

**VARIASI PENGGUNAAN LIMBAH *CRUSHING PLANT* BIJIH BESI GUNUNG BATU SEBAGAI
AGREGAT HALUS TERHADAP MUTU BETON.**

***VARIATION IN THE USE OF STONE MOUNTAIN IRON ORE CRUSHING PLANT WASTE AS
FINE AGGREGATE ON THE QUALITY OF CONCRETE***

Dewi Yuniar¹, Fitriansyah², Adi Susetyo Dermawan³, Hadi Surya W.S⁴, Teten Suparto⁵

^{1,2,3}Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Achmad Yani Banjarmasin

⁴Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Nasional Malang

⁵UPT Laboratorium Pengujian Material Konstruksi DPUPRP Kab. Tanah Laut

Korespondensi: as_dermawan@yahoo.com

ABSTRAK

Kebutuhan beton sebagai bahan konstruksi yang semakin meningkat mengakibatkan Sumber Daya Alam semakin menipis. Hal tersebut memotivasi industri konstruksi untuk terus melakukan inovasi dalam pembuatan beton. Pemanfaatan limbah bijih besi sebagai pengganti agregat halus merupakan salah satu solusinya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi optimum limbah bijih besi sebagai pengganti agregat halus terhadap kekuatan uji tekan dan nilai ekonomis bahan campuran beton. Penelitian ini menggunakan agregat kasar dari lokasi Gunung Batu quarry PTP Kecamatan Pelaihari Kabupaten Tanah Laut, agregat halus dari lokasi *crushing plant* bijih besi dari *stockpile* Perusda Baratala dan ex. Palangkaraya. Pengujian di UPT Laboratorium Pengujian Material Konstruksi DPUPRP Kabupaten Tanah Laut Propinsi Kalimantan Selatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton yang menggunakan agregat halus/pasir ex. Palangkaraya memiliki mutu beton K-235,94 kg/cm² atau $f_c' = 19,583$ Mpa. Sedangkan untuk beton yang menggunakan agregat halus/pasir ex. limbah bijih besi dari lokasi *crushing plant* bijih besi dari *stockpile* Perusda Baratala dari hasil perbandingan uji tekan yang paling tinggi diperoleh dengan komposisi AK 54 % : AH 45 % memiliki mutu beton K-257,29 kg/cm² atau $f_c' = 22,849$ Mpa. Hal ini menunjukkan bahwa agregat halus limbah bijih besi dapat digunakan pada campuran beton.

Kata Kunci: agregat halus, *crushing plant*, gunung batu, limbah bijih besi

ABSTRACT

The increasing demand for concrete as a construction material has resulted in the depletion of natural resources. This motivates the construction industry to continue to innovate in the manufacture of concrete. The utilization of iron ore waste as a substitute for fine aggregate is one of the solutions. This study aims to determine the optimum composition of iron ore waste as a substitute for fine aggregate on compressive test strength and economic value of concrete mix materials. This study used coarse aggregate from the quarry location of Mount Batu PTP Pelaihari District, Tanah Laut Regency, fine aggregate from the iron ore crushing plant location from the stockpile of Perusda Baratala and ex. Palangkaraya. The testing at the UPT Construction Material Testing Laboratory DPUPRP Tanah Laut Regency, South Kalimantan Province. The results showed that concrete using fine aggregate/sand ex. Palangkaraya has a concrete quality of K-235.94 kg/cm² or $f_c' = 19.583$ Mpa. As a result, it was found that the concrete mixes were more efficient than the

concrete mixes used in the concrete batching plant, and that the concrete mixes were more efficient than the concrete mixes used in the concrete batching plant AK (Coarse agregat) 54%: AH (fine agregates) 45% has a concrete quality of $K=257.29 \text{ kg/cm}^2$ or $f_c' = 22.849 \text{ Mpa}$. This shows that iron ore waste fine aggregate can be used in concrete mixes.

Keywords: fine aggregate, crushing plant, Gunung Batu, iron ore waste

PENDAHULUAN

Dengan cadangan bijih besi di Indonesia yang besar, pengolahan bijih besi menjadi besi dan baja akan diiringi dengan munculnya produk hasil limbah crushing plant merupakan salah satu unit proses yang sangat penting pada industri pertambangan. Rangkaian proses pengolahan mineral tambang diawali dari *stockpile* untuk selanjutnya di proses pemilahan di unit *crushing plant*, yaitu proses pengurangan ukuran mineral (*size reduction*) dari ukuran yang lebih besar menjadi ukuran yang diinginkan dan memisahkan dari bahan magnet dan yang non magnet untuk dapat digunakan pada proses selanjutnya.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan membuktikan seberapa besar pengaruh penambahan limbah *crushing plant* bijih besi sebagai bahan pengganti agregat halus terhadap kekuatan beton campuran normal.

