

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan peningkatan pembangunan dibidang struktur di wilayah Rokan Hulu saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat, yang berlangsung diberbagai bidang, misalnya gedung-gedung, jembatan, tower, dan sebagainya. Beton merupakan salah satu pilihan sebagai bahan struktur dalam konstruksi bangunan. Hal ini dikarnakan banyaknya kelebihan-kelebihan beton dibandingkan dengan bahan lainnya, antara lain harganya yang relatif murah, mempunyai kekuatan yang baik, bahan baku penyusun mudah didapat, tahan lama, tahan terhadap api, tidak mengalami pembusukan. Inovasi teknologi beton selalu dituntut guna menjawab tantangan akan kebutuhan, beton yang dihasilkan diharapkan mempunyai kualitas tinggi meliputi kekuatan dan daya tahan tanpa mengabaikan nilai ekonomis.

Sifat fisis material sangat mempengaruhi mutu dan spesifikasi beton tersebut. Hal lain yang mendasari pemilihan dan penggunaan beton sebagai bahan konstruksi adalah factor efektifitas dan tingkat efisiensinya. Secara umum bahan pengisi beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, mudah diolah (*workability*) dan mempunyai keawetan (*durability*) serta ke kuatannya (*strength*) yang sangat diperlukan dalam suatu konstruksi. Dari sifat yang dimiliki beton itulah menjadikan beton sebagai bahan alternatif untuk dikembangkan baik bentuk fisik maupun metode pelaksanaannya.

Rancangan campuran (*Job Mix Design*) beton dilakukan menghasilkan suatu komposisi penggunaan bahan yang minimum dengan kekuatan yang maksimal dengan tetap mempertimbangkan kriteria standar mutu beton dan ekonomis jika ditinjau dari aspek biaya keseluruhannya (Mulyono,2004). Di Indonesia metode yang digunakan untuk *Job Mix Design* merupakan adopsi dari *British Standard* atau *Departement of Environment* (DoE) yang dimuat dalam buku standar No. SK. SNI. T-15-1990-03.

Berbagai penelitian dan percobaan dibidang beton dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas beton. Dalam menentukan rancangan campuran beton dapat digunakan beberapa metode, antara lain:

1. Metode British Standard atau *Departement of Environment* (DoE);
2. *American Concrete Institute* (ACI);
3. Road Note No. 4;
4. *Portland Cement Association*;
5. *American Society for Testing Materials* (ASTM);
6. *Japan Industrial Standard* (JIS) dan lain-lain.

Kriteria dasar dalam perancangan beton adalah kekuatan tekan beton yang berhubungan dengan faktor air semen yang digunakan. Menurut Neville (1981), untuk menghasilkan kekuatan yang tinggi maka penggunaan air dalam campuran beton harus minimum. Bangunan dapat berdiri kokoh apabila didukung oleh stuktur yang baik. Stuktur yang baik dapat menciptakan kenyamanan dan keamanan bagi penghuni yang menempati bangunan tersebut.

Bahan campuran beton menggunakan pasir dari Desa Bangun Purba Barat dengan bahan pengikat *Portland Cement* Type 1 serta dengan media pengantar air yang mampu menerima kuat tekan menggunakan cara metode DoE (*Departemenr of Environment*) proporsi campuran yang di rencanakan 70% : 30%, dan 80 % : 20 % agregat halus, agregat memperoleh hasil $f_c'25$ MPa. Dengan demikian pencanaan di atas sekaligus berharap dapat menekan biaya pembangunan yang cukup mahal khususnya biaya pembangunan infrastruktur di Kabupaten Rokan Hulu ini menjadi lebih ekonomis, dan dapat diketahui apakah pasir tersebut layak atau tidak layak dan dapat digunakan pada pekerjaan konstruksi ringan atau dapat digunakan pada pekerjaan konstruksi berat sesuai mutu yang diisyaratkan dalam pekerjaan beton, serta dapat memanfaatkan pasir lokal dari Desa Bangun Purba Barat. Untuk itu perlu diadakan penelitian atau percobaan di laboratorium teknik bangunan. Dengan demikian penulis membuat penelitian dengan judul “Rancangan Campuran Beton $f_c'25$ MPa Menggunakan Metode DoE”.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Apakah rancangan campuran beton menggunakan agregat yang berasal dari *quary* sungai batang lubuh Bangun Purba Barat dengan menggunakan metode DoE dapat meningkatkan kuat tekan beton.
2. Bagaimana karakteristik agregat dari *quary* Sungai Batang Lubuh Bangun Purba Barat dalam campuran beton.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui hasil rancangan campuran beton menggunakan metode DoE dengan rencana $f_c'25$ MPa menggunakan agregat yang berasal dari *quary* Bangun Purba Barat Kabupaten Rokan Hulu.
2. Untuk mengetahui karakteristik agregat dari *quary* Sungai Batang Lubuh Bangun Purba Barat

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Dapat mengetahui hasil campuran beton menggunakan metode DoE dengan rencana $f_c'25$ MPa menggunakan agregat yang berasal dari *quary* Bangun Purba Barat Kabupaten Rokan Hulu.
2. Memperoleh pengetahuan mengenai pengaruh yang ditimbulkan dari campuran tersebut.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data Rancangan diperoleh dari pengamatan atas hasil pengujian dilaboratorium yang dibandingkan dengan teoritis.
2. Rencana *job mix design* menggunakan metode *Departemenr of Environment* (DoE) dengan rencana $f_c'25$ MPa.
3. Uji rancangan campuran beton ini hanya menguji komposisi campuran secara teoritis tidak sampai pada adukan betonnya ataupun mutu kekuatan beton, Karena penghematan waktu dan biaya maka peneliti hanya meneliti tentang rancangan campuran beton.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

