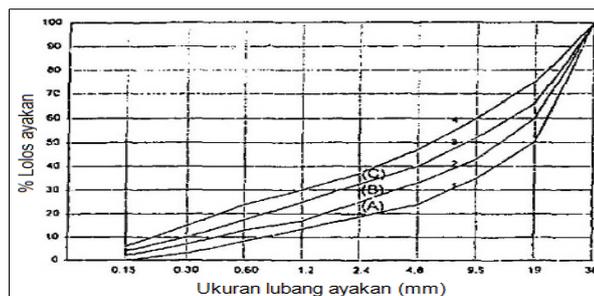
Mekanisme saling mengunci (*interlocking*) secara mekanik terjadi antara produk hidrasi semen (pasta semen yang mengeras) dengan kekasaran permukaan agregat, selain itu juga terjadi mekanisme lekatan (*bonding*) antara pasta semen yang mengeras dengan permukaan agregat. Mekanisme pembentukan kuat tekan beton dapat diketahui dari hasil pengujian tekan beton oleh Newman dan Choo (2003) melalui pengamatan mengenai serpihan keruntuhan atau fraktur (*fracture*) pada butiran agregat kasar setelah pengujian dilakukan. Dari bentuk fraktur pada keruntuhan tekan beton dapat disimpulkan bahwa pola runtuh tekan merupakan kombinasi antara keruntuhan tarik dan keruntuhan geser. Keruntuhan tarik terjadi akibat lepasnya lekatan (*bonding*) antara pasta semen dengan permukaan agregat kasar, dan keruntuhan geser terjadi pada *interlocking* antara pasta semen dengan permukaan agregat halus.

2.3 Kadar Pasir Pada Agregat Gabungan Dalam Campuran Beton

Kadar pasir pada agregat gabungan dalam campuran beton dapat dilihat pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**.

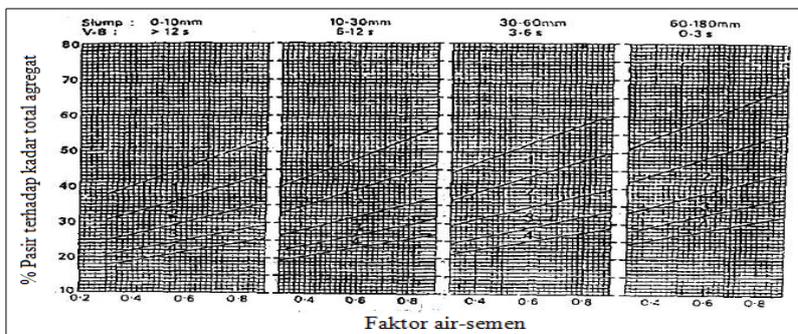


Gambar 1. Batas gradasi agregat gabungan untuk besar butir maksimum (20 mm)

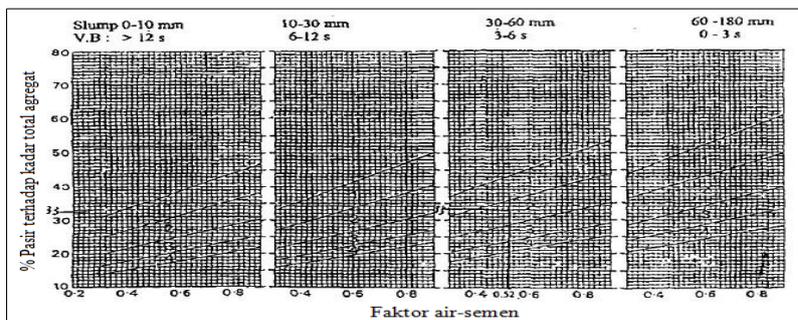


Gambar 2. Batas gradasi agregat gabungan untuk besar butir maksimum (40 mm)

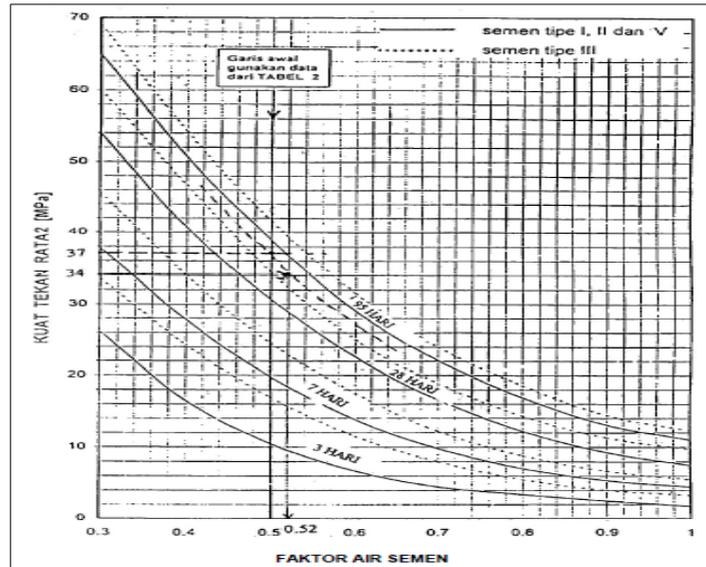
Dari **Gambar 1** dan **Gambar 2** terlihat bahwa kadar pasir dalam agregat gabungan untuk ukuran maksimum 20 mm dan 40 mm tidak boleh melebihi 50%. Kadar pasir dalam agregat gabungan pada cara SNI ditentukan berdasarkan nilai *slump* yang direncanakan, modulus kehalusan pasir dan faktor air-semen, yang ditunjukkan pada **Gambar 3** dan **Gambar 4** pada cara SNI ini kadar pasir dalam agregat gabungan tidak berpengaruh terhadap kekuatan. Kuat tekan beton ditentukan berdasarkan faktor air-semen seperti diperlihatkan pada **Gambar 5**.



