

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil pengujian *slump* diperoleh bahwa pada beton non pasir dengan fas 0,3 memenuhi karakteristik beton non pasir yakni *zero slump concrete*.
2. Pengujian berat jenis menunjukkan bahwa beton non pasir baik dengan fas 0,3 dan 0,4 memiliki berat jenis lebih rendah dari pada beton normal yakni berkisar antara $1,791 \text{ gr/cm}^3$ sampai $2,049 \text{ gr/cm}^3$.
3. Hasil pengujian kuat tekan didapat kuat tekan beton non pasir pada fas 0,3 dengan substitusi agregat daur ulang sebesar 0%, 25%, 50%, dan 75% masing-masing sebesar 9,848, 9,688, 9,471, dan 8,251 MPa. Sedangkan pada fas 0,4 dengan substitusi agregat daur ulang sebesar 0%, 25%, 50%, dan 75% diperoleh nilai kuat tekan sebesar 6,698, 6,021, 5,813, dan 5,384 MPa. Dengan demikian maka, beton non pasir pada penelitian ini memenuhi syarat beton non pasir yakni yang berkisar antara 2,8 - 28 MPa (ACI 552R-06).
4. Pada pengujian kuat tekan diketahui bahwa faktor air semen dan agregat daur ulang memiliki pengaruh terhadap hasil kuat tekan beton non pasir. Hal

ini didukung dengan *P value* untuk fas dan substitusi agregat daur ulang masing-masing sebesar 0,000 dan 0,048.

5. Metode TSMA pada beton non pasir dengan fas 0,3 dan dengan substitusi agregat daur ulang sebesar 25% dan 50% menunjukkan penurunan nilai kuat yang tidak begitu signifikan yakni sebesar 1,633% dan 3,837% dari beton non pasir tanpa agregat daur ulang.
6. Rata-rata hasil pengujian porositas beton non pasir pada fas 0,3 dan 0,4 yakni berkisar antara 29,826% sampai 41,305% sehingga memenuhi syarat minimal persentase porositas yakni 15%.
7. Pada pengujian porositas diketahui bahwa faktor air semen dan agregat daur ulang memiliki pengaruh yang signifikan terhadap porositas beton non pasir. Hal ini didukung dengan *P value* untuk fas dan substitusi agregat daur ulang masing-masing sebesar 0,023 dan 0,020
8. Hasil pengujian permeabilitas pada penelitian ini didapat koefisien permeabilitas untuk beton non pasir dengan fas 0,3 berkisar antara 12,084 mm/s sampai 14,423 mm/s dan untuk fas 0,4 berkisar antara 1,753 mm/s sampai 4,580 mm/s. Dengan demikian maka beton non pasir pada penelitian ini memenuhi syarat minimal koefisien permeabilitas yang berkisar antara 0.14 dan 1.22 cm/s agar dapat meloloskan air dengan baik.
9. Pada pengujian permeabilitas didapat bahwa fas memiliki pengaruh terhadap hasil pengujian permeabilitas beton non pasir. Hal ini didukung oleh *P value* sebesar $0,002 < 0,05$.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan, penulis memberikan beberapa saran berikut ini.

1. Untuk meningkatkan *workability* beton non pasir dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti meningkatkan nilai fas atau menggunakan bahan tambah seperti *fly ash* sebagai substitusi sebagian semen. Pada penelitian selanjutnya, disarankan menggunakan fas lebih kecil dari 0,4 dan *fly ash* sebagai substitusi sebagian semen atau tetap menggunakan fas 0,4 tetapi tanpa *fly ash* sebagai substitusi sebagian semen.
2. Untuk penelitian selanjutnya, dapat mencari hubungan atau korelasi antara porositas - kuat tekan dan porositas - permeabilitas beton non pasir.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Comitee 522, 2006, *Pervious Concrete (ACI 522R-06)*, American Concrete Institute, Detroit, Mich.
- Arifi, E., 2015, Pemanfaatan *Fly Ash* Sebagai Pengganti Semen Parsial untuk Meningkatkan Performa Beton Agregat Daur Ulang, *Rekayasa Sipil*, Vol. 9, no.3, pp. 229-235.
- Bekoe, P.A., 2009, Concrete Containing Recycled Concrete Aggregate for Use in Concrete Pavement, *A Thesis Presented to the Graduate School of The University of Florida in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering - University of Florida*, Florida.
- Bremseth, S.K., 2009, *Fly Ash in Concrete A Literature Study of the Advantages and Disadvantages*, SINTEF Building and Infrastructure, Trondheim, Norway.
- Deepika, S., Lalithanjali, K., Ponmalar, M.R., Vinushitha, B., dan Manju, T., 2014, Influence of Recycled Aggregate Based Pervious Concrete with Fly Ash, *International Journal of ChemTech Research*, vol.7, no.6, pp. 2648-2653.
- Eathakoti, S., Gundu, N., Ponnada, M.R., 2015, An Innovative No-Fines Concrete Pavement Model, *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, Vol. 12, Issue 5, PP. 34-44.
- Ervianto, W., 2012, *Selamatkan Bumi Melalui Konstruksi Hijau*, Andi, Yogyakarta.
- Güneyisi, E., Gesoglu, M., Kareem, Q., Ipek, S., 2016, Effect of Different Substitution of Natural Aggregate by Recycled Aggregate on Performance Characteristics of Pervious Concrete, *Materials and Structures*, vol. 49, pp. 521 –536.
- Jimma, B.E., 2014, Workability-Integrated Mixture Proportioning Method for Pervious Concrete, *A Dissertation Presented to the Graduate School of Clemson University*, South Carolina.
- Nawy, E.G., 1990, *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*, Eresco, Bandung.
- Neville, A.M. and Brooks, J.J., 2010, *Concrete Technology*, Pearson Education Limited, Essex, England.
- Priyadarshana, T., Jayathunga, T., dan Dissanayake, R., 2013, Pervious Concrete – A Sustainable Choice in Civil Engineering and Construction, *University of Moratuwa*, Kandy, Sri Lanka.