1. Arifal Hidayat (2014), Meneliti tentang Perbandingan *Job Mix Design* Beton Metode DoE dan ASTM, Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan hasil rancangan (teoritis) campuran beton rencana $f_c' 22,5$ MPa untuk 1 m^3 menggunakan metode British Standard atau Page 192 Jurnal APTEK Vol. 6 No. 2 Juni 2014 Departement of Environment (DoE) dengan metode *American Society for Testing Materials* (ASTM) menggunakan agregat yang berasal dari quarry Tanjung Belit kabupaten Rokan Hulu.
2. Arifal Hidayat (2014), Meneliti tentang Perbandingan *Job Mix Design* Beton Antara Metode DoE dan ACI. Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan hasil rancangan (teoritis) campuran beton rencana $f_c' 22,5$ MPa untuk 1 m^3 menggunakan metode *Departemen of Environment* (DoE) dan metode *American Concrete Institute* (ACI), dari kedua metode tersebut akan diketahui secara teoritis penggunaan bahan-bahan yang optimal (ekonomis).
3. Shanti Wahyuni Megasari dkk (2016), Meneliti tentang Karakteristik Beton Dengan Penambahan Limbah Serat Nylon Dan Polimer *Concrete*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik beton dengan penambahan limbah serat polimer (nylon) dan *concrete* terhadap pengujian tekan dan tarik belah.
4. Abner Dolokraribu dkk (2016), Meneliti tentang Kuat Tekan Beton Menggunakan Bahan Campuran Pasir Lokal (Pasir Nasem) dan Pasir Impor Dengan Metode DoE.
5. Rahayu isnin Astuti (2019), Meneliti tentang Perencanaan Kombinasi Beton dengan Metode Departement of Environment (DoE). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kadar kuat tekan rencana, jenis semen, jenis agregat kasar yang akan digunakan, serta umur kubus beton dimana kekuatan tekan rencananya akan ditinjau, serta diperkirakan kuat tekan kubus beton untuk $W/C = 0,5$ dapat ditetapkan.

6. Rezano fajri syko (2013), Pengaruh pemakaian agregat kasar dari limbah AMP terhadap kuat tekan beton $f_c'18,5$ MPa memakai metode DoE. Hasil kesimpulan dari kesimpulannya adalah penggunaan agregat dari limbah AMP pada persentase 30 % menghasilkan kuat tekan beton yang paling optimum yaitu sebesar : 25,47 MPa.
7. Suprianto (2013), Meneliti tentang pengaruh penambahan cangkang kelapa sawit terhadap kuat tekan beton $f_c'30$ MPa menggunakan metode DoE. Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan : Terdapat interaksi atau pengaruh yang nyata antara kuat tekan beton dengan penambahan cangkang sawit terhadap kuat tekan beton $f_c' 30$ MPa. Penambahan cangkang sawit terhadap campuran beton dapat memberikan nilai kuat tekan beton naik sebesar 5 % dari berat agregat kasar.
8. Serwinda (2013), Meneliti tentang pengaruh penambahan cangkang sawit terhadap kuat tekan beton $f_c'25$ MPa memakai metode ASTM. Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan : Terdapat interaksi atau pengaruh yang nyata antara kuat tekan beton dengan penambahan cangkang sawit terhadap kuat tekan beton $f_c' 25$ MPa. Menghasilkan komposisi campuran beton/ m^3 adalah sebagai berikut,
 1. Kebutuhan semen = $410 \text{ kg}/m^3$
 2. Kebutuhan agregat halus = $805,52 \text{ kg}/m^3$
 3. Kebutuhan agregat kasar = $937,18 \text{ kg}/m^3$
 4. Kebutuhan air = $221,32 \text{ liter}/m^3$.

2.2 Keaslian Penelitian

Dari segi keaslian penelitian sebelumnya yang di jadikan perbandingan pada penelitian ini antara lain :

1. Lokasi penelitian ini dilakukan di Universitas Pasir Pengaraian.
2. Penelitian terahulu dalam mengolah data dengan menggunakan bermacam metode. Tetapi, dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode *Departement of Environment (DoE)*.
3. Pada penelitian ini mutu Beton menggunakan $f_c'25$ MPa dengan menyatakan kekuatan tekan minimum adalah 25 MPa.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton adalah suatu bahan yang mempunyai kekuatan yang tinggi terhadap tekan, tetapi sebaliknya mempunyai kekuatan relatif sangat rendah terhadap tarik. Dengan menggunakan kombinasi beton dengan baja sebagai bahan struktur, maka tegangan-tegangan tekan didalam penampang dipikulkan kepada beton sedangkan tegangan-tegangan tarik dipikulkan kepada baja (Subiyanto, 1987).

Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan bersifat kaku (*rigid*). Nilai kuat tariknya hanya berkisar 9% - 15% saja dari kuat tekannya.

3.2 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton diawali oleh tegangan tekan maksimum (f_c') dengan satuan N/mm² atau MPa (*Mega Pascal*). Sebelum diberlakukan sistem satuan SI di Indonesia, nilai tegangan menggunakan satuan kg/cm². Kuat tekan beton yang berumur 28 hari berkisar antara nilai \pm 10-65 MPa (Dipohusodo I., 1996). Nilai kuat tekan beton didapat dari hasil pengujian kuat tekan yang gunanya untuk mengetahui mutu dari beton tersebut. Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan cara memberi gaya tekan aksial terhadap benda uji silinder dengan dilakukan peningkatan beban sampai benda uji mengalami keruntuhan. Besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan cara membagi beban maksimum pada saat benda uji tersebut hancur dengan penampang benda uji.