Gambar 3. Penentuan persen pasir dalam agregat gabungan untuk ukuran agregat maksimum 20 mm



Gambar 4. Penentuan persen pasir dalam agregat gabungan untuk ukuran agregat maksimum 40 mm



Gambar 5. Hubungan antara kuat tekan beton dengan faktor air-semen

Untuk suatu faktor air-semen, modulus kehalusan pasir yang tetap dan ukuran maksimum agregat yang sama, jika kadar pasir melebihi 50% maka nilai *slump* yang terjadi akan makin kecil. Agar nilai *slump* tetap maka dilakukan penambahan air. Hal ini akan berakibat nilai *w/c* makin besar dan berakibat kuat tekan akan berkurang. Ditinjau dari cara SNI, perancangan campuran beton dengan kadar pasir tinggi dalam agregat gabungan tidak akan berpengaruh pada kuat tekan beton, mengingat kuat tekan beton hanya ditentukan oleh faktor air-semen, namun jika ditinjau dengan cara lain yaitu cara Dreux, maka peningkatan kadar pasir akan meningkatkan kuat tekan beton karena faktor granular akan meningkat. Hal ini dirumuskan pada **Persamaan 1** sebagai berikut:

$$f_c = G \cdot f_{pc} \cdot \left(\frac{C}{W} - 0,5 \right) \quad \dots (1)$$

dimana :

- f_c = kuat tekan beton rata-rata pada umur 28 hari (MPa);
- G = faktor granular (0,35-0,65);
- f_{pc} = kekuatan tekan mortar semen umur 28 hari (MPa);
- C = berat semen untuk 1 m³ beton;
- W = berat air untuk 1 m³ beton.

Besar faktor granular (G) berdasarkan persamaan Thesia (2013) dinyatakan dalam **Persamaan 2** sebagai berikut:

$$G = k \cdot V_{pasir} \quad \dots (2)$$

halmana:

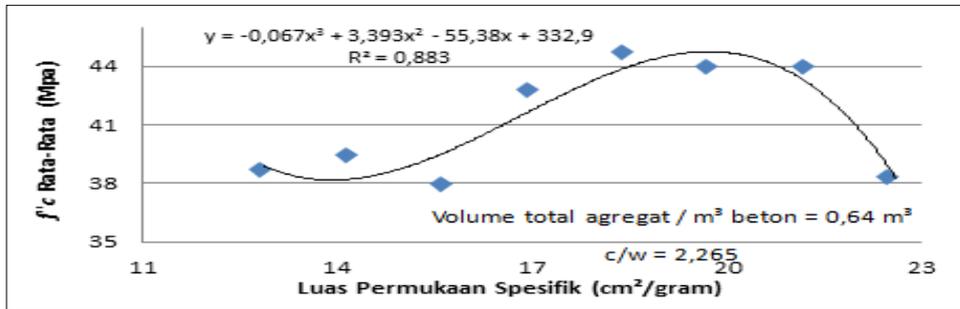
- k = konstanta yang nilainya diberikan pada **Tabel 1**;
- V_{pasir} = volume pasir dalam 1 m³ beton.

Tabel 1. Nilai k untuk $0,4 \leq G \leq 0,6$

| No. | $V_{pasir} / V_{total\ agregat}$ | k |
|-----|----------------------------------|-----|
| 1. | $\leq 0,26$ | 3 |
| 2. | 0,26 – 0,29 | 2 |
| 3. | 0,29 – 0,39 | 1,8 |
| 4. | 0,39 – 0,43 | 1,5 |
| 5. | 0,43 – 0,49 | 1,8 |
| 6. | $\geq 0,50$ | 1,5 |

(Sumber: Thesia, Z, 2013)

Kuat tekan beton juga dipengaruhi oleh permukaan spesifik agregat dalam campuran beton yang merupakan hasil penelitian Adiputra (2014). Hasil penelitian pengaruh permukaan spesifik terhadap kuat tekan beton, diperlihatkan pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Pengaruh luas permukaan spesifik terhadap kuat tekan beton

2.4 Perancangan Campuran Beton Dengan Kadar Pasir Tinggi Dalam Agregat Gabungan Menggunakan Cara SNI

Campuran beton dengan kadar pasir tinggi jika dirancang dengan cara SNI harus berada pada kelacakan campuran yang bernilai *slump* 60-180 mm. Perancangan campuran beton dengan kadar pasir tinggi untuk modulus kehalusan pasir 3,5 dilakukan dengan 2 cara. Cara pertama yaitu dengan meningkatkan langsung kadar pasir melebihi 50% dan kadar agregat kasarnya menjadi berkurang, dengan konsekuensi nilai *slump* campuran beton akan berkurang.