- Ravindrarajah, S., dan Yukari, A., 2010, Environmentally Friendly Pervious Concrete For Sustainable Construction, *35th Conference on Our World In Concrete & Structures*, Singapore.
- Sari, D.E.P., 2013, Pengaruh Komposisi Beton Non Pasir dengan Substitusi *Fly Ash* dan *Superplasticizer* Terhadap Kuat Tekan, Modulus Elastisitas, dan Daya Serap Air, Laporan Tugas Akhir Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta.
- SNI 03-1974-1990, 1990, *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 06-6867-2002, 2002, *Spesifikasi Abu Terbang Sebagai Bahan Tambah Untuk Campuran Beton*, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 15-2049-2004, 2004, *Semen Portland*, Badan Standarisasi Nasional.
- Sonebia, M., Bassuonib, M., dan Yahiac, A., 2016, Pervious Concrete: Mix Design, Properties and Applications, *Rilem Technical Letters*, 1: 109 – 115.
- Sriravindrarajah, R., Wang, N.D.H., dan Ervin, L.J.W., 2012, Mix Design for Pervious Recycled Aggregate Concrete, *International Journal of Concrete Structures and Materials*, vol. 6, no.4, pp.239–246.
- Sunyoto, D., 2009, *Statistik Ekonomi Induktif : Metode & Pengambilan Keputusan*, Indeks, Jakarta.
- Tam, V.W.Y., Gao, X.F., Tam, C.M., 2005, Microstructural Analysis of Recycled Aggregate Concrete Produced From Two-Stage Mixing Approach, *Cement and Concrete Research Journal*, Vol. 35, Issue 6, pp. 1195-1203.
- Teja, G.R., dan Rao, M.L.S.R., 2017, Partial Replacement of Cement by Fly Ash in Porous Concrete, *International Journal of Civil Engineering and Technology*, vol. 8, issue 4, pp. 1099–1103.
- Tjokrodinuljo, K., 2012, *Teknologi Beton*, KMTS FT UGM, Yogyakarta.
- Usha, K.N., Smitha, B.K., 2016, Suitability of Fly Ash in Replacement of Cement in Pervious Concrete, *International Journal of Engineering Research & Technology*, vol. 5, Issue 08, pp. 115-118.
- Xu, G., Shen, W., Huo, X., Yang, Z., Wang, J., Zhang W., Ji, X., 2018, Investigation on The Properties of Porous Concrete as Road Base Material, *Construction and Building Materials*, vol. 158, pp. 141-148.





A. Pengujian Bahan

A.I. Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Kasar Alam

1. Waktu Pemeriksaan : 6 April 2018
2. Bahan : Kerikil
3. Asal : Kali Clereng, Kulon Progo
4. Lokasi Penelitian : LSBB Prodi TS, FT – UAJY
5. Alat
 - a. Timbangan
 - b. Oven
6. Hasil
 - a. Berat agregat : 100,04 gr
 - b. Berat Kerikil oven : 93,65 gr
 - c. Kandungan lumpur : $\frac{100,04 - 93,65}{93,65} \times 100\%$
: 6,39%

Kesimpulan : Kandungan lumpur 6,39% > 1%, maka agregat kasar harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.



A.II. Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Kasar Daur Ulang

1. Waktu Pemeriksaan : 6 April 2018
2. Bahan : Agregat Kasar Daur Ulang
3. Asal : Limbah Silinder Beton dari
LSBB
4. Lokasi Penelitian : LSBB Prodi TS, FT – UAJY
5. Alat
 - a. Timbangan
 - b. Oven
6. Hasil
 - a. Berat agregat : 100 gr
 - b. Berat Kerikil oven : 96,63 gr
 - c. Kandungan lumpur : $\frac{100 - 96,63}{96,63} \times 100\%$
: 3,37%

Kesimpulan : Kandungan lumpur 3,37% > 1%, maka agregat kasar harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.



A.III. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar Alam

1. Waktu Pemeriksaan : 6 April 2018
2. Bahan : Kerikil
3. Asal : Kali Clereng, Kulon Progo
4. Lokasi Penelitian : LSBB Prodi TS, FT – UAJY
5. Hasil penelitian

| | Pemeriksaan | A | B |
|---|--|--------|--------|
| 1 | Cawan | 16,08 | 15,17 |
| 2 | Cawan+berat split basah | 116,5 | 115,37 |
| 3 | Cawan+berat split kering | 113,45 | 112,48 |
| 4 | Berat air = (2) - (3) | 3,05 | 2,89 |
| 5 | Berat contoh kering = (3) - (1) | 97,37 | 97,31 |
| 6 | Kadar air (w) = $\frac{(4)}{(5)} \times 100\%$ | 3,13 | 2,97 |
| | Kadar Air Rerata | 3,05 | |