Pembatasan lingkup penelitian sebagai berikut:

- Pada penelitian ini akan menguji kuat tekan beton rencana pada umur 7 dan 14 hari yaitu K-225.
- Agregat kasar (split) yang digunakan berasal dari *Quarry* Gunung Batu ex. PTP Pelaihari yang berukuran 10/20 mm.
- Agregat halus (pasir) yang digunakan berasal dari limbah *crushing plant* bijih besi dari *stockpile* Perusda BARATALA.
- Semen yang digunakan adalah Semen Portland tipe I merk Tiga Roda.
- Benda uji yang dibuat berbentuk kubus dengan ukuran (15 x 15 x 15) cm.
- Penelitian menggunakan 30 sampel sebagai benda uji. Tidak dibahas reaksi kimia yang terjadi pada campuran terhadap bahan-bahan yang digunakan.
- Perhitungan perencanaan campuran menggunakan metode SNI 03-2834-2000.

Diharapkan penelitian ini dapat menambah pengetahuan tentang pengaruh penggunaan limbah *crushing plant* sebagai bahan pengganti agregat halus (pasir) terhadap kuat tekan beton, serta memberikan kontribusi terhadap pemecahan

masalah pencemaran lingkungan dengan memanfaatkan limbah crushing plant tersebut sebagai bahan pengganti agregat halus pada campuran beton.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Beton

Menurut SNI 2847-2019, beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan. Bahan penyusun utama dalam campuran beton adalah agregat. Beton adalah batuan buatan yang diperoleh dengan mencampurkan semen portland, air, dan agregat serta dengan atau tanpa bahan tambahan dengan perbandingan tertentu. Bahan tambahan berupa bahan kimia, serat dan bahan buangan non kimia. Bahan serat yaitu serat baja, plastik, dan tumbuh-tumbuhan. Kelebihan dari beton adalah kuat tekan yang tinggi sedangkan kekurangannya adalah kuat tarik yang sangat rendah. (Tjokrodinuljo 1996 :2).

Bahan-bahan campuran Beton

Semen Portland

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI-1982), gips disini berfungsi sebagai penghambat pengikatan antara semen dan air (Tjokrodinuljo Kardiono, Teknologi Beton, 1992).

Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini menempati sebanyak 60 % - 80 % dari volume mortar atau beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton. Berdasarkan ukuran besar butirnya, agregat yang dipakai dalam adukan beton dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus untuk campuran beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu. Ukuran butiran agregat halus ini harus lebih kecil dari 4,76 mm atau lolos dari lobang ayakan standart No. 4 (Edward G. Nawy, Beton Bertulang, PT Eresco, 1990).

Agregat Kasar (Kerikil)

Agregat kasar untuk bahan campuran beton dapat berupa kerikil hasil dan proses disintegrasi alami dan batu-batuan atau dapat berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecah batu. Ukuran butirannya lebih besar dan 4,76 mm atau tertahan pada ayakan No. 4.

Bahan Pengganti Agregat Halus

Agregat diperoleh dan sumber daya alam yang telah mengalami pengecilan ukuran secara alamiah (kerikil) atau dapat pula diperoleh dengan cara memecah batu alam. Beton yang dibuat dengan agregat buatan biasanya memerlukan selimut beton lebih tebal dibandingkan dengan agregat alami, karena beton yang dibuat dan agregat buatan mudah untuk menyerap air.

Pengganti agregat juga dapat didapatkan dari benda padat buangan limbah. Kemungkinan pemakaian benda padat berupa limbah untuk campuran beton pada saat ini adalah limbah pembakaran batubara berupa abu terbang (*fly ash*) bukanlah konsep baru dalam penelitian campuran beton.

Pada penelitian ini digunakan limbah hasil *crushing plant* bijih besi berupa pasir sisa pemisahan bongkahan batu besi, karena spesifikasi limbah bijih besi hampir menyerupai pasir sungai alami dan material ini harganya relatif lebih murah. Sebagai pengganti agregat halus pada campuran beton, dimana hal ini masih belum banyak diketahui masyarakat umum.

Air

Air merupakan bahan dasar pembuat dan perawatan beton, penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air yang memenuhi syarat sebagai air minum, memenuhi syarat pula untuk bahan campuran beton. Tetapi tidak berarti air harus memenuhi persyaratan air minum. Jika diperoleh air dengan standar air minum, maka dapat dilakukan

pemeriksaan secara visual yang menyatakan bahwa air tidak berwarna, tidak berbau, dan cukup jernih.

Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan beton merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk dapat menerima gaya per satuan luas. Nilai kekuatan beton diketahui dengan melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji silinder ataupun kubus pada umur 28 hari yang dibebani dengan gaya tekan sampai mencapai beban maksimum. Beban maksimum didapat dari pengujian dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine*.

METODE

Penelitian ini dilakukan di lokasi Gunung Batu *quarry* PTP Kecamatan Pelaihari Kabupaten Tanah Laut, di lokasi *crushing plant* bijih besi dari *stock pile* Perusda BARATALA dan UPT Laboratorium Pengujian Material Konstruksi DPUPRP Kab. Tanah Laut Provinsi Kalimantan Selatan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 1-3.



Gambar 1. *Quarry Ex.PTP*



Gambar 2. *Quarry Ex.PTP*



Gambar 3. Pembuangan Limbah Bijih Besi

Tahapan penelitian meliputi

- a. Tahap persiapan dengan mengkaji studi kepustakaan dengan mempelajari buku-buku yang berkaitan dengan penelitian dan dijadikan landasan dalam penulisan.
- b. Tahap pengumpulan data
Teknik Pengumpulan data dilaksanakan dengan metode eksperimen terhadap benda uji/sampel dari berbagai kondisi perlakuan yang di uji di Laboratorium, untuk beberapa hal dalam pengujian bahan, digunakan data sekunder yang dikarenakan penggunaan bahan dan sumber yang sama.

Adapun jenis data pada penelitian ini dikelompokkan menjadi 2, yaitu data primer dan data sekunder. Data Primer meliputi pengambilan sampel bijih besi dilapangan dan perlakuan percobaan di laboratorium.

Adapun jenis pengujian yang dilakukan adalah gradasi (Uji analisa saringan SNI 03-1968-1990); Berat isi (SNI 03-4804-1998); Abrasi (SNI 03-2417:2008); Lolos saringan #200 (SNI 03-4142-1996); Kadar air (SNI 03-1971-1990) ; Pengujian kuat tekan beton (SNI 1974-2011)

- c. Tahap Analisis data
Tahap ini data dari pengujian akan dianalisis sesuai dengan rumus perhitungan pada masing-masing SNI untuk mendapatkan nilai yang dikehendaki. Kemudian akan dikumpulkan untuk perhitungan kesesuaian dengan perencanaan campuran beton normal dengan standar SNI-03-2834-2000.
- d. Tahap kesimpulan, diambil dari hasil analisis pengujian yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemeriksaan bahan

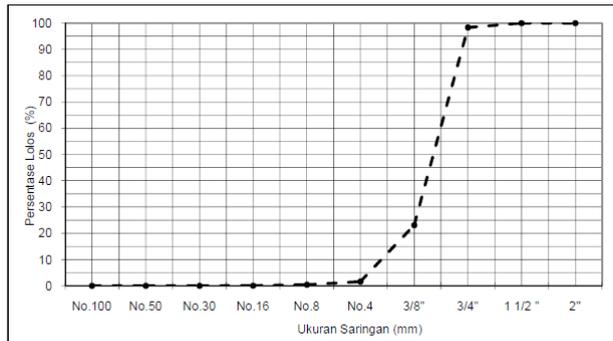
- a. Agregat Halus (Pasir Ex.Palangkaraya)
 - Berat jenis (SSD) = 2,421
 - Berat isi = 1,515 t/m³
 - Modulus Halus Butir (MHB) 2,32
- b. Agregat Kasar
 - Berat jenis (SSD) = 2,691
 - Berat isi = 1,386 t/m³
 - Abrasi = 25,41 %
 - Mutu beton yang direncanakan $f_c' = 18,675$ Mpa/K-225
 - Berat Jenis Semen = 3,15
 - Standar Deviasi (sd) 6 Mpa x 10 = 60 kg/cm²
 - Nilai slump = 75-150 mm

Faktor air semen (FAS) untuk bangunan di dalam ruangan dengan kondisi keadaan keliling non korosif, maka dari diperoleh nilai fas maksimum sebesar 0.6. Nilai slump sebesar 75 - 150 mm untuk beton yang digunakan untuk pelat, balok, kolom, dan dinding. Jumlah air yang dibutuhkan dengan ukuran agregat maksimum sebesar 20 mm dan berdasarkan nilai slump yang telah ditentukan maka dapat kita peroleh air yang dibutuhkan yaitu sebesar 185 liter. Sedangkan dari nilai FAS dan volume air yang dibutuhkan, maka jumlah semen yang diperlukan diperoleh 381,44 kg

Volume agregat kasar yang dibutuhkan dari perhitungan SNI 03 - 1968 – 1990, analisa gabungan saringan agregat kasar dan agregat halus untuk campuran beton normal tercantum pada Tabel 1 dan Gambar 4.