Cara kedua yaitu mengkombinasikan cara SNI dengan cara Dreux. Langkah-langkah perancangan cara kedua ini dilakukan sebagai berikut:

- (1) menentukan faktor air-semen dengan cara SNI menggunakan grafik pada **Gambar 7**;
- (2) menentukan jumlah air dengan cara SNI menggunakan **Persamaan 3** dan **Tabel 2**;

$$W_{gab} = \frac{2}{3}W_h + \frac{1}{3}W_k \quad \dots (3)$$

Tabel 2. Perkiraan Kadar Air Bebas (kg/m³) yang Dibutuhkan untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pekerjaan Adukan Beton

| <i>Slump</i> (mm) | | 0-10 | 10-30 | 30-60 | 60-180 |
|--|-----------------------------|------|-------|-------|--------|
| Ukuran besar butir agregat maksimum (mm) | Jenis agregat | --- | --- | --- | --- |
| 10 | batu tak dipecahkan (pasir) | 150 | 180 | 205 | 225 |
| | batu pecah | 180 | 205 | 230 | 250 |
| 20 | batu tak dipecahkan (pasir) | 135 | 160 | 180 | 195 |
| | batu pecah | 170 | 190 | 210 | 225 |
| 40 | batu tak dipecahkan (pasir) | 115 | 140 | 160 | 175 |
| | batu pecah | 155 | 175 | 190 | 205 |

- (3) menghitung jumlah semen sesuai nilai w/c dan nilai w yang didapat dari **Persamaan 3**;
- (4) menghitung faktor granular campuran beton menggunakan **Persamaan 4** yang diturunkan dari rumus Dreux

$$G = \frac{f_c}{f_{pc} \cdot \left(\frac{c}{w} - 0,5\right)}; \quad \dots (4)$$

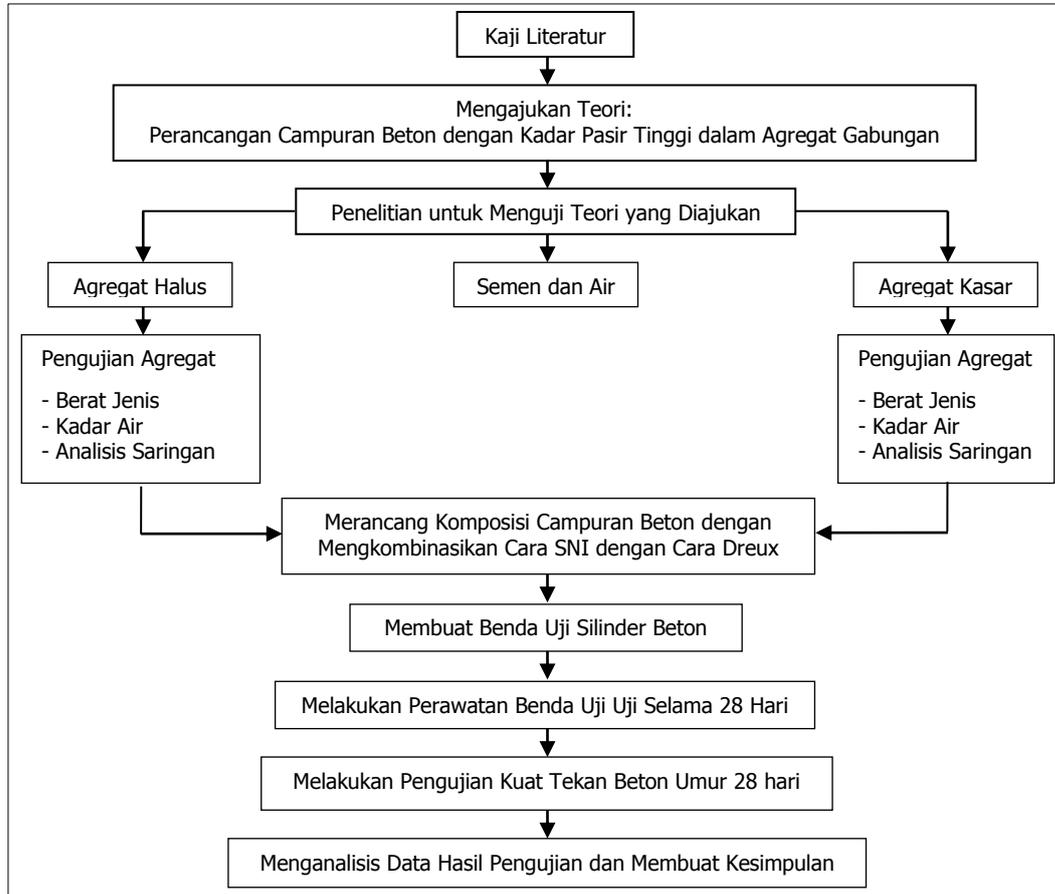
- (5) menghitung volume pasir dari **Persamaan 2** dan **Tabel 1**;
- (6) menghitung volume agregat kasar dengan rumus

$$\text{Volume agregat kasar (VCA)} = V_{total} - \text{Volume agregat halus (VFA)}.$$

3. METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode untuk penelitian ini di perlihatkan pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Prosedur Kerja Penelitian

3.2 Pemeriksaan Agregat

Hasil pemeriksaan sifat fisik agregat halus dan agregat kasar tertera pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat

| Parameter | | Semen | Pasir | Batu Pecah |
|------------------------|--------------------------------|-------|-------|------------|
| Berat jenis | $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ | 3.150 | 2.584 | 2.610,4 |
| Kadar air kering udara | % | - | 2,249 | 1,18 |
| Kadar air SSD | % | - | 3,093 | 2,836 |
| Modulus kehalusan (FM) | % | - | 3,5 | - |

3.3 Perancangan Campuran Beton Berkadar Pasir Tinggi Untuk Pembuatan Benda Uji Dengan Mengkombinasikan Cara SNI Dengan Cara Dreux

Komposisi campuran beton dilaksanakan dengan menggunakan perbandingan volume bahan dalam 1 m³ volume absolut beton segar, seperti tertera pada **Tabel 4 s.d. Tabel 7**.