Pengujian terhadap kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan silinder yang berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Nilai tegangan yang dihasilkan dari uji kuat tekan beton yang berbentuk silinder, dihitung dengan rumus :

$$f 'c = \frac{P}{A}$$

Keterangan :

$f 'c$ = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban maksimum yang mengakibatkan silinder hancur (MPa)

A = Luas penampang tertekan benda uji (cm²)

3.3 Material Penyusun Beton

3.3.1 Semen

Semen adalah bahan pengikat hidrolis berupa bubuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker (bahan ini terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis), dengan batu gips sebagai bahan tambahan. Fungsi utama semen adalah sebagai perekat. Bahan baku pembuatan semen adalah bahan-bahan yang mengandung kapur, silika, alumina, oksidabesi, dan oksida-oksida lainnya (Wuryati samekto,2001). Secara umum terdapat lima jenis semen yang lazim dikenal yakni semen tipe I-V. Berikut komposisi susunan oksida kimia pembentuk semen portland.

Tabel 3.1 Komposisi susunan oksida kimia pembentuk semen portland

| Cement | Type of data | Compound composition (%) | | | | | | | | Number of samples |
|----------|--------------|--------------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|----------|-----|---------------|-------------------|
| | | C ₃ S | C ₂ S | C ₃ A | C ₄ AF | CaSO ₄ | Free CaO | MgO | Ignition loss | |
| Type I | Max. | 67 | 31 | 14 | 12 | 3,4 | 1,5 | 3,8 | 2,3 | 21 |
| | Min. | 42 | 8 | 5 | 6 | 2,6 | 0,0 | 0,7 | 0,6 | |
| | Mean | 49 | 25 | 12 | 8 | 2,9 | 0,8 | 2,4 | 1,2 | |
| Type II | Max. | 55 | 39 | 8 | 16 | 3,4 | 1,8 | 4,4 | 2,0 | 28 |
| | Min. | 37 | 19 | 4 | 6 | 2,1 | 0,1 | 1,5 | 0,5 | |
| | Mean | 46 | 29 | 6 | 12 | 2,8 | 0,6 | 3,0 | 1,0 | |
| Type III | Max. | 70 | 38 | 17 | 10 | 4,6 | 4,2 | 4,8 | 2,7 | 5 |
| | Min. | 34 | 0 | 7 | 6 | 2,2 | 0,1 | 1,0 | 1,1 | |
| | Mean | 56 | 15 | 12 | 8 | 3,9 | 1,3 | 2,6 | 1,9 | |
| Type IV | Max. | 44 | 57 | 7 | 18 | 3,5 | 0,9 | 4,1 | 1,9 | 16 |
| | Min. | 21 | 34 | 3 | 6 | 2,6 | 0,0 | 1,0 | 0,6 | |
| | Mean | 30 | 46 | 5 | 13 | 2,9 | 0,3 | 2,7 | 1,0 | |
| Type V | Max. | 54 | 49 | 5 | 15 | 3,9 | 0,6 | 2,3 | 1,2 | 22 |
| | Min. | 35 | 24 | 1 | 6 | 2,4 | 0,1 | 0,7 | 0,8 | |
| | Mean | 43 | 36 | 4 | 12 | 2,7 | 0,4 | 1,6 | 1,0 | |

(Sumber: Popovics, *Concrete materials, properties, specifications and testing*)

3.3.2 Agregat

Agregat terbagi atas agregat halus dan agregat kasar yang merupakan material alami sebagai pengisi dalam campuran beton kira- kira menempati sebanyak 70% - 75% dari volume beton. Ukuran maksimum agregat ditetapkan berdasarkan pertimbangan ketersediaan material yang ada, biaya, atau jarak tulangan terkecil yang ada. Agregat kasar harus dipilih sedemikian rupa sehingga ukuran agregat terbesar tidak lebih dari $\frac{3}{4}$ jarak bersih minimum antara baja tulangan atau antara baja tulangan dengan acuan, atau celah-celah lainnya dimana beton harus dicor.

A. Agregat halus

Agregat halus adalah material yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang semua butiran agregatnya lolos saringan no.4 (4,75 mm). Agregat halus yang akan digunakan harus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh *British standard* (SK.SNI.T-15-1990-03). Jika seluruh spesifikasi yang ada telah terpenuhi maka barulah dapat dikatakan agregat tersebut bermutu baik. Adapun spesifikasi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Susunan butiran (Gradasi)

Agregat halus yang digunakan harus mempunyai gradasi yang baik, karena akan mengisi ruang-ruang kosong yang tidak dapat diisi oleh material lain sehingga menghasilkan beton yang padat disamping untuk mengurangi penyusutan. Analisa saringan akan memperlihatkan jenis dari agregat halus tersebut. Melalui analisa maka akan diperoleh nilai modulus halus butir (MHB) agregat. SK.SNI.T-15-1990-03 memberikan syarat-syarat gradasi untuk agregat halus yang diadopsi dari *British Standard*, dimana gradasi agregat halus dikelompokkan menjadi 4 daerah gradasi yaitu daerah 1, daerah 2, daerah 3 dan daerah 4. Batas gradasi agregat halus tersebut adalah sebagai berikut :