Tabel 1. Analisa Saringan Gabungan

| NOMOR SARINGAN | | % Lolos Agregat | | % Campuran | | Gradasi Gabungan | Spesifikasi |
|----------------|------|-----------------|--------|------------|--------|------------------|-------------|
| | | Batu Pecah | Pasir | Batu Pecah | Pasir | | |
| inc | mm | | | 60.66% | 39.35% | | |
| 2" | 50 | 100.00 | 100.00 | 60.66 | 39.35 | 100.00 | - |
| 1 1/2" | 37.5 | 100.00 | 100.00 | 60.66 | 39.35 | 100.00 | - |
| 3/4" | 19.1 | 98.26 | 100.00 | 59.60 | 39.35 | 98.94 | 100.00 |
| 3/8" | 9.52 | 23.14 | 100.00 | 14.04 | 39.35 | 53.38 | 45 - 75 |
| N0.4 | 4.75 | 1.62 | 100.00 | 0.98 | 39.35 | 40.33 | 30 - 48 |
| N0.8 | 2.36 | 0.42 | 99.40 | 0.25 | 39.11 | 39.36 | 23 - 42 |
| N0.16 | 1.18 | 0.12 | 85.10 | 0.07 | 33.48 | 33.56 | 16 - 34 |
| N0.30 | 0.6 | 0.00 | 49.50 | 0.00 | 19.48 | 19.48 | 9 - 27 |
| N0.50 | 0.3 | 0.00 | 26.20 | 0.00 | 10.31 | 10.31 | 2 - 12 |
| N0.100 | 0.15 | 0.00 | 7.65 | 0.00 | 3.01 | 3.01 | 0 - 4 |



Gambar 4. Grafik analisa saringan gabungan beton normal

Dari Tabel 1 diperoleh komposisi agregat kasar = 60,7 % : agregat halus = 39,3 % , berat jenis beton basah padat sesuai dengan perhitungan adalah 2.359 t/m³

Menentukan material penyusun beton dalam 1 m³ :

Volume semen = 381,44 kg/m³

Volume air = 185 kg/m³

Volume agregat kasar = (2359-381,44-185) = 1792,06 X 60,7% = 1086,97 kg/m³

Volume agregat halus = (2359-381,44-185) = 1792,06 X 39,3% = 705,08 kg/m³

Dari beberapa penentuan parameter diatas maka didapat beton 1 m³ mempunyai perbandingan Pc : Ps : Kr : Air = 1 : 1,52 : 2,57 : 0,485

Maka 1 m³ beton material membutuhkan :

- Semen = 381,44 kg
- Pasir = 705,08 kg
- Kerikil = 1086,97 kg
- Air = 185 kg

Untuk kubus 15 x15x15 cm, membutuhkan volume :

15X15x15 = 3375 cm³ = 0,003375 m³

Untuk 6 kubus = 6 x 0,003375 = 0,020250 m³ maka :

- Semen = 0,020250 x 381,44 = 7,72 kg
- Pasir = 0,020250 x 705,08 = 14,28 kg
- Kerikil = 0,020250 x 1086,97 = 22,01 kg
- Air = 0,020250 x 185 = 3,75 kg

Perhitungan Rancangan Campuran Beton Limbah Bijih Besi

Dari data hasil penelitian yang dilakukan pada agregat halus dan agregat kasar didapat :

a. Agregat Halus (pasir ex.limbah bijih besi)

- Berat jenis (SSD) = 2,833
- Berat isi = 1,632 t/m³
- Modulus Halus Butir (MHB) = 3,46

b. Agregat Kasar

- Berat jenis (SSD) = 2,691
- Berat isi = 1,386 t/m³
- Abrasi = 25,41 %
- Mutu beton yang direncanakan $f_c' = 18,675$ Mpa/K-225
- Berat Jenis Semen = 3,15
- Standar Deviasi (sd) 6 Mpa x 10 = 60 kg/cm²
- Nilai slump = 75-150 mm
- beton yang akan dicapai $f_{cr} = f_c' \times 1,64 \text{ sd}$
 $= 225 + 1,64(60) = 323,4 \text{ kg/cm}^2$
 $= 323,4/10 \times 0,83 = 26,84 \text{ Mpa}$

Faktor air semen (fas) diambil sebesar 0.485. Nilai slump untuk beton yang digunakan untuk pelat, balok, kolom, dan dinding maka diperoleh nilai slump sebesar 75 -150 mm. Dengan ukuran agregat maksimum sebesar 20 mm dan berdasarkan nilai slump yang telah ditentukan maka dapat kita peroleh air yang dibutuhkan yaitu sebesar 185 liter.