Persamaan volume absolut untuk 1m³ beton segar dinyatakan dalam **Persamaan 6** sebagai berikut:

$$1 \text{ m}^3 \text{ beton} = V_p + V_k + V_{air} + V_{semen} + V_{udara}$$

... (6)

Tabel 4. Komposisi Campuran Beton untuk $f'_c = 30$ MPa dengan $G = 0,49$ dan Nilai *Slump* 60-180 mm untuk Berbagai Persen Berat Agregat Halus dalam Agregat Gabungan dengan Ukuran Maksimum Agregat Kasar 40 mm Menggunakan Cara yang Pertama

| Bahan | Campuran Beton (kg/m ³) | | | | | |
|--|-------------------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Pasir | 842,384 | 926,622 | 1010,861 | 1095,099 | 1179,338 | 1263,576 |
| Batu Pecah (Kering Udara) | 850,990 | 765,891 | 680,792 | 595,693 | 510,594 | 425,495 |
| Semen | 391,692 | 391,692 | 391,692 | 391,692 | 391,692 | 391,692 |
| Air | 203,611 | 203,611 | 203,611 | 203,611 | 203,611 | 203,611 |
| Berat Campuran Beton | 2,289 | 2,288 | 2,287 | 2,286 | 2,285 | 2,284 |
| Volume Pasir (m ³) | 0,326 | 0,359 | 0,391 | 0,424 | 0,456 | 0,489 |
| Volume Total Agregat (m ³) | 0,652 | 0,652 | 0,652 | 0,652 | 0,652 | 0,652 |
| Modulus Kehalusan Pasir (FM) | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| Persen Berat Agregat Halus | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 |
| Volume Pasir/Volume Total Agregat | 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,65 | 0,70 | 0,75 |

Tabel 5. Komposisi Campuran Beton untuk $f'_c = 30$ MPa dengan $G = 0,49$ dan Nilai *Slump* 60-180 mm untuk Berbagai Persen Berat Agregat Halus dalam Agregat Gabungan dengan Ukuran Maksimum Agregat Kasar 20 mm Menggunakan Cara yang Pertama

| Bahan | Campuran Beton (kg/m ³) | | | | | |
|--|-------------------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Pasir | 839,800 | 923,780 | 1007,760 | 1091,740 | 1175,720 | 1259,700 |
| Batu Pecah (Kering Udara) | 848,380 | 763,542 | 678,704 | 593,866 | 509,028 | 424,190 |
| Semen | 394,231 | 394,231 | 394,231 | 394,231 | 394,231 | 394,231 |
| Air | 205,000 | 205,000 | 205,000 | 205,000 | 205,000 | 205,000 |
| Berat Campuran Beton | 2,287 | 2,287 | 2,286 | 2,285 | 2,284 | 2,283 |
| Volume Pasir (m ³) | 0,325 | 0,358 | 0,390 | 0,423 | 0,455 | 0,488 |
| Volume Total Agregat (m ³) | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 |
| Modulus Kehalusan Pasir (FM) | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| Persen Berat Agregat Halus | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 |
| Volume Pasir/Volume Total Agregat | 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,65 | 0,70 | 0,75 |

Tabel 6. Komposisi Campuran Beton untuk $f'_c = 30$ MPa dengan $G = 0,49$ dan Nilai *Slump* 60-180 mm Untuk Berbagai Persen Berat Agregat Halus dalam Agregat Gabungan dengan Ukuran Maksimum Agregat Kasar 40 mm Menggunakan Cara yang Kedua

| Bahan | Campuran Beton (kg/m ³) | | | | | |
|--|-------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Pasir | 842,384 | 842,384 | 842,384 | 842,384 | 842,384 | 842,384 |
| Batu Pecah (Kering Udara) | 850,990 | 793,562 | 741,354 | 689,146 | 636,938 | 584,730 |
| Semen | 391,692 | 417,839 | 441,715 | 465,592 | 489,468 | 513,345 |
| Air | 203,611 | 217,282 | 229,698 | 242,114 | 254,530 | 266,946 |
| Berat Campuran Beton | 2,289 | 2,271 | 2,255 | 2,239 | 2,223 | 2,207 |
| Volume Pasir (m ³) | 0,326 | 0,326 | 0,326 | 0,326 | 0,326 | 0,326 |
| Volume Total Agregat (m ³) | 0,652 | 0,63 | 0,61 | 0,59 | 0,57 | 0,55 |
| Modulus Kehalusan Pasir (FM) | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| Persen Berat Agregat Halus | 50 | 51 | 53 | 55 | 57 | 59 |
| Volume Pasir/Volume Total Agregat | 0,50 | 0,52 | 0,53 | 0,55 | 0,57 | 0,59 |