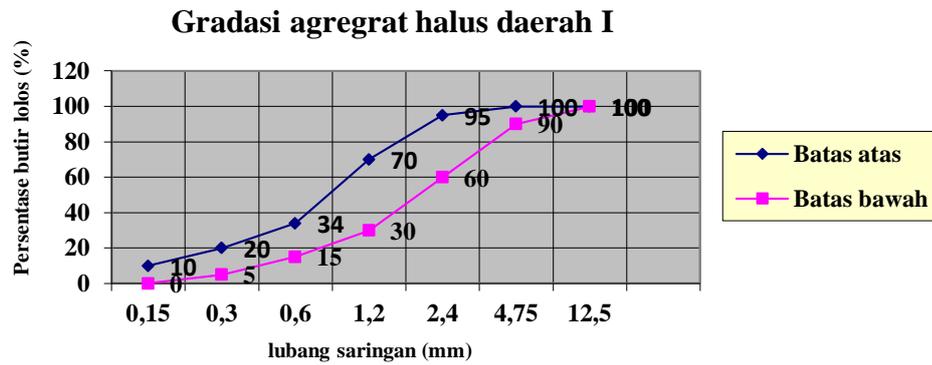
Tabel 3.2 Batas gradasi agregat halus

| Lubang ayakan(mm) | Daerah gradasi agregat halus yang lewat ayakan | | | |
|-------------------|--|------------------|-------------|------------------|
| | Daerah I | Daerah II | Daerah III | Daerah IV |
| | Pasir kasar | Pasir agak kasar | Pasir halus | Pasir agak halus |
| 12,5 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 4,75 | 90-100 | 90-100 | 90-100 | 95-100 |
| 2,40 | 60-95 | 75-100 | 85-100 | 95-100 |
| 1,20 | 30-70 | 55-100 | 75-100 | 90-100 |
| 0,60 | 15-34 | 35-59 | 60-79 | 80-100 |
| 0,30 | 5-20 | 3-30 | 12-40 | 15-50 |
| 0,15 | 0-10 | 0-10 | 0-10 | 0-15 |

Sumber : Batas gradasi agregat halus SK.SNI.T-15-1990-03

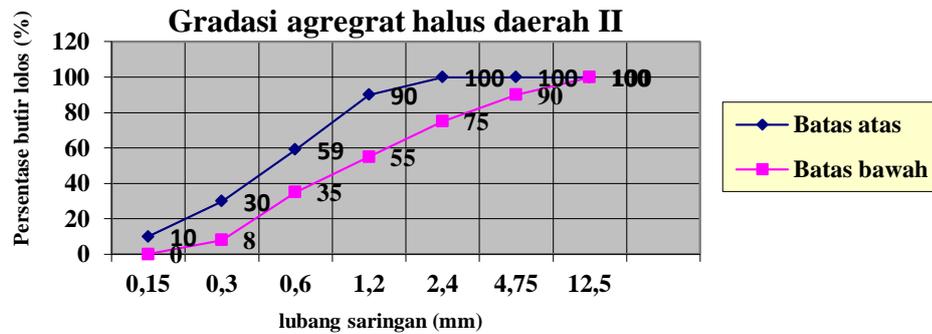
Pembagian daerah gradasi ini bertujuan untuk mengetahui bahwa agregat halus tersebut dapat digolongkan menjadi beberapa jenis, sehingga dapat mempermudah dalam perencanaan campuran beton. Berikut adalah gradasi agregat halus menurut *British standard* :

1) Gradasi agregrat halus daerah I



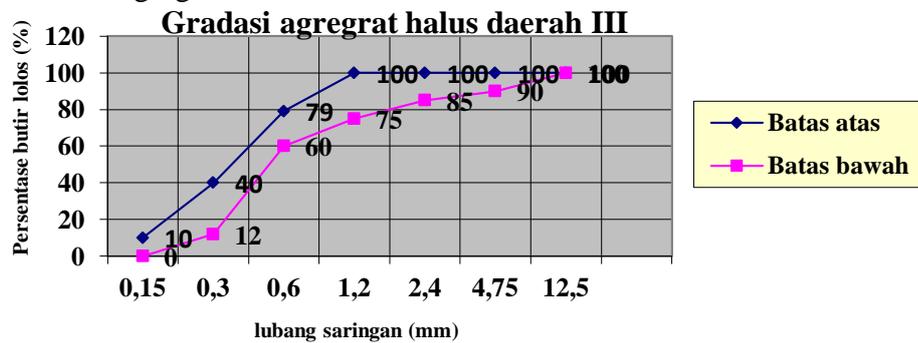
Gambar 3.1 Gradasi agregrat halus daerah I
(Sumber : Gradasi agregrat halus daerah I SK.SNI.T-15-1990-03)

2) Gradasi agregrat halus daerah II



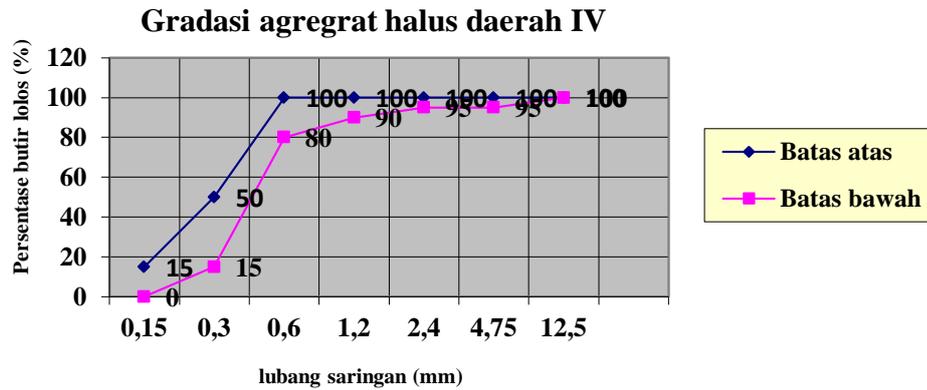
Gambar 3.2 Gradasi agregrat halus daerah II
(Sumber : Gradasi agregrat halus daerah II SK.SNI.T-15-1990-03)