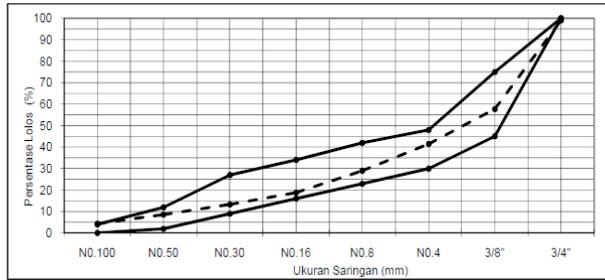
Dari nilai fas dan volume air yang dibutuhkan, maka jumlah semen yang diperlukan adalah 381,44 kg

Menentukan volume agregat kasar yang dibutuhkan

Dari perhitungan SNI 03-1968–1990, analisa gabungan saringan agregat kasar dan agregat halus untuk campuran beton normal dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 5.

Tabel 2. Analisa Saringan Gabungan

| NOMOR SARINGAN | | % Lolos Agregat | | % Campuran | | Gradasi Gabungan | Spesifikasi |
|----------------|------|-----------------|--------|------------|--------|------------------|-------------|
| | | Batu Pecah | Limbah | Batu Pecah | Limbah | | |
| inc | mm | | | 55.00% | 45.00% | | |
| 2" | 50 | 100.00 | 100.00 | 55.00 | 45.00 | 100.00 | - |
| 1 1/2" | 37.5 | 100.00 | 100.00 | 55.00 | 45.00 | 100.00 | - |
| 3/4" | 19.1 | 98.26 | 100.00 | 54.04 | 45.00 | 99.04 | 100.00 |
| 3/8" | 9.52 | 23.14 | 100.00 | 12.73 | 45.00 | 57.73 | 45 - 75 |
| N0.4 | 4.75 | 1.62 | 90.30 | 0.89 | 40.64 | 41.53 | 30 - 48 |
| N0.8 | 2.36 | 0.42 | 63.80 | 0.23 | 28.71 | 28.94 | 23 - 42 |
| N0.16 | 1.18 | 0.12 | 41.70 | 0.07 | 18.77 | 18.83 | 16 - 34 |
| N0.30 | 0.6 | 0.00 | 29.60 | 0.00 | 13.32 | 13.32 | 9 - 27 |
| N0.50 | 0.3 | 0.00 | 19.10 | 0.00 | 8.60 | 8.60 | 2 - 12 |
| N0.100 | 0.15 | 0.00 | 9.60 | 0.00 | 4.32 | 4.32 | 0 - 4 |



Gambar 5. Grafik analisa saringan gabungan beton limbah bijih besi

Dari Tabel 2 akan diperoleh komposisi agregat kasar = 54 % : agregat halus = 45 %, berat jenis beton basah padat sesuai dengan perhitungan adalah 2479 t/m³.

Menentukan material penyusun beton dalam 1m³

Volume semen = 381,44 kg/m³
 Volume air = 185 kg/m³
 Volume agregat kasar = (2479 - 381,44 - 185) = 1912,32 X 54 % = 1051,77 kg/m³
 Volume agregat halus = (2479 - 381,44 - 185) = 1912,32 X 45 % = 860,54 kg/m³

maka didapat beton 1 m³ dengan perbandingan Pc : Ps : Kr : Air = 1 : 1,73 : 2,49 : 0,485

Maka 1 m³ beton material membutuhkan :

- Semen = 381,44 kg
- Pasir = 860,54 kg
- Kerikil = 1051,77 kg
- Air = 185 kg

Untuk kubus 15 x15x15 cm, membutuhkan volume :

$$15 \times 15 \times 15 = 3375 \text{ cm}^3 = 0,003375 \text{ m}^3$$

Untuk 6 kubus = 6 x 0,003375 = 0,020250 m³ maka :

- Semen = 0,020250 x 381,44 = 7,72 kg
- Pasir = 0,020250 x 860,54 = 17,43 kg
- Kerikil = 0,020250 x 1051,77 = 21,30 kg
- Air = 0,020250 x 185 = 3,75 kg

Hasil Pengujian

Hasil dan pengujian yang telah dilakukan, dilampirkan dalam bentuk Tabel 3 – 7 dan Gambar 6.