A.IV. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar Daur Ulang

1. Waktu Pemeriksaan : 6 April 2018
2. Bahan : Agregat Kasar Daur Ulang
3. Asal : Limbah Silinder Beton dari
LSBB
4. Lokasi Penelitian : LSBB Prodi TS, FT – UAJY
5. Hasil penelitian

| | Pemeriksaan | A | B |
|---|--|--------|--------|
| 1 | Cawan | 9,64 | 10,42 |
| 2 | Cawan+berat split basah | 109,72 | 110,36 |
| 3 | Cawan+berat split kering | 104,34 | 106,63 |
| 4 | Berat air = (2) - (3) | 5,38 | 3,73 |
| 5 | Berat contoh kering = (3) - (1) | 94,7 | 96,21 |
| 6 | Kadar air (w) = $\frac{(4)}{(5)} \times 100\%$ | 5,68 | 3,88 |
| | Kadar Air Rerata | 4,78 | |



A.V. Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar Alam

1. Waktu Pemeriksaan : 6 April 2018
2. Bahan : Kerikil
3. Asal : Kali Clereng, Kulon Progo
4. Lokasi Penelitian : Laboratorium Penyelidikan
Tanah Prodi TS, FT – UAJY
5. Hasil penelitian

| No. Saringan | Berat Saringan (gr) | Berat Saringan + Agregat (gr) | Berat Tertahan (gr) | ∑ Berat Tertahan (gr) | % Tertahan | % Lolos |
|--------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------|------------|---------|
| 3/4" | 558 | 574 | 16 | 16 | 1,6 | 98,4 |
| 1/2" | 450 | 534 | 84 | 100 | 10 | 90 |
| 3/8" | 456 | 509 | 53 | 153 | 15,3 | 84,7 |
| 4 | 508 | 1296 | 788 | 941 | 94,1 | 5,9 |
| 8 | 331 | 331 | 0 | 941 | 94,1 | 5,9 |
| 30 | 292 | 292 | 0 | 941 | 94,1 | 5,9 |
| 50 | 374 | 375 | 1 | 942 | 94,2 | 5,8 |
| 100 | 351 | 354 | 3 | 945 | 94,5 | 5,5 |
| 200 | 269 | 320 | 51 | 996 | 99,6 | 0,4 |
| Pan | 371 | 375 | 4 | 1000 | 100 | 0 |
| Total | | | 1000 | | 597,5 | |

$$\begin{aligned} \text{MHB (Modulus Halus Butir)} &= \frac{597,5}{100} \\ &= 5,975 \end{aligned}$$

Kesimpulan : MHB (Modulus Halus Butir) agregat kasar alam $5 \leq 5,975 \leq 8$ sehingga memenuhi syarat.



A.VI. Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar Daur Ulang

1. Waktu Pemeriksaan : 6 April 2018
2. Bahan : Agregat Kasar Daur Ulang
3. Asal : Limbah Silinder Beton dari
LSBB
4. Lokasi Penelitian : Laboratorium Penyelidikan
Tanah Prodi TS, FT – UAJY
5. Hasil penelitian

| No. Saringan | Berat Saringan (gr) | Berat Saringan + Agregat (gr) | Berat Tertahan (gr) | ∑ Berat Tertahan (gr) | % Tertahan | % Lolos |
|--------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------|------------|---------|
| 3/4" | 558 | 574 | 16 | 16 | 1,6 | 98,4 |
| 1/2" | 450 | 1348 | 898 | 914 | 91,4 | 8,6 |
| 3/8" | 456 | 534 | 78 | 992 | 99,2 | 0,8 |
| 4 | 508 | 509 | 1 | 993 | 99,3 | 0,7 |
| 8 | 331 | 331 | 0 | 993 | 99,3 | 0,7 |
| 30 | 292 | 292 | 0 | 993 | 99,3 | 0,7 |
| 50 | 374 | 375 | 1 | 994 | 99,4 | 0,6 |
| 100 | 351 | 352 | 1 | 995 | 99,5 | 0,5 |
| 200 | 269 | 270 | 1 | 996 | 99,6 | 0,4 |
| Pan | 371 | 375 | 4 | 1000 | 100 | 0 |
| Total | | | 1000 | | 788,6 | |

$$\begin{aligned} \text{MHB (Modulus Halus Butir)} &= \frac{788,6}{100} \\ &= 7,886 \end{aligned}$$

Kesimpulan : MHB (Modulus Halus Butir) agregat kasar alam $5 \leq 7,886 \leq 8$
sehingga memenuhi syarat.