3) Gradasi agregrat halus daerah III



Gambar 3.3 Gradasi agregrat halus daerah III
(Sumber : Gradasi agregrat halus daerah III SK.SNI.T-15-1990-03)

4) Gradasi agregrat halus daerah IV



Gambar 3.4 Gradasi agregrat halus daerah IV

(Sumber : Gradasi agregrat halus daerah III SK.SNI.T-15-1990-03)

2. Nilai modulus halus butir (MHB) agregrat halus

Spesifikasi standar nilai modulus halus butir (MHB) agregrat halus harus 1,5% - 3,5%.

3. Berat jenis dan penyerapan air agregrat halus

Spesifikasi standar berat jenis agregrat halus, baik itu berat jenis bulk, berat jenis SSD, dan berat jenis semu adalah 2,58 gram/cm³ - 2,85 gram/cm³. Sedangkan persentase penyerapan air harus 2% -7%.

4. Kadar lumpur agregrat halus

Spesifikasi standar kadar lumpur agregrat halus harus lebih kecil dari 5%. Apabila nilai kadar lumpur lebih dari nilai itu, maka agregrat halus harus dicuci.

5. Kadar air agregrat halus

Spesifikasi standar kadar air agregrat halus harus 3% - 5%.

6. Berat isi agregrat halus

Spesifikasi standar berat isi agregrat halus baik dalam keadaan gembur maupun dalam keadaan padat adalah 1,4 gram/cm³ - 1,9 gram/cm³.

Pemeriksaan yang dilakukan terhadap agregat halus meliputi :

1. Analisa saringan

Pemeriksaan ini dilakukan untuk memeriksa penyebaran butiran (gradasi) dan menentukan nilai modulus halus butir (MHB) agregrat halus. Persyaratan

modulus halus butir (MHB) agregrat halus 1,5% - 3,8%. Nilai modulus halus butir (MHB) agregrat halus dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{MHB}_{\text{pasir}} = \frac{\% \text{ tinggal kumulatif } \geq \text{saringan } 0.15\text{mm}}{100} \dots\dots\dots(3.1)$$

2. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh SSD (*saturated surface dry*), berat jenis semu (*apparent*), dan penyerapan air dari agregrat halus. Standar spesifikasi berat jenis yaitu 2,58 sampai dengan 2,85 gram/cm³. Nilai berat jenis dan penyerapan air dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Berat jenis bulk} = \frac{BK}{B + 500 - Bt} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$\text{Berat jenis SSD} = \frac{500}{B + 500 - Bt} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{BK}{B + BK - Bt} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$\text{Penyerapan air} = \frac{500 - BK}{BK} \times 100\% \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan : B = Berat picnometer diisi air.

BK = Berat benda uji kering oven.

Bt = Berat picnometer diisi air dan benda uji.

3. Pemeriksaan kadar lumpur

Pemeriksaan ini dilakukan untuk memeriksa kandungan lumpur pada agregrat halus. Kandungan lumpur yang terdapat pada agregrat halus tidak dibenarkan melebihi 5% dari berat kering. Persentase kadar lumpur agregrat halus dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{B1 - B2}{B1} \times 100\% \dots\dots\dots(3.6)$$

Keterangan : B1 = Berat benda uji kering oven.

B2 = Berat pasir kering oven dicuci dan diayak no 200.

4. Pemeriksaan berat isi

Pemeriksaan berat isi pasir ini dilakukan untuk menentukan berat isi (*unit weight*) pasir dalam keadaan padat dan gembur. Standar spesifikasi berat isia gregrat halus yaitu 1,4 -1,9 gram/cm³.

Berat isi agregrat dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Berat isi agregrat} = \frac{\text{Berat agregrat}}{\text{Volume tabung}} \dots\dots\dots(3.7)$$

$$\text{Volume tabung} = \pi \cdot r^2 \cdot t \dots\dots\dots(3.8)$$

Keterangan : r = jari-jari tabung.

t = tinggi tabung.

5. Pemeriksaan kadar air

Pemeriksaan ini dilakukakan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat dalam agregrat. Selain itu kadar air yang dikandung agregrat dapat mempengaruhi kuat tekan beton atau dengan kata lain faktor air semen (fas) dapat mempengaruhi kuat tekan beton. Maka dari itu pemeriksaan kadar air ini perlu untuk dilakukan. Kadar air dalam agregrat dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Kadar air} = \frac{B1 - B2}{B1} \times 100\% \dots\dots\dots(3.9)$$

Keterangan : B1 = Berat agregrat sebelum di oven.

B2 = Berat agregrat setelah di oven.