Berat Jenis Beton

Tabel 3. Berat jenis beton dengan agregat halus ex.Palangka Raya komposisi AK 61,7% : AH 39,7%

| Variasi | Berat jenis (gr/cm ³) beton umur | |
|-----------------|---|----------------|
| | 7 Hari | 14 Hari |
| BP1 | 2.31521 | 2.34756 |
| BP2 | 2.34722 | 2.34722 |
| BP3 | 2.34815 | 2.34815 |
| BP4 | 2.34193 | 2.34193 |
| BP5 | 2.34904 | 2.34904 |
| BP6 | 2.31322 | 2.34756 |
| Nilai rata-rata | 2.335795 | 2.34691 |

Tabel 4. Berat jenis beton dengan agregat halus limbah bijih besi komposisi AK 61,7% : AH 39,7%

| Variasi | Berat jenis (gr/cm ³) beton umur | |
|-----------------|---|----------------|
| | 7 Hari | 14 Hari |
| BUL1 | 2.45135 | 2.45096 |
| BUL2 | 2.43105 | 2.42459 |
| BUL3 | 2.41315 | 2.40741 |
| BUL4 | 2.42692 | 2.41807 |
| BUL5 | 2.42924 | 2.41748 |
| BUL6 | 2.43835 | 2.42163 |
| Nilai rata-rata | 2.43168 | 2.42336 |

Tabel 5. Berat jenis beton dengan agregat halus limbah bijih besi Komposisi AK 54 % : AH 45 %

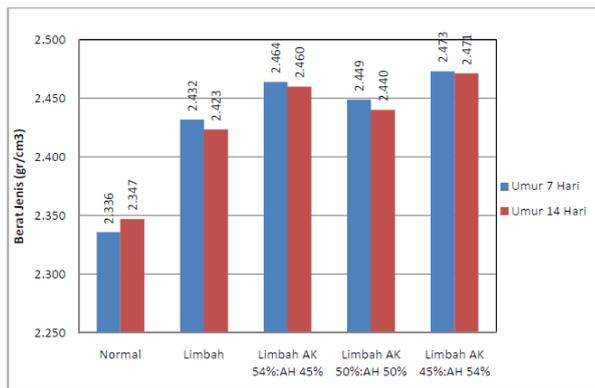
| Variasi | Berat jenis (gr/cm ³) beton umur | |
|-----------------|---|----------------|
| | 7 Hari | 14 Hari |
| BUL7 | 2.46412 | 2.46379 |
| BUL8 | 2.45933 | 2.45867 |
| BUL9 | 2.47237 | 2.46667 |
| BUL10 | 2.47730 | 2.47170 |
| BUL11 | 2.44436 | 2.43793 |
| BUL12 | 2.46621 | 2.46015 |
| Nilai rata-rata | 2.46395 | 2.45982 |

Tabel 6. Berat jenis beton dengan agregat halus limbah bijih besi komposisi AK 50 % : AH 50 %

| Variasi | Berat jenis (gr/cm ³) beton umur | |
|-----------------|---|----------------|
| | 7 Hari | 14 Hari |
| BUL13 | 2.44356 | 2.43793 |
| BUL14 | 2.45515 | 2.44237 |
| BUL15 | 2.44631 | 2.43704 |
| BUL16 | 2.44503 | 2.43319 |
| BUL17 | 2.45105 | 2.44446 |
| BUL18 | 2.45132 | 2.44533 |
| Nilai rata-rata | 2.44874 | 2.44005 |

Tabel 7. Berat jenis beton menggunakan agregat halus limbah bijih besi komposisi AK 45% : AH 55%

| Variasi | Berat jenis (gr/cm ³) beton umur | |
|-----------------|---|----------------|
| | 7 Hari | 14 Hari |
| BUL19 | 2.47529 | 2.47319 |
| BUL20 | 2.47451 | 2.47348 |
| BUL21 | 2.46813 | 2.46667 |
| BUL22 | 2.47623 | 2.4717 |
| BUL23 | 2.46821 | 2.46756 |
| BUL24 | 2.47534 | 2.47496 |
| Nilai rata-rata | 2.47295 | 2.47126 |



Gambar 6. Grafik perbandingan berat jenis rata-rata beton

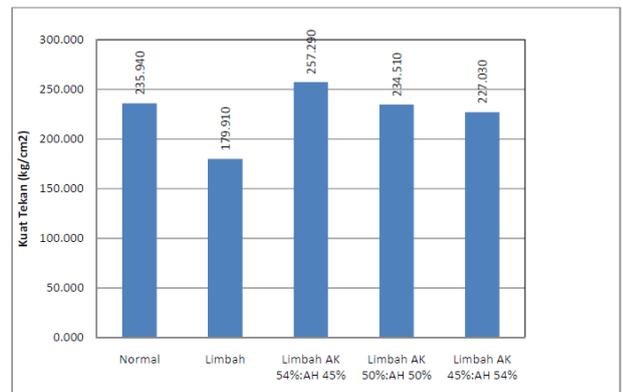
Kuat Tekan Beton

Perbandingan hasil pengujian kuat tekan beton yang menggunakan agregat halus pasir dan beton yang menggunakan agregat halus limbah bijih besi dapat di lihat pada Tabel 8 dan Gambar 7. Kuat tekan beton seiring dengan bertambahnya umur perendaman.