A.VII. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

1. Waktu Pemeriksaan : 6 April 2018
2. Bahan : Kerikil
3. Asal : Kali Clereng, Kulon Progo
4. Lokasi Penelitian : LSBB Prodi TS, FT – UAJY
5. Hasil penelitian

| | | |
|---|---|---------|
| A | Berat Contoh Kering | 989 gr |
| B | Berat Contoh Jenuh Kering Permukaan (SSD) | 1017 gr |
| C | Berat Contoh Dalam Air | 620 gr |
| D | Berat Jenis <i>Bulk</i> = $\frac{(A)}{(B)-(C)}$ | 2,491 |
| E | BJ Jenuh Kering Permukaan (SSD) = $\frac{(B)}{(B)-(C)}$ | 2,562 |
| F | Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>) = $\frac{(A)}{(A)-(C)}$ | 2,680 |
| G | Penyerapan (<i>Absorption</i>) = $\frac{(A)-(C)}{(A)} \times 100\%$ | 2,831% |



A.VIII.Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Daur Ulang

1. Waktu Pemeriksaan : 6 April 2018
2. Bahan : Agregat Kasar Daur Ulang
3. Asal : Limbah Silinder Beton dari
LSBB
4. Lokasi Penelitian : LSBB Prodi TS, FT – UAJY
5. Hasil penelitian

| | | |
|---|---|-----------|
| A | Berat Contoh Kering | 903,54 gr |
| B | Berat Contoh Jenuh Kering Permukaan (SSD) | 936,17 gr |
| C | Berat Contoh Dalam Air | 495,3 gr |
| D | Berat Jenis <i>Bulk</i> = $\frac{(A)}{(B)-(C)}$ | 2,049 |
| E | BJ Jenuh Kering Permukaan (SSD) = $\frac{(B)}{(B)-(C)}$ | 2,123 |
| F | Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>) = $\frac{(A)}{(A)-(C)}$ | 2,213 |
| G | Penyerapan (<i>Absorption</i>) = $\frac{(A)-(C)}{(A)} \times 100\%$ | 3,611% |



A.IX. Pemeriksaan Abrasi dan Keausan Agregat Kasar Alam

1. Waktu Pemeriksaan : 5 April 2018
2. Bahan : Kerikil
3. Asal : Kali Clereng, Kulon Progo
4. Lokasi Penelitian : Laboratorium Transportasi
Prodi TS, FT – UAJY
5. Hasil penelitian

| Gradasi Saringan | | Nomor contoh | |
|------------------|----------|-----------------------------|--|
| | | I | |
| Lolos | Tertahan | Berat masing-masing agregat | |
| 3/4" | 1/2" | 2500 gr | |
| 1/2" | 3/8" | 2500 gr | |

| Nomor Contoh | I |
|---|---------|
| Berat sebelumnya (A) | 5000 gr |
| Berat sesudah diayak saringan No.12 (B) | 3601 gr |
| Berat sesudah (A) - (B) | 1399 gr |
| Keausan | 27,98 % |



A.X. Pemeriksaan Abrasi dan Keausan Agregat Kasar Daur Ulang

1. Waktu Pemeriksaan : 5 April 2018
2. Bahan : Agregat Kasar Daur Ulang
3. Asal : Limbah Silinder Beton dari
LSBB
4. Lokasi Penelitian : Laboratorium Transportasi
Prodi TS, FT – UAJY
5. Hasil penelitian

| Gradasi Saringan | | Nomor contoh |
|------------------|----------|-----------------------------|
| | | I |
| Lolos | Tertahan | Berat masing-masing agregat |
| 3/4" | 1/2" | 2500 gr |
| 1/2" | 3/8" | 2500 gr |

| | |
|---|---------|
| Nomor Contoh | I |
| Berat sebelumnya (A) | 5000 gr |
| Berat sesudah diayak saringan No.12 (B) | 3016 gr |
| Berat sesudah (A) - (B) | 1984 gr |
| Keausan | 39,68 % |



A.XI. Pengujian *Fly Ash*

Measurement Condition

Instrument: EDX-8000 Atmosphere: Vac. Collimator: 10(mm) Sample Cup: Mylar

TG kV uA FI Acq. (keV) Anal. (keV) Time (sec) DT(%)

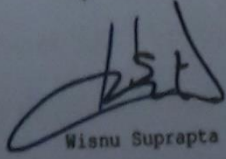
Rh 50 27-Auto ---- 0 - 40 0.00-40.00 Live- 100 40

Analyte Na-U

Quantitative Result

| Analyte | Result | [3-sigma] Proc.-Calc. | Line | Int. (cps/uA) |
|---------|----------|-----------------------|-------|---------------|
| SiO2 | 44.257 % | [0.343] Quan-FP | SiKa | 52.8759 |
| Al2O3 | 21.725 % | [0.331] Quan-FP | AlKa | 11.7461 |
| Fe2O3 | 12.264 % | [0.019] Quan-FP | FeKa | 1461.8018 |
| CaO | 9.199 % | [0.041] Quan-FP | CaKa | 167.0568 |
| MgO | 8.876 % | [0.948] Quan-FP | MgKa | 1.2379 |
| S03 | 1.674 % | [0.028] Quan-FP | S Ka | 6.9684 |
| K2O | 0.780 % | [0.013] Quan-FP | K Ka | 9.5263 |
| TiO2 | 0.748 % | [0.008] Quan-FP | TiKa | 21.8519 |
| MnO | 0.748 % | [0.002] Quan-FP | MnKa | 18.3949 |
| Er2O3 | 0.189 % | [0.018] Quan-FP | ErLa | 6.2146 |
| SrO | 0.106 % | [0.001] Quan-FP | SrKa | 31.3838 |
| V2O5 | 0.060 % | [0.005] Quan-FP | V Ka | 2.0242 |
| ZnO | 0.051 % | [0.001] Quan-FP | ZnKa | 3.6818 |
| ZrO2 | 0.017 % | [0.001] Quan-FP | ZrKa | 8.2297 |
| Cr2O3 | 0.016 % | [0.003] Quan-FP | CrKa | 0.9716 |
| PbO | 0.014 % | [0.002] Quan-FP | PbLb1 | 1.6676 |
| NiO | 0.010 % | [0.002] Quan-FP | NiKa | 1.1787 |
| Y2O3 | 0.008 % | [0.001] Quan-FP | Y Ka | 2.2132 |