B. Agregat kasar

Agregat kasar adalah material yang semua butiran agregratnya tertahan saringan no.4 (4,75 mm). Agregat kasar yang akan digunakan harus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh *British standard* (SK.SNI.T-15-1990-03). Jika seluruh spesifikasi yang ada telah terpenuhi maka barulah dapat dikatakan agregat tersebut bermutu baik. Adapun spesifikasi tersebut adalah :

1. Susunan butiran (Gradasi)

Agregat harus mempunyai gradasi yang baik, artinya harus terdiri dari butiran yang beragam besarnya, sehingga dapat mengisi rongga-rongga akibat ukuran yang besar, sehingga akan mengurangi penggunaan semen. SK.SNI.T-15-1990-03 memberikan syarat-syarat gradasi untuk agregat kasar yang diadopsi dari *British Standard*, dimana gradasi agregat kasar dikelompokkan menjadi 3 daerah gradasi gradasi agregat kasar untuk ukuran agregat maksimum 10 mm, 20 mm, dan 40 mm. Batas gradasi agregat kasar tersebut adalah sebagai berikut :

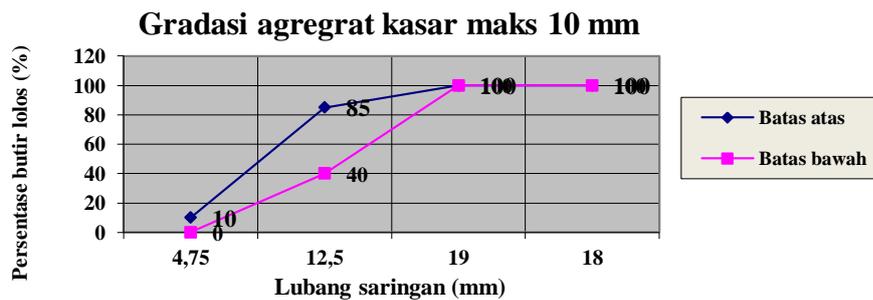
Tabel 3.3 Batas gradasi agregat kasar

| Lubang ayakan (mm) | Persentase berat butir yang lewat ayakan | | |
|--------------------|--|--------|-------|
| | 40 mm | 20 mm | 10 mm |
| 38,0 | 95-100 | 100 | 100 |
| 19,0 | 30-70 | 95-100 | 100 |
| 12,5 | 10-35 | 25-55 | 40-85 |
| 4,75 | 0-5 | 0-10 | 0-10 |

(Sumber : Gradasi agregat kasar SK.SNI.T-15-1990-03)

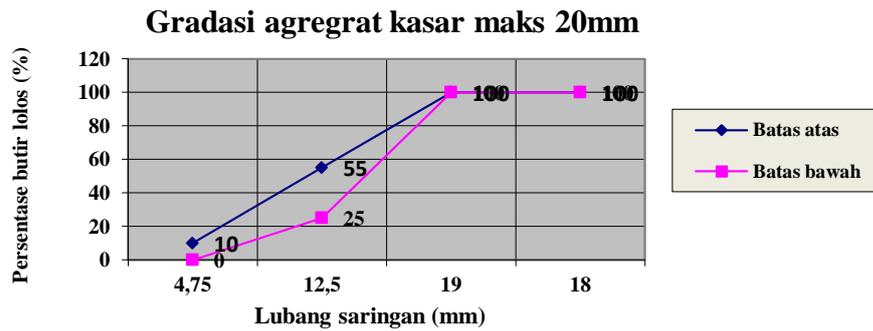
Syarat gradasi diatas digunakan sebagai panduan dalam pengujian kelayakan gradasi agregat kasar, sehingga dapat mempermudah dalam perencanaan campuran beton. Berikut adalah grafik gradasi kasar menurut *British standard* :

1) Gradasi agregat kasar untuk ukuran maksimum 10 mm



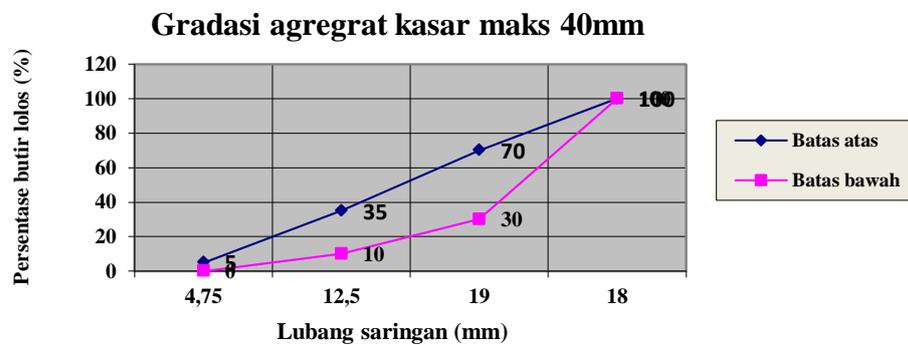
Gambar 3.5 Gradasi agregat kasar maks 10 mm
(Sumber : Gradasi agregat kasar SK.SNI.T-15-1990-03)

- 2) Gradasi agregrat kasar untuk ukuran maksimum 20 mm



Gambar 3.6 Gradasi agregrat kasar maks 20 mm
(Sumber : Gradasi agregrat kasar SK.SNI.T-15-1990-03)

- 3) Gradasi agregrat kasar untuk ukuran maksimum 40 mm



Gambar 3.7 Gradasi agregrat kasar maks 40 mm
(Sumber : Gradasi agregrat kasar SK.SNI.T-15-1990-03)

2. Nilai modulus halus butir (MHB) agregrat kasar

Spesifikasi standar nilai modulus halus butir (MHB) agregrat kasar harus 5% - 8%.

3. Berat jenis dan penyerapan air agregrat kasar

Spesifikasi standar berat jenis agregrat kasar, baik itu berat jenis bulk, berat jenis SSD, dan berat jenis semu adalah 2,58 gram/cm³ - 2,85 gram/cm³. Sedangkan persentase penyerapan air harus 2% -7%.

4. Kadar lumpur agregrat kasar

Spesifikasi standar kadar lumpur agregrat kasar harus lebih kecil dari 1%. Apabila nilai kadar lumpur lebih dari nilai itu, maka agregrat kasar harus dicuci.