Tabel 7. Komposisi Campuran Beton untuk $f'_c = 30$ MPa dengan $G = 0,49$ dan Nilai *Slump* 60-180 mm Untuk Berbagai Persen Berat Agregat Halus dalam Agregat Gabungan dengan Ukuran Maksimum Agregat Kasar 20 mm Menggunakan Cara yang Kedua

| Bahan | Campuran Beton (kg/m ³) | | | | | |
|--|-------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Pasir | 842,384 | 842,384 | 842,384 | 842,384 | 842,384 | 842,384 |
| Batu Pecah (Kering Udara) | 845,770 | 793,652 | 741,354 | 689,146 | 636,938 | 584,730 |
| Semen | 394,231 | 418,124 | 442,017 | 465,909 | 489,802 | 513,695 |
| Air | 205,000 | 217,424 | 229,848 | 242,273 | 254,697 | 267,121 |
| Berat Campuran Beton | 2,287 | 2,271 | 2,256 | 2,240 | 2,224 | 2,208 |
| Volume Pasir (m ³) | 0,326 | 0,326 | 0,326 | 0,326 | 0,326 | 0,326 |
| Volume Total Agregat (m ³) | 0,65 | 0,63 | 0,61 | 0,59 | 0,57 | 0,55 |
| Modulus Kehalusan Pasir (FM) | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| Persen Berat Agregat Halus | 50 | 51 | 53 | 55 | 57 | 59 |
| Volume Pasir/Volume Total Agregat | 0,50 | 0,52 | 0,53 | 0,55 | 0,57 | 0,59 |

4. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil-hasil Pengujian

Hasil-hasil pengujian kuat tekan beton diperlihatkan pada **Tabel 8 s.d. Tabel 11**.

Tabel 8. Hasil Uji Tekan dengan Nilai *Slump* 60-180 mm untuk Berbagai Persen Berat Agregat Halus dalam Agregat Gabungan dengan Ukuran Maksimum Agregat Kasar 40 mm Menggunakan Cara yang Pertama

| Bahan | Campuran Beton (kg/m ³) | | | | | |
|--|-------------------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Pasir | 842,384 | 926,622 | 1010,861 | 1095,099 | 1179,338 | 1263,576 |
| Batu Pecah (Kering Udara) | 850,990 | 765,891 | 680,792 | 595,693 | 510,594 | 425,495 |
| Semen | 391,692 | 391,692 | 391,692 | 391,692 | 391,692 | 391,692 |
| Air | 203,611 | 203,611 | 203,611 | 203,611 | 203,611 | 203,611 |
| Berat Campuran Beton | 2,289 | 2,288 | 2,287 | 2,286 | 2,285 | 2,284 |
| Volume Pasir (m ³) | 0,326 | 0,359 | 0,391 | 0,424 | 0,456 | 0,489 |
| Volume Total Agregat (m ³) | 0,652 | 0,652 | 0,652 | 0,652 | 0,652 | 0,652 |
| Modulus Kehalusan Pasir (FM) | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| Persen Berat Agregat Halus | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 |
| Volume Pasir/Volume Total Agregat | 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,65 | 0,70 | 0,75 |
| Air Bebas (SSD) | 186,730 | 187,307 | 187,884 | 188,461 | 189,036 | 189,610 |
| <i>Slump</i> Aktual Rata-rata (cm) | 4,3 | 2,8 | 1,8 | 1,5 | 0,8 | 0 |
| w/c Aktual | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,48 |
| Faktor Granular G | 0,49 | 0,54 | 0,59 | 0,64 | 0,68 | 0,73 |
| Kuat Tekan Rencana Beton untuk Agregat SSD (MPa) | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Kuat Tekan Prediksi SNI untuk Agregat Kering Udara (MPa) | 33,55 | 33,55 | 33,55 | 33,55 | 33,55 | 32,66 |
| Kuat Tekan Rata-rata Pengujian (MPa) | 31,01 | 30,56 | 30,97 | 27,66 | 27,85 | 29,47 |

Tabel 9. Hasil Uji Tekan dengan Nilai *Slump* 60-180 mm untuk Berbagai Persen Berat Agregat Halus dalam Agregat Gabungan dengan Ukuran Maksimum Agregat Kasar 20 mm Menggunakan Cara yang Pertama

| Bahan | Campuran Beton (kg/m ³) | | | | | |
|--|-------------------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Pasir | 839,800 | 923,780 | 1007,760 | 1091,740 | 1175,720 | 1259,700 |
| Batu Pecah (Kering Udara) | 848,380 | 763,542 | 678,704 | 593,866 | 509,028 | 424,190 |
| Semen | 394,231 | 394,231 | 394,231 | 394,231 | 394,231 | 394,231 |
| Air | 205,000 | 205,000 | 205,000 | 205,000 | 205,000 | 205,000 |
| Berat Campuran Beton | 2,287 | 2,287 | 2,286 | 2,285 | 2,284 | 2,283 |
| Volume Pasir (m ³) | 0,325 | 0,358 | 0,390 | 0,423 | 0,455 | 0,488 |
| Volume Total Agregat (m ³) | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 |
| Modulus Kehalusan Pasir (FM) | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| Persen Berat Agregat Halus | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 |
| Volume Pasir/Volume Total Agregat | 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,65 | 0,70 | 0,75 |
| Air Bebas (SSD) | 187,772 | 188,346 | 188,919 | 189,491 | 190,063 | 190,633 |
| <i>Slump</i> Aktual (cm) | 5,5 | 5,5 | 2,5 | 1,5 | 1 | 0,7 |
| w/c Aktual | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 0,48 |
| Faktor Granular G | 0,49 | 0,54 | 0,59 | 0,63 | 0,68 | 0,73 |
| Kuat Tekan Rencana Beton untuk Agregat SSD (MPa) | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Kuat Tekan Prediksi SNI untuk Agregat Kering Udara (MPa) | 33,55 | 33,55 | 33,55 | 33,55 | 33,55 | 32,66 |
| Kuat Tekan Rata-rata Pengujian (MPa) | 31,08 | 33,98 | 33,27 | 31,83 | 35,18 | 34,50 |