Operator EDX


Wisnu Suprepta



B. Rencana Adukan Beton Non Pasir

B.I. Rencana Adukan Beton Non Pasir untuk Pengujian Kuat Tekan

1. Data bahan

- a. Agregat kasar : Kali Clereng, Kulon Progo
- b. Semen : Gresik
- c. Air : LSBB Prodi TS, FT – UAJY
- d. Ukuran agregat kasar : 20 mm
- e. Faktor air semen (fas) : 0,3 dan 0,4
- f. *Fly ash* : 20% dari berat semen
- g. Substitusi agregat daur ulang : 0%, 25%, 50%, dan 75% dari berat agregat alam
- h. Berat jenis agregat alam : 2562 kg/m³
- i. Berat jenis semen : 3150 kg/m³
- j. Tinggi silinder, t : 15 cm
- k. Diameter silinder, d : 30 cm
- l. Volume silinder, V : 5301,44 cm³
: 0,00530144 m³

2. Rencana Adukan (Contoh Perhitungan) untuk 1 Silinder (Fas 0,3 ;
Substitusi agregat daur ulang 0%)

Perbandingan agregat dan semen = 4 : 1

$$\text{Berat agregat alam} = \frac{4}{4+1} \times 0,00530144 \times 2562 = 10,866 \text{ kg}$$



$$\text{Berat agregat daur ulang} = \frac{0}{100} \times 10,866 = 0 \quad \text{kg}$$

$$\text{Berat semen} = \frac{1}{4+1} \times 0,00530144 \times 3150 = 3,340 \quad \text{kg}$$

$$\text{Berat fly ash} = 0,2 \times 3,340 = 0,668 \quad \text{kg}$$

$$\text{Berat semen setelah substitusi fly ash} = 3,340 - 0,668 = 2,672 \quad \text{kg}$$

$$\text{Berat air fas 0,3} = 0,3 \times 3,340 = 1,002 \quad \text{kg}$$

Dengan *Safety Factor* = 20%, maka diperoleh kebutuhan untuk 1 benda uji silinder beton sebagai berikut.

$$\text{Agregat alam} = 1,2 \times 10,866 = 13,039 \quad \text{kg}$$

$$\text{Agregat daur ulang} = 1,2 \times 0 = 0 \quad \text{kg}$$

$$\text{Semen} = 1,2 \times 2,672 = 3,206 \quad \text{kg}$$

$$\text{Fly ash} = 1,2 \times 0,672 = 0,802 \quad \text{kg}$$

$$\text{Air} = 1,2 \times 1,002 = 1,202 \quad \text{kg}$$

Kebutuhan Adukan untuk 1 Benda Uji Kuat Tekan

| Fas | Agregat Daur Ulang (%) | Agregat Alam (Kg) | Agregat Daur Ulang (Kg) | Semen (Kg) | Fly Ash (Kg) | Air (Kg) |
|-----|------------------------|-------------------|-------------------------|------------|--------------|----------|
| 0,3 | 0 | 13,039 | 0,000 | 3,206 | 0,802 | 1,202 |
| | 25 | 9,779 | 3,260 | 3,206 | 0,802 | 1,202 |
| | 50 | 6,519 | 6,519 | 3,206 | 0,802 | 1,202 |
| | 75 | 3,260 | 9,779 | 3,206 | 0,802 | 1,202 |
| 0,4 | 0 | 13,039 | 0,000 | 3,206 | 0,802 | 1,603 |
| | 25 | 9,779 | 3,260 | 3,206 | 0,802 | 1,603 |
| | 50 | 6,519 | 6,519 | 3,206 | 0,802 | 1,603 |
| | 75 | 3,260 | 9,779 | 3,206 | 0,802 | 1,603 |



B.II. Rencana Adukan Beton Non Pasir untuk Pengujian Porositas dan

Permeabilitas

1. Data bahan
 - a. Agregat kasar : Kali Clereng, Kulon Progo
 - b. Semen : Gresik
 - c. Air : LSBB Prodi TS, FT – UAJY
 - d. Ukuran agregat kasar : 20 mm
 - e. Faktor air semen (fas) : 0,3 dan 0,4
 - f. *Fly ash* : 20% dari berat semen
 - g. Substitusi agregat daur ulang : 0%, 25%, 50%, dan 75% dari berat agregat alam
 - h. Berat jenis agregat alam : 2562 kg/m³
 - i. Berat jenis semen : 3150 kg/m³
 - j. Tinggi silinder, t : 10 cm
 - k. Diameter silinder, d : 20 cm
 - l. Volume silinder, V : 1570,80 cm³
: 0,001571 m³
2. Rencana Adukan (Contoh Perhitungan) untuk 1 Silinder (Fas 0,4 ; Substitusi agregat daur ulang 25%)