5. Kadar air agregrat kasar

Spesifikasi standar kadar air agregrat halus harus 3% - 5%.

6. Berat isi agregrat kasar

Spesifikasi standar berat isi agregrat kasar baik dalam keadaan gembur maupun dalam keadaan padat adalah 1,4 gram/cm³ - 1,9 gram/cm³.

Pemeriksaan yang dilakukan terhadap agregrat kasar meliputi :

1. Analisa saringan

Pemeriksaan ini dilakukan untuk memeriksa penyebaran butiran (gradasi) dan menentukan nilai modulus halus butir (MHB) kerikil. Persyaratan modulus halus butir (MHB) agregrat kasar 5 - 8%. Nilai modulus halus butir (MHB) kerikil dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$MHB_{\text{kerikil}} = \frac{\% \text{ tinggal kumulatif } \geq \text{ saringan } 0.15\text{mm}}{100} \dots\dots\dots(3.10)$$

2. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis kering, berat jenis SSD (*saturated surface dry*), berat jenis semu (*apparent*), dan penyerapan air dari agregrat kasar. Standar spesifikasi berat jenis agregrat kasar yaitu 2,58 sampai dengan 2,85 gram/cm³. Nilai berat jenis dan penyerapan air dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Berat jenis bulk} = \frac{BK}{BJ - BA} \dots\dots\dots(3.11)$$

$$\text{Berat jenis SSD} = \frac{BJ}{BJ - BA} \dots\dots\dots(3.12)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{BK}{BK - BA} \dots\dots\dots(3.13)$$

$$\text{Penyerapan air} = \frac{BJ - BK}{BK} \times 100\% \dots\dots\dots(3.14)$$

Keterangan : BK = Berat benda uji kering oven.

BJ = Berat benda uji SSD.

BA = Berat benda uji didalam air.

3. Pemeriksaan kadar lumpur

Pemeriksaan ini dilakukan untuk memeriksa kandungan lumpur pada agregat kasar. Kandungan lumpur yang terdapat pada agregat kasar tidak dibenarkan melebihi 1% dari berat kering. Persentase kadar lumpur agregat kasar dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{B1 - B2}{B1} \times 100\% \dots\dots\dots(3.15)$$

Keterangan : B1 = Berat benda uji mula-mula setelah dioven.

B2 = Berat benda uji kering oven setelah dicuci.

4. Pemeriksaan berat isi

Pemeriksaan isi agregat kasar ini dilakukan untuk menentukan berat isi (*unit weight*) kerikil dalam keadaan padat dan gembur. Standar spesifikasi berat isi agregat kasar yaitu 1,4 -1,9 gram/cm³. Berat isi dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Berat isi agregat} = \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \dots\dots\dots(3.16)$$

$$\text{Volume tabung} = \pi \cdot r^2 \cdot t \dots\dots\dots(3.17)$$

Keterangan : r = jari-jari tabung.

t = tinggi tabung.

5. Pemeriksaan kadar air

Pemeriksaan ini dilakukakan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat dalam agregat. Selain itu kadar air yang dikandung agregat dapat mempengaruhi kuat tekan beton atau dengan kata lain faktor air semen (fas) dapat mempengaruhi kuat tekan beton. Maka dari itu pemeriksaan kadar air ini perlu untuk dilakukan. Kadar air dalam agregat dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Kadar air} = \frac{B1 - B2}{B1} \times 100\% \dots\dots\dots(3.18)$$

Keterangan : B1 = Berat agregat sebelum di oven.

B2 = Berat agregat setelah di oven.

3.3.3 Air

Air sebagai bahan dasar pembentuk beton dapat menentukan mutu beton selain agregat dan semen. Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai campuran dan perawatan beton pada umumnya adalah air suling, sedangkan air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula asam, alkali atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan. Air selain digunakan sebagai bahan dasar pembentukan beton, air juga dipakai juga sebagai perawatan setelah beton dimasukkan ke dalam cetakan dengan cara membasahi beton secara terus menerus atau direndam dengan air.

Untuk mengetahui apakah air yang digunakan untuk campuran beton memenuhi kriteria standar yang diberikan atau tidak dapat dilakukan dengan cara analisis kimia. Analisis ini meliputi pemeriksaan terhadap sulfat, magnesium, amonium, klorida, pH, karbondioksida, minyak dan lemak, zat-zat yang menyusut.

Menurut SK SNI S-04-1989-F bahwa persyaratan untuk kualitas air yang digunakan dalam pengadukan beton adalah :

1. Air harus bersih
2. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung yang dilihat visual
3. Tidak mengandung tersuspensi lebih dari 2 gram per liter
4. Tidak boleh mengandung garam, asam, zat organik yang terlarut yang dapat merusak beton lebih dari 15 gram per liter, klorida (Cl) tidak lebih dari 500 ppm dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 ppm sebagai SO_3
5. Bila dibanding dengan kekuatan tekan adukan dan beton yang memakai air suling, penurunan kekuatan adukan dan beton yang dipakai air diperiksa tidak lebih 10 %
6. Air yang meragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi mutu menurut pemakaiannya

7. Khusus beton pratekan, kecuali syarat-syarat di atas air tidak boleh mengandung klorida lebih dari 50 ppm.

3.4 Test Slump

Uji Slump adalah suatu uji empiris/metode yang digunakan untuk menentukan konsistensi/kekakuan (dapat dikerjakan atau tidak) dari campuran beton segar (*fresh concrete*) untuk menentukan tingkat workabilitynya.