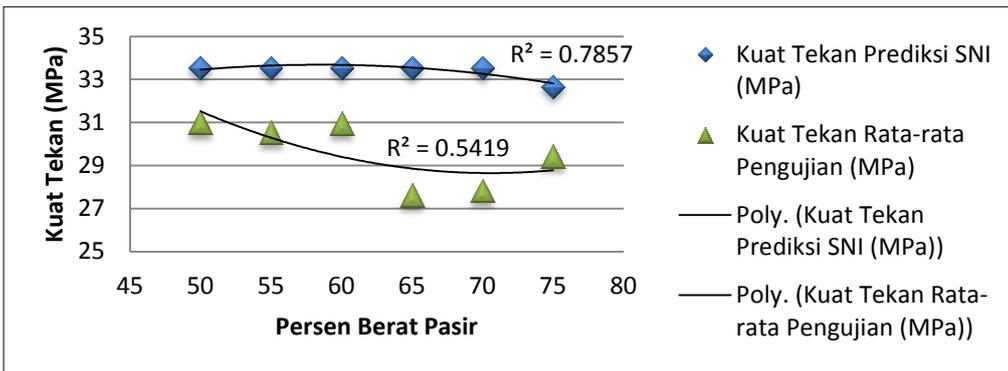
Tabel 10. Hasil Uji Tekan dengan Nilai *Slump* 60-180 mm untuk Berbagai Persen Berat Agregat Halus dalam Agregat Gabungan dengan Ukuran Maksimum Agregat Kasar 40 mm Menggunakan Cara yang Kedua

| Bahan | Campuran Beton (kg/m ³) | | | | | |
|--|-------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Pasir | 842,384 | 842,384 | 842,384 | 842,384 | 842,384 | 842,384 |
| Batu Pecah (Kering Udara) | 850,990 | 793,562 | 741,354 | 689,146 | 636,938 | 584,730 |
| Semen | 391,692 | 417,839 | 441,715 | 465,592 | 489,468 | 513,345 |
| Air | 203,611 | 217,282 | 229,698 | 242,114 | 254,530 | 266,946 |
| Berat Campuran Beton | 2,289 | 2,271 | 2,255 | 2,239 | 2,223 | 2,207 |
| Volume Pasir (m ³) | 0,326 | 0,326 | 0,326 | 0,326 | 0,326 | 0,326 |
| Volume Total Agregat (m ³) | 0,652 | 0,63 | 0,61 | 0,59 | 0,57 | 0,55 |
| Modulus Kehalusan Pasir (FM) | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| Persen Berat Agregat Halus | 50 | 51 | 53 | 55 | 57 | 59 |
| Volume Pasir/Volume Total Agregat | 0,50 | 0,52 | 0,53 | 0,55 | 0,57 | 0,59 |
| Air Bebas (SSD) | 186,791 | 201,468 | 214,824 | 228,157 | 241,467 | 254,753 |
| <i>Slump</i> Aktual Rata-rata (cm) | 4,3 | 8,2 | 10,3 | 14,2 | 16,5 | 18 |
| w/c Aktual | 0,47 | 0,47 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,49 |
| Faktor Granular G | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 |
| Kuat Tekan Rencana Beton untuk Agregat SSD (MPa) | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Kuat Tekan Prediksi SNI untuk Agregat Kering Udara (MPa) | 33,55 | 33,55 | 32,66 | 32,66 | 32,66 | 31,76 |
| Kuat Tekan Rata-rata Pengujian (MPa) | 31,01 | 29,63 | 25,00 | 25,21 | 28,40 | 28,72 |

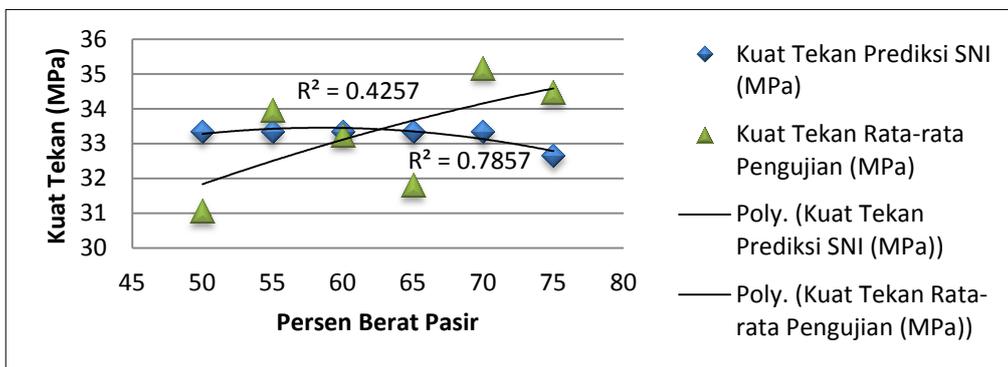
Tabel 11. Hasil Uji Tekan dengan Nilai *Slump* 60-180 mm untuk Berbagai Persen Berat Agregat Halus dalam Agregat Gabungan dengan Ukuran Maksimum Agregat Kasar 20 mm Menggunakan Cara yang Kedua