Perbandingan agregat dan semen = 4 : 1

$$\text{Berat agregat alam} = \frac{4}{4+1} \times 0,001571 \times 2562 = 3,220 \text{ kg}$$



$$\text{Berat agregat daur ulang} = \frac{25}{100} \times 3,220 = 0,805 \text{ kg}$$

$$\text{Berat semen} = \frac{1}{4+1} \times 0,001571 \times 3150 = 0,990 \text{ kg}$$

$$\text{Berat fly ash} = 0,2 \times 0,990 = 0,198 \text{ kg}$$

$$\text{Berat semen setelah substitusi fly ash} = 0,990 - 0,198 = 0,792 \text{ kg}$$

$$\text{Berat air fas 0,4} = 0,4 \times 0,990 = 0,396 \text{ kg}$$

Dengan *Safety Factor* = 20%, maka diperoleh kebutuhan untuk 1 benda uji silinder beton sebagai berikut.

$$\text{Agregat alam} = 1,2 \times 3,220 = 2,898 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat daur ulang} = 1,2 \times 0,805 = 0,966 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 1,2 \times 0,792 = 0,950 \text{ kg}$$

$$\text{Fly ash} = 1,2 \times 0,198 = 0,238 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 1,2 \times 0,396 = 0,475 \text{ kg}$$

Kebutuhan Adukan untuk 1 Benda Uji Porositas dan Permeabilitas

| Fas | Agregat Daur Ulang (%) | Agregat Alam (Kg) | Agregat Daur Ulang (Kg) | Semen (Kg) | Fly Ash (Kg) | Air (Kg) |
|-----|------------------------|-------------------|-------------------------|------------|--------------|----------|
| 0,3 | 0 | 3,863 | 0,000 | 0,950 | 0,238 | 0,356 |
| | 25 | 2,898 | 0,966 | 0,950 | 0,238 | 0,356 |
| | 50 | 1,932 | 1,932 | 0,950 | 0,238 | 0,356 |
| | 75 | 0,966 | 2,898 | 0,950 | 0,238 | 0,356 |
| 0,4 | 0 | 3,863 | 0,000 | 0,950 | 0,238 | 0,475 |
| | 25 | 2,898 | 0,966 | 0,950 | 0,238 | 0,475 |
| | 50 | 1,932 | 1,932 | 0,950 | 0,238 | 0,475 |
| | 75 | 0,966 | 2,898 | 0,950 | 0,238 | 0,475 |



C. Pengujian Beton Non Pasir

C.I. Pengujian Berat Jenis Beton Non Pasir

| Fas | Agregat Daur Ulang (%) | Berat (gr) | Diameter (cm) | Tinggi (cm) | Volume (cm ³) | Berat Jenis (gr/cm ³) | |
|-----|------------------------|------------|---------------|-------------|---------------------------|-----------------------------------|-----------|
| | | | | | | Hasil | Rata-rata |
| 0,3 | 0 | 11560 | 15,370 | 30,350 | 5631,140 | 2,053 | 2,075 |
| | | 11760 | 15,170 | 29,965 | 5415,958 | 2,171 | |
| | | 11380 | 15,405 | 30,510 | 5686,637 | 2,001 | |
| | 25 | 11320 | 15,450 | 30,070 | 5637,419 | 2,008 | 1,969 |
| | | 9860 | 15,060 | 29,843 | 5316,027 | 1,855 | |
| | | 11400 | 15,400 | 29,920 | 5573,050 | 2,046 | |
| | 50 | 10460 | 15,115 | 30,480 | 5469,167 | 1,913 | 1,926 |
| | | 10880 | 15,135 | 30,023 | 5401,491 | 2,014 | |
| | | 10040 | 15,105 | 30,255 | 5421,613 | 1,852 | |
| | 75 | 9260 | 15,125 | 29,910 | 5373,993 | 1,723 | 1,791 |
| | | 9980 | 14,970 | 30,325 | 5337,456 | 1,870 | |
| | | 9620 | 15,090 | 30,220 | 5404,591 | 1,780 | |
| 0,4 | 0 | 11200 | 15,470 | 30,150 | 5667,060 | 1,976 | 2,049 |
| | | 11440 | 14,875 | 29,825 | 5183,037 | 2,207 | |
| | | 10540 | 15,075 | 30,060 | 5365,294 | 1,964 | |
| | 25 | 10620 | 14,940 | 29,965 | 5252,975 | 2,022 | 2,045 |
| | | 10880 | 14,910 | 29,955 | 5230,154 | 2,080 | |
| | | 10460 | 14,840 | 29,740 | 5143,973 | 2,033 | |
| | 50 | 11520 | 15,040 | 29,675 | 5272,011 | 2,185 | 2,037 |
| | | 10930 | 15,588 | 30,460 | 5812,630 | 1,880 | |
| | | 11140 | 15,115 | 30,370 | 5449,429 | 2,044 | |
| | 75 | 11260 | 15,403 | 30,190 | 5625,167 | 2,002 | 1,838 |
| | | 9440 | 15,200 | 30,393 | 5514,974 | 1,712 | |
| | | 10380 | 15,525 | 30,450 | 5764,218 | 1,801 | |