Tabel 8. Hasil pengujian kuat tekan benda uji kubus

| No. | Variasi | Kuat Tekan Beton | | |
|------------------------|-----------------------------------|------------------|---------|------------------|
| | | 7 Hari | 14 Hari | Konversi 28 Hari |
| 1 | Beton Normal | 155.56 | | 239.32 |
| 2 | Beton Normal | 157.78 | | 242.74 |
| 3 | Beton Normal | 148.89 | | 229.06 |
| 4 | Beton Normal | | 208.89 | 237.37 |
| 5 | Beton Normal | | 204.44 | 232.32 |
| 6 | Beton Normal | | 206.67 | 234.85 |
| Hasil Rata-rata | | | | 235.94 |
| 7 | Beton Limbah AK 61,7 %: AH 39,3 % | 113.33 | | 174.36 |
| 8 | Beton Limbah AK 61,7 %: AH 39,3 % | 117.78 | | 181.20 |
| 9 | Beton Limbah AK 61,7 %: AH 39,3 % | 122.22 | | 178.43 |
| 10 | Beton Limbah AK 61,7 %: AH 39,3 % | | 160.00 | 181.82 |
| 11 | Beton Limbah AK 61,7 %: AH 39,3 % | | 162.22 | 184.34 |
| 12 | Beton Limbah AK 61,7 %: AH 39,3 % | | 157.78 | 179.29 |
| Hasil Rata-rata | | | | 179.91 |

| | | | | |
|------------------------|-------------------------------|--------|--------|---------------|
| 13 | Beton Limbah AK 55 %: AH 45 % | 168.89 | 259.83 | |
| 14 | Beton Limbah AK 55 %: AH 45 % | 164.44 | 252.99 | |
| 15 | Beton Limbah AK 55 %: AH 45 % | 171.11 | 263.25 | |
| 16 | Beton Limbah AK 55 %: AH 45 % | | 222.22 | |
| 17 | Beton Limbah AK 55 %: AH 45 % | | 228.89 | |
| 18 | Beton Limbah AK 55 %: AH 45 % | 224.44 | 255.05 | |
| Hasil Rata-rata | | | | 257.29 |
| 19 | Beton Limbah AK 50 %: AH 50 % | 151.11 | 232.48 | |
| 20 | Beton Limbah AK 50 %: AH 50 % | 148.89 | 229.06 | |
| 21 | Beton Limbah AK 50 %: AH 50 % | 153.33 | 235.90 | |
| 22 | Beton Limbah AK 50 %: AH 50 % | | 208.89 | |
| 23 | Beton Limbah AK 50 %: AH 50 % | | 211.11 | |
| 24 | Beton Limbah AK 50 %: AH 50 % | 204.44 | 232.32 | |
| Hasil Rata-rata | | | | 234.51 |
| 25 | Beton Limbah AK 45 %: AH 55 % | 151.11 | 232.48 | |
| 26 | Beton Limbah AK 45 %: AH 55 % | 144.44 | 222.22 | |
| 27 | Beton Limbah AK 45 %: AH 55 % | 146.67 | 225.64 | |
| 28 | Beton Limbah AK 45 %: AH 55 % | | 200.00 | |
| 29 | Beton Limbah AK 45 %: AH 55 % | | 195.56 | |
| 30 | Beton Limbah AK 45 %: AH 55 % | 204.44 | 232.32 | |
| Hasil Rata-rata | | | | 227.03 |



Gambar 7. Grafik perbandingan kuat tekan rata-rata beton

Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dalam penelitian ini meliputi:

- Beton normal yang menggunakan agregat halus pasir biasa memiliki berat jenis lebih rendah dibandingkan beton dengan agregat halus limbah bijih besi.
- Material limbah bijih besi memiliki berat jenis yang lebih besar dibandingkan dengan pasir. Sehingga volume limbah bijih besi dalam 1m³ komposisi campuran beton akan menjadi lebih banyak.
- Campuran beton yang menggunakan agregat halus pasir memiliki perbandingan $P_c : P_s : K_r : Air = 1 : 1,52 : 2,57 : 0,485$. Sedangkan untuk campuran beton yang menggunakan agregat halus limbah bijih besi memiliki perbandingan $P_c : P_s : k_r : Air = 1 : 1,73 : 2,49 : 0,485$.

Dari kedua perbandingan hasil campuran diatas, dapat dilihat untuk membuat campuran beton yang menggunakan agregat halus limbah bijih besi dibutuhkan volume agregat halus limbah bijih besi yang lebih besar daripada campuran beton yang menggunakan agregat halus pasir. Hal ini dikarenakan volume kebutuhan agregat halus (limbah bijih besi) lebih besar, maka akan terjadi pengurangan volume kebutuhan agregat kasar (split). Dengan berkurangnya volume kebutuhan split akan menyebabkan beton yang menggunakan agregat halus limbah bijih besi menjadi lebih kedap tidak porous karena fungsi pasir yang merupakan pengisi pori-pori yang lebih besar dalam campuran beton akan bekerja secara sempurna. Secara visual pada saat beton diuji kuat tekannya hingga hancur, maka dapat dilihat pada bagian dalam beton akan lebih sedikit rongganya.

Nilai kuat tekan rata-rata beton yang menggunakan agregat halus limbah bijih besi pada umur perendaman 7 hari dan 14 hari dengan komposisi sama dengan beton normal menggunakan agregat halus pasir ternyata hasil kuat tekan lebih rendah dan nilai kuat tekan rata-rata beton rencana tidak tercapai dikarenakan dengan komposisi AK 61,7% : AH 39,3% kondisi isi campuran beton kurang padat atau kedap sehingga bersifat porous, maka di lakukan perbaikan komposisi campuran beton AK 55% : AH 45% , AK 50% : AH 50% , AK 45% : AH 55%. Dari hasil uji kuat tekan masing-masing komposisi didapatkan komposisi AK 55% : AH 45% menjadi kuat tekan yang paling tinggi. Lebih tinggi dari komposisi beton normal menggunakan agregat halus pasir.

PENUTUP

Kesimpulan

Kesimpulan menunjukkan bahwa ditinjau dari nilai kuat tekan maksimal yang terjadi pada umur perendaman konversi 28 hari, beton yang menggunakan agregat halus pasir memiliki mutu beton $K = 235,94 \text{ kg/cm}^2$ atau $fc' = 19,583 \text{ Mpa}$. Sedangkan untuk beton yang menggunakan agregat halus limbah bijih besi diambil dari hasil perbandingan uji tekan yang paling tinggi dengan komposisi AK 54% : AH 45% memiliki mutu beton $K = 257,29 \text{ kg/cm}^2$ atau $fc' = 22,849 \text{ Mpa}$. Dari kedua nilai kuat tekan beton tersebut dapat disimpulkan bahwa beton yang menggunakan

agregat halus limbah bijih besi memiliki kuat tekan yang lebih tinggi daripada beton yang menggunakan agregat halus pasir.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang penambahan pasir dengan kombinasi campuran agregat halus pasir dan limbah bijih besi dengan variasi komposisi yang berbeda, agar didapat nilai aspek rasio yang baik dan menghasilkan beton yang ekonomis serta lebih optimal dalam pemanfaatannya. Perlu dilakukan penelitian dengan rancangan mix desain yang berbeda, misalkan beton mutu tinggi K-500 – K-700. Serta perlunya diadakan penelitian lebih lanjut mengenai sifat-sifat limbah bijih besi ditinjau dari kandungan unsur-unsur kimia yang terdapat didalamnya dan juga pengujian reaksi kimia.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1971). Peraturan Beton Bertulang (PBI-1971). Departemen Pekerjaan Umum.
- BSN. (1990). Metode Pengujian Berat Jenis Dan penyerapan air agregat kasar SNI 03-1969-1990, Badan Standar Nasional, Jakarta.
- BSN. (1990). Metode Pengujian Berat Jenis Dan penyerapan air agregat halus SNI 03-1970-1990, Badan Standar Nasional, Jakarta.
- BSN. (1990). Metode Pengujian Kadar Air agregat, SNI 03-1971-1990, Badan Standar Nasional, Jakarta.
- BSN. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847-2019, Badan Standar Nasional, Jakarta
- BSN. (2000). Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal SNI 03-2834-2000, Badan Standar Nasional, Jakarta.
- Edwar, G Nawy. (1990). Beton Bertulang. PT Fresco.
- Kardiyono. (1992). Teknologi Beton. Jakarta
- LJ, Murdock, dkk. (1993). Bahan dan Praktek Beton. Erlangga.
- Tjokrodimuljo, K. (1996). Teknologi Beton. Yogyakarta: Nafiri.