| Bahan | Campuran Beton (kg/m ³) | | | | | |
|--|-------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Pasir | 842,384 | 842,384 | 842,384 | 842,384 | 842,384 | 842,384 |
| Batu Pecah (Kering Udara) | 845,770 | 793,652 | 741,354 | 689,146 | 636,938 | 584,730 |
| Semen | 394,231 | 418,124 | 442,017 | 465,909 | 489,802 | 513,695 |
| Air | 205,000 | 217,424 | 229,848 | 242,273 | 254,697 | 267,121 |
| Berat Campuran Beton | 2,287 | 2,271 | 2,256 | 2,240 | 2,224 | 2,208 |
| Volume Pasir (m ³) | 0,326 | 0,326 | 0,326 | 0,326 | 0,326 | 0,326 |
| Volume Total Agregat (m ³) | 0,65 | 0,63 | 0,61 | 0,59 | 0,57 | 0,55 |
| Modulus Kehalusan Pasir (FM) | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| Persen Berat Agregat Halus | 50 | 51 | 53 | 55 | 57 | 59 |
| Volume Pasir/Volume Total Agregat | 0,50 | 0,52 | 0,53 | 0,55 | 0,57 | 0,59 |
| Air Bebas (SSD) | 188,181 | 201,563 | 214,922 | 228,258 | 241,568 | 254,855 |
| <i>Slump</i> Aktual (cm) | 2 | 5,5 | 5 | 8,2 | 10 | 15,2 |
| w/c Aktual | 0,47 | 0,47 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,49 |
| Faktor Granular G | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 |
| Kuat Tekan Rencana Beton untuk Agregat SSD (MPa) | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Kuat Tekan Prediksi SNI untuk Agregat Kering Udara (MPa) | 33,55 | 33,55 | 32,66 | 32,66 | 32,66 | 31,76 |
| Kuat Tekan Rata-rata Pengujian (MPa) | 42,40 | 42,95 | 37,72 | 38,31 | 39,22 | 43,57 |

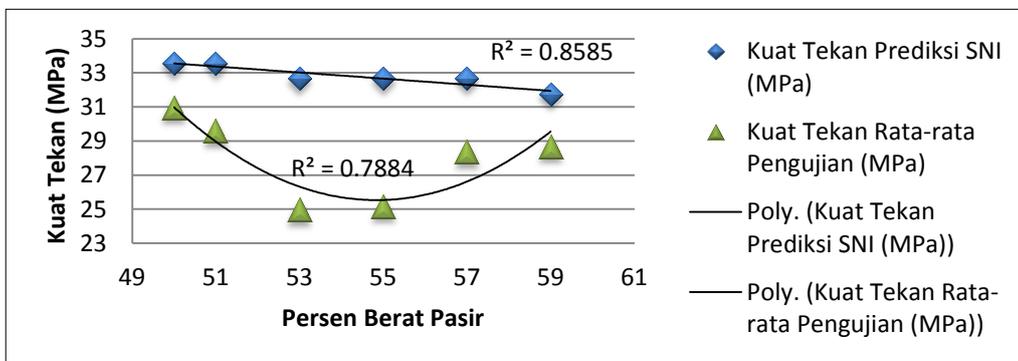
Jika hasil-hasil pengujian pada **Tabel 8**, **Tabel 9**, **Tabel 10**, dan **Tabel 11**, disajikan dalam bentuk grafik, maka hasilnya diperlihatkan pada **Gambar 8**, **Gambar 9**, **Gambar 10**, dan **Gambar 11**.



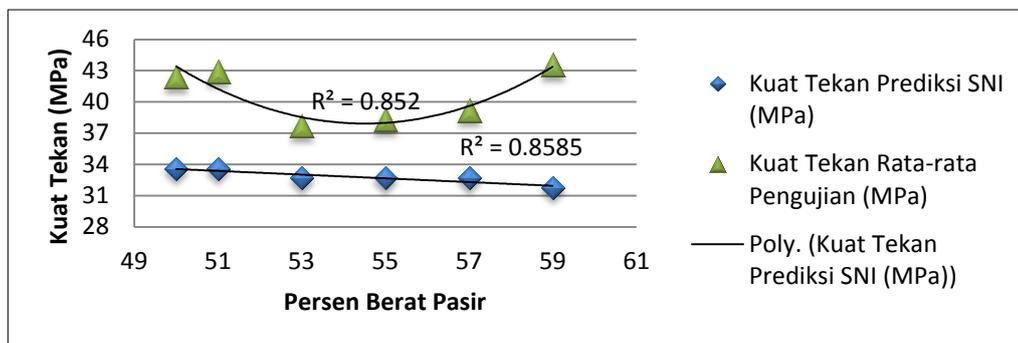
Gambar 8. Relasi kuat tekan beton dengan persen berat pasir dalam agregat gabungan dengan ukuran maksimum agregat kasar 40 mm menggunakan cara yang pertama



Gambar 9. Relasi kuat tekan beton dengan persen berat pasir dalam agregat gabungan dengan ukuran maksimum agregat kasar 20 mm menggunakan cara yang pertama



Gambar 10. Relasi kuat tekan beton dengan persen berat pasir dalam agregat gabungan dengan ukuran maksimum agregat kasar 40 mm menggunakan cara yang kedua



Gambar 11. Relasi kuat tekan beton dengan persen berat pasir dalam agregat gabungan dengan ukuran maksimum agregat kasar 20 mm menggunakan cara yang kedua