C.II. Pengujian Kuat Tekan Beton Non Pasir

| Fas | Agregat Daur Ulang (%) | Beban (KN) | Diameter (cm) | Luas (cm ²) | Kuat Tekan (MPa) | |
|-----|------------------------|------------|---------------|-------------------------|------------------|-----------|
| | | | | | Hasil | Rata-rata |
| 0,3 | 0 | 150 | 15,370 | 185,540 | 8,085 | 9,848 |
| | | 160 | 15,170 | 180,743 | 8,852 | |
| | | 235 | 15,405 | 186,386 | 12,608 | |
| | 25 | 150 | 15,450 | 187,477 | 8,001 | 9,688 |
| | | 160 | 15,060 | 178,131 | 8,982 | |
| | | 225 | 15,400 | 186,265 | 12,080 | |
| | 50 | 180 | 15,115 | 179,435 | 10,032 | 9,471 |
| | | 160 | 15,135 | 179,910 | 8,893 | |
| | | 170 | 15,105 | 179,197 | 9,487 | |
| | 75 | 80 | 15,125 | 179,672 | 4,453 | 8,251 |
| | | 190 | 14,970 | 176,008 | 10,795 | |
| | | 170 | 15,090 | 178,842 | 9,506 | |
| 0,4 | 0 | 110 | 15,470 | 187,962 | 5,852 | 6,698 |
| | | 155 | 14,875 | 173,782 | 8,919 | |
| | | 95 | 15,075 | 178,486 | 5,323 | |
| | 25 | 115 | 14,940 | 175,304 | 6,560 | 6,021 |
| | | 110 | 14,910 | 174,600 | 6,300 | |
| | | 90 | 14,840 | 172,965 | 5,203 | |
| | 50 | 100 | 15,040 | 177,658 | 5,629 | 5,813 |
| | | 135 | 15,588 | 190,828 | 7,074 | |
| | | 85 | 15,115 | 179,435 | 4,737 | |
| | 75 | 90 | 15,403 | 186,326 | 4,830 | 5,384 |
| | | 100 | 15,200 | 181,458 | 5,511 | |
| | | 110 | 15,525 | 189,301 | 5,811 | |



C.III. Pengujian Porositas Beton Non Pasir

| Fas | Agregat Daur Ulang (%) | Berat (gr) | Diameter (cm) | Tinggi (cm) | Volume (cm ³) | Berat Dalam Air (gr) | Berat kering (gr) | Porositas Efektif (%) | | |
|-----|------------------------|------------|---------------|-------------|---------------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|-----------|--------|
| | | | | | | | | Hasil | Rata-rata | |
| 0,3 | 0 | 3140 | 10,180 | 20,363 | 1657,359 | 1854,5 | 2965,85 | 32,945 | 32,869 | |
| | | 3160 | 10,098 | 20,445 | 1637,211 | 1862,5 | 2962,8 | 32,794 | | |
| | 25 | 2820 | 10,078 | 20,233 | 1613,783 | 1643,3 | 2619,96 | 39,480 | 36,492 | |
| | | 2960 | 9,860 | 20,535 | 1567,972 | 1731,5 | 2774,13 | 33,505 | | |
| | 50 | 2900 | 10,063 | 20,440 | 1625,483 | 1654,9 | 2655,16 | 38,464 | 38,149 | |
| | | 2800 | 9,985 | 19,875 | 1556,299 | 1614,6 | 2582,1 | 37,833 | | |
| | 75 | 2780 | 9,960 | 19,930 | 1552,801 | 1584,1 | 2529,67 | 39,106 | 41,305 | |
| | | 2700 | 10,105 | 20,508 | 1644,657 | 1533,9 | 2463,05 | 43,505 | | |
| | 0,4 | 0 | 3120 | 9,933 | 20,408 | 1581,237 | 1824,9 | 2927,84 | 30,248 | 29,826 |
| | | | 3100 | 9,895 | 20,005 | 1538,367 | 1818,3 | 2904,32 | 29,404 | |
| | | 25 | 3080 | 10,173 | 20,140 | 1636,834 | 1769,3 | 2822,76 | 35,640 | 34,931 |
| | | | 3180 | 10,063 | 20,480 | 1628,664 | 1799 | 2870,3 | 34,222 | |
| 50 | | 3240 | 10,075 | 20,480 | 1632,713 | 1818,7 | 2921,09 | 32,481 | 35,167 | |
| | | 3080 | 10,419 | 20,233 | 1724,844 | 1737,6 | 2809,55 | 37,852 | | |
| 75 | | 2700 | 10,010 | 20,563 | 1618,207 | 1509 | 2433,03 | 42,898 | 36,174 | |
| | | 3080 | 10,140 | 20,453 | 1651,628 | 1911,8 | 3077,01 | 29,451 | | |



C.IV. Pengujian Permeabilitas Beton Non Pasir

| Fas | Agregat Daur Ulang (%) | Diameter (mm) | Tinggi (mm) | Luas (mm ²) | Luas Pipa (mm ²) | h ₀ (mm) | h ₁ (mm) | t (detik) | Koefisien Permeabilitas (mm/s) | | |
|-----|------------------------|---------------|-------------|-------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|-----------|--------------------------------|-----------|-------|
| | | | | | | | | | Hasil | Rata-rata | |
| 0,3 | 0 | 101,8 | 203,625 | 8139,270 | 8107,32 | 300 | 200 | 7,900 | 10,410 | 12,084 | |
| | | 100,975 | 204,45 | 8007,881 | 8107,32 | 300 | 200 | 6,100 | 13,758 | | |
| | 25 | 100,775 | 202,325 | 7976,190 | 8107,32 | 300 | 200 | 5,400 | 15,442 | 14,035 | |
| | | 98,6 | 205,35 | 7635,610 | 8107,32 | 300 | 200 | 7,000 | 12,629 | | |
| | 50 | 100,625 | 204,4 | 7952,463 | 8107,32 | 300 | 200 | 5,667 | 14,910 | 13,682 | |
| | | 99,85 | 198,75 | 7830,437 | 8107,32 | 300 | 200 | 6,700 | 12,453 | | |
| | 75 | 99,6 | 199,3 | 7791,275 | 8107,32 | 300 | 200 | 6,200 | 13,562 | 14,423 | |
| | | 101,05 | 205,075 | 8019,781 | 8107,32 | 300 | 200 | 5,500 | 15,283 | | |
| | 0,4 | 0 | 99,325 | 204,075 | 7748,311 | 8107,32 | 300 | 200 | 14,673 | 5,900 | 4,580 |
| | | | 98,95 | 200,05 | 7689,914 | 8107,32 | 300 | 200 | 26,233 | 3,260 | |
| | | 25 | 101,725 | 201,4 | 8127,281 | 8107,32 | 300 | 200 | 45,467 | 1,792 | 1,753 |
| | | | 100,625 | 204,8 | 7952,463 | 8107,32 | 300 | 200 | 49,400 | 1,714 | |
| 50 | | 100,75 | 204,8 | 7972,233 | 8107,32 | 300 | 200 | 24,133 | 3,499 | 3,252 | |
| | | 104,185 | 202,325 | 8525,116 | 8107,32 | 300 | 200 | 25,967 | 3,004 | | |
| 75 | | 100,1 | 205,625 | 7869,697 | 8107,32 | 300 | 200 | 37,967 | 2,262 | 2,229 | |
| | | 101,4 | 204,525 | 8075,433 | 8107,32 | 300 | 200 | 37,900 | 2,197 | | |



D. Output ANOVA dengan Software Minitab Versi 18

D.I. Output ANOVA untuk Kuat Tekan

General Linear Model: Kuat Tekan versus Fas; Agregat Method

| | |
|---------------|-------------|
| Factor coding | (-1; 0; +1) |
|---------------|-------------|

Factor Information

| Factor | Type | Levels | Values |
|---------|-------|--------|---------------|
| Fas | Fixed | 2 | 0,3; 0,4 |
| Agregat | Fixed | 4 | 0; 25; 50; 75 |

Analysis of Variance

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F-Value | P-Value |
|---------|----|---------|---------|---------|---------|
| Fas | 1 | 22,2474 | 22,2474 | 286,04 | 0,000 |
| Agregat | 3 | 2,2464 | 0,7488 | 9,63 | 0,048 |
| Error | 3 | 0,2333 | 0,0778 | | |
| Total | 7 | 24,7271 | | | |

D.II. Output ANOVA untuk Porositas

General Linear Model: porositas versus Fas; Agregat Method

| | |
|---------------|-------------|
| Factor coding | (-1; 0; +1) |
|---------------|-------------|

Factor Information

| Factor | Type | Levels | Values |
|---------|-------|--------|---------------|
| Fas | Fixed | 2 | 0,3; 0,4 |
| Agregat | Fixed | 4 | 0; 25; 50; 75 |

Analysis of Variance

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F-Value | P-Value |
|---------|----|--------|--------|---------|---------|
| Fas | 1 | 20,215 | 20,215 | 18,70 | 0,023 |
| Agregat | 3 | 58,139 | 19,380 | 17,93 | 0,020 |
| Error | 3 | 3,242 | 1,081 | | |
| Total | 7 | 81,596 | | | |



D.III. *Output* ANOVA untuk Permeabilitas

General Linear Model: Permeabilitas versus Fas; Agregat

Method

| | |
|---------------|-------------|
| Factor coding | (-1; 0; +1) |
|---------------|-------------|

Factor Information

| Factor | Type | Levels | Values |
|---------|-------|--------|---------------|
| Fas | Fixed | 2 | 0,3; 0,4 |
| Agregat | Fixed | 4 | 0; 25; 50; 75 |

Analysis of Variance

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F-Value | P-Value |
|---------|----|---------|---------|---------|---------|
| Fas | 1 | 224,827 | 224,827 | 90,02 | 0,002 |
| Agregat | 3 | 0,372 | 0,124 | 0,05 | 0,983 |
| Error | 3 | 7,492 | 2,497 | | |
| Total | 7 | 232,692 | | | |

E. Dokumentasi

E.I. Dokumentasi Alat – Alat Penelitian



Oven



Timbangan dengan ketelitian 0,01



Timbangan dengan ketelitian 0,1



Timbangan kawat



Molen



Kalifer



Cetakan Ukuran 15 x 30



Cetakan Ukuran 10 x 20



**Compression Testing Machine
(CTM) Merek ELE**



Falling Head Permeameter



E.II. Dokumentasi Bahan – Bahan Penelitian



Agregat Alam



Agregat Daur Ulang



Semen



Fly Ash



E.III. Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian



Pelaksanaan Proses *Mixing*



**Pengujian *Slump* Beton Non Pasir
Fas 0,3**



**Pengujian *Slump* Beton Non
Pasir Fas 0,4**



Beton Non Pasir Dalam Cetakan



Proses Curing



Pengujian Kuat Tekan Beton Non Pasir Pada Umur 28 Hari



Pengujian Porositas Beton Non Pasir Pada Umur 28 Hari



**Pengujian Permeabilitas Beton
Non Pasir Pada Umur 28 Hari**