3.5 Metode Perencanaan Campuran Beton

Dalam melakukan penelitian ada beberapa metode rancangan campuran beton yang telah dikenal, antara lain seperti metode DoE yang dikembangkan oleh *Department of Environment* di Inggris dan Metode DoE *Departement of Environment*. Metode rancangan campuran beton dengan cara DOE ini di Indonesia dikenal sebagai standar perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum dan dimuat dalam Standar SNI 03-2834-2000, "Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal". Sedangkan SNI 7656:2012, "Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa" mengacu pada ACI. Secara garis besar kedua metode tersebut didasarkan pada hubungan empiris, bagan, grafik dan tabel, tetapi pada beberapa procedural terdapat perbedaan.

Metode SNI 03-2834-2000, dalam prosedur rancangannya mengadopsi beberapa asumsi sebagai berikut (Alkhaly, 2016) :

- a. Metode ini berlaku untuk semen *Ordinary Portland Cement* (tipe I), *Rapid Hardening Portland Cement* (tipe II), *High Early Strength Cement* (tipe III) dan *Sulphate Resisting Portland Cement* (tipe V).
- b. Metode ini membedakan antara agregat pecah (batu pecah) dan tidak pecah (agregat alami/kerikil) yang akan mempengaruhi jumlah pengguna air.
- c. Memperhitungkan gradasi dari agregat halus berdasarkan zona dan menganggap gradasi dari agregat halus akan mempengaruhi tingkat kemampuan kerja dari campuran beton.

- d. Rasio optimum dari volume curah agregat kasar per kubik beton tergantung dari ukuran maksimum nominal dari agregat kasar dan gradasi agregat halus.
- e. Kadar air dalam campuran beton hanya dipengaruhi oleh tingkat kemudahan kerja yang diperlukan, dinyatakan uji slump.
- f. Ukuran maksimum nominal dari agregat kasar, dianggap tidak mempengaruhi proporsi campuran.
- g. Metode mengadopsi campuran beton dengan rasio air semen (fas) 0,5.

3.6 Faktor air semen (FAS)

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Faktor air semen (fas) sangat mempengaruhi kekuatan beton, karena semakin besar nilai fas maka semakin rendah kuat desak betonnya. Nilai fas yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi, tetapi ada batas-batas yang harus diperhatikan. Nilai fas yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan sehingga mutu beton menurun. Umumnya nilai fas minimum yang diberikan sekitar 0,4 dan nilai maksimumnya adalah 0,65 (Tri Mulyono, 2004). Rata-rata ketebalan lapisan yang memisahkan antar partikel dalam beton sangat bergantung pada faktor air semen yang digunakan dan kehalusan butir semennya.

Tabel 3.4 Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan SK SNI T – 15 – 1990 – 03

| Uraian | Jumlah semen minimum per m ³ beton (kg) | Nilai faktor air semen maksimum |
|--|--|---------------------------------|
| 1. Beton di dalam ruang bangunan: a. keadaan keliling non – korosit | 275 | 0,60 |
| b. keadaankeliling korosit disebabkan oleh kondensasi atau uap korosit | 325 | 0,52 |

| | | |
|--|-----|------|
| 2. Beton diluar ruangan bangunan: | | |
| a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung | | |
| b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung | 325 | 0,60 |
| 3. Beton yang masuk dalam tanah: | | |
| a. mengalami keadaan basah dan kering berganti – ganti | 275 | 0,60 |
| b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah | | |
| 4. Beton yang kontinu berhubungan: | | |
| a. air tawar | 325 | 0,55 |
| b. air laut | – | – |
| | – | – |
| | – | – |
| | – | – |

Sumber: SK SNI T – 15 – 1990 – 03

3.7 Sifat-Sifat Fisis Agregat

Untuk menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan seperti yang diinginkan maka sifat-sifat agregat yang berpengaruh dalam campuran beton harus diperiksa. Agregat yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0052-80 (Mutu dan cara uji agregat beton).

3.7.1 Kadar air agregat

Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam suatu agregat. Kadar air agregat dapat dibedakan menjadi empat jenis, yaitu :

1. Kadar air kering tungku, artinya keadaan yang benar-benar tidak berair.

2. Kadar air kering udara, artinya kondisi agregat yang permukaannya kering tetapi sedikit mengandung air dalam porinya dan masih dapat menyerap air.
3. Kadar air SSD (jenuh kering muka), yaitu suatu keadaan dimana saat tidak ada air di permukaan tetapi agregat masih mampu menyerap air.
4. Kondisi basah, yaitu kondisi dimana butir-butir agregat banyak mengandung air, sehingga akan menyebabkan penambahan kadar air campuran beton.

Dari keempat kondisi tersebut hanya dua kondisi yang sering dipakai dalam penelitian yaitu kering tungku dan kondisi SSD.

3.7.2 Penyerapan air agregat

Penyerapan air agregat adalah banyaknya air yang mampu diserap oleh agregat pada kondisi jenuh permukaan kering (JKP) atau *saturated surface dry* (SSD), kondisi ini merupakan:

1. Keadaan kebasahan agregat hampir sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah maupun mengurangi air dari pastinya.
2. Kadar air di lapangan lebih banyak mendekati kondisi SSD dari pada kondisi kering tungku.

3.7.3 Berat jenis agregat

Berat jenis agregat digunakan untuk menentukan volume yang diisi oleh agregat. Berat jenis agregat akan menentukan banyaknya campuran agregat dalam campuran beton. Hubungan antara berat jenis dengan daya serap adalah jika semakin tinggi nilai berat jenis agregat maka semakin kecil daya serap air agregat tersebut