4.2 Pembahasan Hasil Penelitian

1. Hasil pengujian yang diperlihatkan pada **Gambar 8** dan **Gambar 9**, menunjukkan bahwa peningkatan kadar pasir melebihi 50% dalam agregat gabungan masih dapat dilakukan dengan cara yang pertama, yaitu meningkatkan secara langsung kadar pasir melebihi 50% dan kadar agregat kasarnya menjadi berkurang, dengan konsekuensi nilai *slump* campuran beton akan berkurang. Hal ini ditunjukkan nilai w/c berkisar dari 0,47 s.d. 0,48 masih dalam batas yang disyaratkan antara 0,3 s.d. 1,0. Saat mencapai kadar pasir 75%, nilai *slump* aktual yang terjadi adalah 0 mm. Kuat tekan rata-rata hasil pengujian masih berdekatan dengan kuat tekan prediksi SNI. Dengan demikian maka kadar pasir 75% dalam agregat gabungan merupakan kadar pasir maksimum yang dibolehkan.
2. Pada perancangan campuran beton dengan kadar pasir tinggi menggunakan cara kedua, yaitu mengkombinasikan cara SNI dengan cara Dreux, terdapat hasil pengujian yang jauh melampaui kuat tekan rencana, yaitu terjadi pada agregat kasar 20 mm, dan hasil pengujian yang berada jauh dibawah kuat tekan rencana, yaitu terjadi pada agregat kasar 40 mm (**Gambar 11** dan **Gambar 12**).
3. Berdasarkan grafik SNI pada **Gambar 5** dan rumus Dreux pada **Persamaan 1** dan hasil penelitian Adiputra (2014), perubahan kuat tekan beton disebabkan oleh berubahnya faktor air-semen, faktor granular G , dan perubahan permukaan spesifik total agregat dalam campuran beton. Permukaan spesifik agregat total pada **Tabel 10** semakin besar seiring berkurangnya kadar agregat kasar. Slump aktual campuran 1 sampai campuran 3 pada **Tabel 10** menunjukkan nilai yang lebih kecil daripada slump rencana. Hal ini menunjukkan faktor air-semennya lebih kecil dari faktor air-semen rencana, sehingga seharusnya kuat tekan beton lebih besar dari kuat tekan rencana.
4. Berdasarkan kaji banding dari hasil pengujian perancangan campuran beton dengan kadar pasir tinggi menggunakan cara pertama dan cara kedua, cara yang masih dapat dilakukan yaitu dengan menggunakan cara yang pertama.
5. Jika cara pertama dibandingkan dengan cara kedua dengan agregat ukuran maksimal 40 mm dimana kadar berat pasir berkisar 50% - 60% dari agregat gabungan, maka terdapat kemiripan yaitu kuat tekan hasil uji dibawah kuat tekan prediksi. Namun demikian kuat tekan hasil uji cara pertama lebih mendekati hasil kuat tekan prediksi. Hasil kuat uji cara pertama lebih besar dari hasil kuat uji cara kedua disebabkan oleh faktor granular pada cara pertama lebih besar daripada cara kedua dan selain faktor air-semen cara pertama lebih besar daripada cara kedua, seperti terlihat pada **Tabel 8** dan **Tabel 9**.
6. Fenomena berkurang dan bertambahnya kuat tekan beton seperti tertera pada **Tabel 10** dan **Tabel 11** terjadi untuk nilai faktor air-semen (w/c) dan faktor granular yang sama. Pada agregat ukuran maksimum 40 mm hasil uji lebih rendah daripada prediksi sedangkan untuk agregat ukuran maksimum 20 mm hasil uji lebih tinggi daripada prediksi. Seharusnya hasil uji keduanya sama karena nilai faktor air-semen (w/c) dan faktor granularnya sama. Hasil kuat tekan uji untuk ukuran agregat maksimum 20 mm lebih tinggi daripada ukuran agregat maksimum 40 mm. Hal ini disebabkan oleh nilai slump aktual yang terjadi pada ukuran agregat maksimum 20 mm lebih rendah daripada slump aktual rata-rata yang terjadi pada ukuran agregat maksimum 40 mm.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian, analisis dan pembahasan yang dilakukan pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan:

- (1) perancangan campuran beton cara SNI untuk kadar pasir tinggi yaitu lebih besar daripada 50% dalam agregat gabungan untuk ukuran maksimum agregat 20 mm dan 40 mm dapat dilakukan dengan menggunakan cara yang pertama, yaitu meningkatkan secara langsung kadar pasir melebihi 50% dan kadar agregat kasarnya menjadi berkurang, dengan konsekuensi nilai slump campuran beton akan berkurang;
- (2) kadar pasir tinggi dalam agregat gabungan untuk ukuran maksimum agregat 40 mm yang dibolehkan agar kuat tekan yang terjadi masih mendekati kuat tekan yang direncanakan dan campuran beton masih dapat dikerjakan adalah 60% sedangkan untuk untuk ukuran maksimum agregat 20 mm adalah 75% (berdasarkan **Gambar 8** dan **Gambar 9**).

6. DAFTAR RUJUKAN

- Adiputra, HYS. (2014). *Studi Mengenai Keberlakuan Pengaruh Permukaan Spesifik Agregat Terhadap Kuat Tekan Dalam Campuran Beton*. Laporan Tugas Akhir – tidak dipublikasikan. Bandung: Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (1993). *Standar Nasional Indonesia 03-2834-1993 tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Thesia, Z. (2013). *Studi Mengenai Perancangan Campuran Beton Cara Dreux Gorisse – ITENAS*, Laporan Tugas Akhir – tidak dipublikasikan. Bandung: Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional.