

# PENGARUH AGREGAT LIMBAH GERABAH PADA SUSUT BETON NORMAL DAN BETON *PERVIOUS* DI LINGKUNGAN KERING DAN BASAH

Ina Murwani Prasetyaningrum<sup>(1)</sup>, Sholihin As'ad<sup>(2)</sup>, Sunarmasto<sup>(3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

<sup>2), 3)</sup> Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: inaprasetyaningrum@ymail.com

## Abstract

*This experiment aims to observe the influence of burned clay waste aggregate on shrinkage of normal concrete and pervious concrete in dry and wet environments. Forty four samples contain various burned coarse aggregate of 25%, 50%, 75%, and 100%. And 16 samples without burned clay as reference are tested. Then, determine the influence of water environment on the concrete shrinkage. Verification on compressive strength design and pervious concrete permeability are also conducted. The shrinkage is tested using demountable mechanical strain gauge for 91 days. On normal concrete and pervious concrete in dry environments, the more burned clay aggregates were used, the more shrinkage was recorded. Shrinkage curve of both types of concrete in dry environments showed proportionally increasing. On normal concrete and pervious concrete in wet environments, the more burned clay aggregates were used, lesser shrinkage was recorded. Shrinkage curve of both types of concrete in wet environments showed proportionally decreasing. In wet environments, concretes swelled and shrank less than concretes in dry environments. In dry conditions, the water in concrete pores evaporated and caused the concrete shrinkage. In wet conditions, the water filled concrete pores and caused the concrete swelling.*

**Keywords:** Burned clay waste, normal concrete, pervious concrete, shrinkage.

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi kadar agregat limbah gerabah dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dari agregat kasar batu pecah terhadap susut beton normal dan *pervious concrete* di lingkungan kering dan basah, dan mengetahui pengaruh lingkungan air pada proses susut beton. Sebelum pengujian susut dilakukan, perlu dilakukan uji verifikasi kuat tekan beton normal, serta permeabilitas dan kuat tekan *pervious concrete* untuk memastikan apakah rancang campur telah sesuai dengan prakteknya. Pengujian susut dilakukan menggunakan *demountable mechanical strain gauge* selama 91 hari pada 60 benda uji. Pada beton normal dan *pervious concrete* di lingkungan kering, makin banyak kadar agregat gerabah, makin besar susut yang terjadi. Grafik perbandingan nilai susut pada setiap beton dengan penggunaan gerabah di lingkungan kering menunjukkan hubungan linier naik. Pada beton normal dan *pervious concrete* di lingkungan basah, makin banyak kadar agregat gerabah, makin kecil susut yang terjadi. Grafik perbandingan nilai susut pada setiap beton dengan penggunaan gerabah di lingkungan basah menunjukkan hubungan linier turun. Pada lingkungan basah, beton cenderung mengalami pengembangan dan susut yang terjadi jauh lebih sedikit dibandingkan pada beton di lingkungan kering. Pada kondisi kering, air pada pori-pori beton menguap sehingga beton menyusut. Pada kondisi basah, air cenderung mengisi pori-pori beton sehingga beton mengembang.

**Kata Kunci :** Limbah gerabah, beton normal, beton *pervious*, susut.

## PENDAHULUAN

Perkerasan jalan dari beton yang banyak diaplikasikan dapat menahan beban berat namun tidak dapat meloloskan air ke dalam tanah. Genangan air akan terjadi bila kemiringan elevasi perkerasan tidak terpenuhi kemudian air tidak dapat menembus lapisan dan dialirkan menuju saluran drainase. *Pervious concrete* adalah beton yang dibuat dengan sedikit atau tanpa agregat halus (pasir). Hal ini membentuk beton dengan pori yang lebih banyak. Sifat *pervious concrete* yang memiliki porositas tinggi menyebabkan air dapat melewati beton, sehingga dapat mengurangi *run off* dan dapat mengisi kembali air tanah (ACI, 2010). Namun *pervious concrete* hanya dapat diterapkan pada jalan dengan beban lalu lintas yang rendah.

*Pervious concrete* tidak menggunakan atau sedikit menggunakan pasir sehingga pori-pori beton makin banyak dan membuat beton dapat dilalui air, namun akibatnya kuat tekan, kuat lentur, dan kuat tarik belah menjadi lebih kecil dibandingkan beton normal. Semen yang dibutuhkan *pervious concrete* menjadi lebih sedikit sehingga nilai susut yang terjadi lebih kecil dibanding beton normal. Diharapkan *pervious concrete* dapat diaplikasikan sebagai perkerasan jalan dengan beban rendah untuk mengurangi kemungkinan terjadinya genangan air maupun banjir dan membantu mengisi cadangan air pada tanah. Penggunaan limbah gerabah diharapkan dapat meningkatkan sifat permeabilitas *pervious concrete*. Selain itu, diharapkan pula limbah gerabah dapat dimanfaatkan sebagai agregat kasar pada beton normal dan *pervious concrete*.

## TAHAPAN PENELITIAN

Sebelum memulai penelitian, dipersiapkan alat dan bahan, kemudian dilakukan pengujian bahan dasar. Apabila bahan telah memenuhi syarat, dilakukan perhitungan *mix design* beton normal dengan target kuat tekan 20 MPa

dan *pervious concrete* dengan faktor air semen 0,35 dan faktor agregat semen 0,4. Melakukan uji *slump*. Benda uji verifikasi dan uji sekunder beton berupa 15 benda uji kuat tekan beton normal, 15 benda uji permeabilitas *pervious concrete*, 15 benda uji kuat tekan *pervious concrete*, dan 60 benda uji susut beton normal dan *pervious concrete*. Perawatan benda uji dilakukan pada seluruh benda uji kecuali benda uji susut. Melakukan pengujian verifikasi dan pengujian sekunder. Melakukan uji susut dari umur beton 1 hari hingga 91 hari. Melakukan analisis data hasil pengujian untuk mendapatkan kesimpulan hubungan antara variabel-variabel yang diteliti dalam penelitian. Terakhir, melakukan pengambilan kesimpulan dari hasil analisis pengujian.

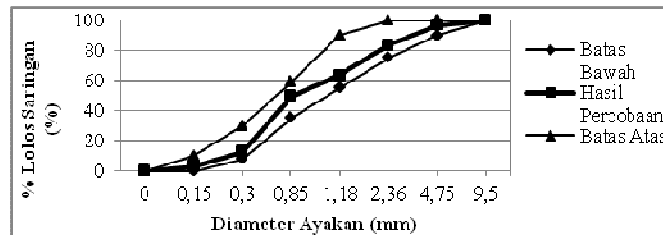
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Bahan Dasar

Bahan dasar yang diuji adalah pasir, batu pecah, dan gerabah. Semen yang digunakan adalah PCC dan tidak dilakukan pengujian untuk semen tersebut.

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat Halus

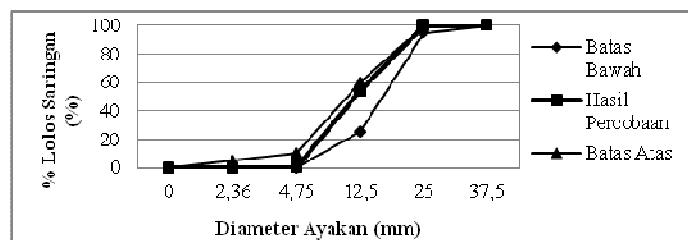
| Jenis Pengujian                  | Hasil Pengujian         | Standar   | Kesimpulan      |
|----------------------------------|-------------------------|-----------|-----------------|
| Kandungan Zat Organik            | Kuning muda             | Kuning    | Memenuhi syarat |
| Kandungan Lumpur                 | 1 %                     | Maks. 5%  | Memenuhi syarat |
| <i>Bulk Specific Gravity</i>     | 2,54 gr/cm <sup>3</sup> | -         | -               |
| <i>Bulk Specific SSD</i>         | 2,56 gr/cm <sup>3</sup> | 2,5 – 2,7 | Memenuhi syarat |
| <i>Apparent Specific Gravity</i> | 2,61 gr/cm <sup>3</sup> | -         | -               |
| <i>Absorbition</i>               | 1,01 %                  | -         | -               |
| Modulus Halus                    | 2,92                    | 2,3 -3,1  | Memenuhi syarat |



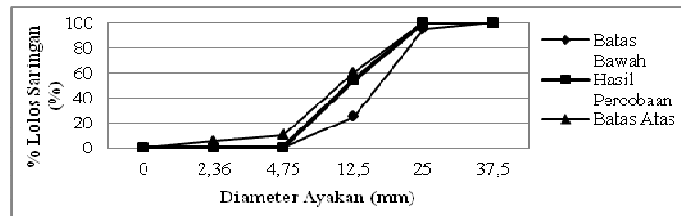
Gambar 1. Gradasi Agregat Halus

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Kasar Batu Pecah dan Gerabah

| Jenis Pengujian                    | Hasil Pengujian pada Batu Pecah | Hasil Pengujian pada Gerabah | Standar   | Kesimpulan      |
|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-----------|-----------------|
| Abrasi                             | 45,2                            | 49,4                         | Maks. 50% | Memenuhi syarat |
| Kandungan Lumpur                   | 2 %                             | 3 %                          | Maks. 5%  | Memenuhi syarat |
| <i>Bulk Specific Gravity</i>       | 2,49 gr/cm <sup>3</sup>         | 2,22 gr/cm <sup>3</sup>      | -         | -               |
| <i>Bulk Specific SSD</i>           | 2,53 gr/cm <sup>3</sup>         | 2,50 gr/cm <sup>3</sup>      | 2,5 – 2,7 | Memenuhi syarat |
| <i>Apparent Specific Gravity</i>   | 2,59 gr/cm <sup>3</sup>         | 3,09 gr/cm <sup>3</sup>      | -         | -               |
| Modulus Halus                      | 7,31                            | 7,39                         | 5 - 8     | Memenuhi syarat |
| <i>Absorbition</i>                 | 1,5 %                           | 12,67 %                      | -         | -               |
| Absorpsi Batu Pecah Dilapisi Semen | 0,17%                           | 6,67%                        | -         | -               |
| Porositas                          | 3,73 %                          | 28,15 %                      | -         | -               |



Gambar 2. Gradasi Agregat Kasar Batu Pecah



Gambar 3. Grafik Gradasi Agregat Kasar Gerabah

### Rancang Campur Beton Normal dan *Pervious Concrete*

Rancang campur beton normal menggunakan metode SNI.T-15-1990-03. Berikut adalah hasil rancang campur beton normal tiap 1 m<sup>3</sup>. Rancang campur beton normal menggunakan perbandingan volume dengan void ratio sebesar 20%. Berikut adalah hasil rancang campur *pervious concrete* tiap 1 m<sup>3</sup>.

Tabel 3. Rancang Campur Tiap 1 m<sup>3</sup> Beton Normal dan *Pervious Concrete*

| Jenis Beton              | Variasi Kadar Gerabah | Semen (kg) | Air (liter) | Agregat Kasar Batu Pecah (kg) | Agregat Kasar Gerabah (kg) | Agregat Halus (kg) | Berat Beton (kg) |
|--------------------------|-----------------------|------------|-------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------|------------------|
| Beton Normal             | 0%                    | 416,667    | 255         | 945,586                       | 0                          | 696,748            | 2284             |
|                          | 25%                   | 416,667    | 255         | 709,146                       | 236,382                    | 696,705            | 2283,9           |
|                          | 50%                   | 416,667    | 255         | 472,678                       | 472,678                    | 696,578            | 2283,6           |
|                          | 75%                   | 416,667    | 255         | 236,281                       | 708,844                    | 696,408            | 2283,2           |
|                          | 100%                  | 416,667    | 255         | 0                             | 944,434                    | 695,899            | 2282             |
| <i>Pervious Concrete</i> | 0%                    | 355,495    | 124,423     | 1421,980                      | 0                          | 0                  | 1901,898         |
|                          | 25%                   | 353,915    | 124,220     | 1067,219                      | 352,464                    | 0                  | 1898,818         |
|                          | 50%                   | 354,337    | 124,018     | 711,967                       | 705,411                    | 0                  | 1895,733         |
|                          | 75%                   | 353,761    | 123,816     | 356,226                       | 1058,839                   | 0                  | 1892,642         |
|                          | 100%                  | 353,186    | 123,615     | 0                             | 1412,745                   | 0                  | 1889,547         |

### Hasil Uji *Slump*

Beton normal telah memenuhi target *slump* untuk perkerasan jalan menurut ACI yaitu 7,62-2,54 cm. *Pervious concrete* tidak memiliki nilai *slump*.

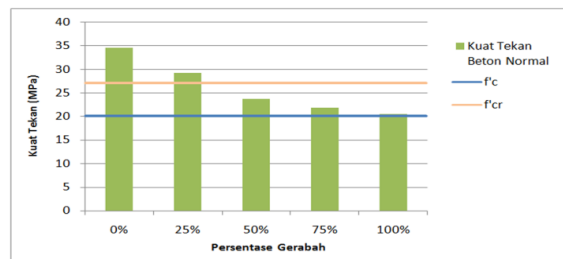
Tabel 4. Hasil Pengujian *Slump* Beton Normal dan *Pervious Concrete*

| Kode Benda Uji | Variasi Agregat Kasar Gerabah | Nilai <i>Slump</i> Beton Normal (cm) | Nilai <i>Slump Pervious Concrete</i> (cm) |
|----------------|-------------------------------|--------------------------------------|---|
| N-0            | 0%                            | 7,5                                  | 0   |
| N-25           | 25%                           | 7,3                                  | 0   |
| N-50           | 50%                           | 7                                    | 0   |
| N-75           | 75%                           | 6,4                                  | 0   |
| N-100          | 100%                          | 6,1                                  | 0   |

### Analisa Data Hasil Perhitungan

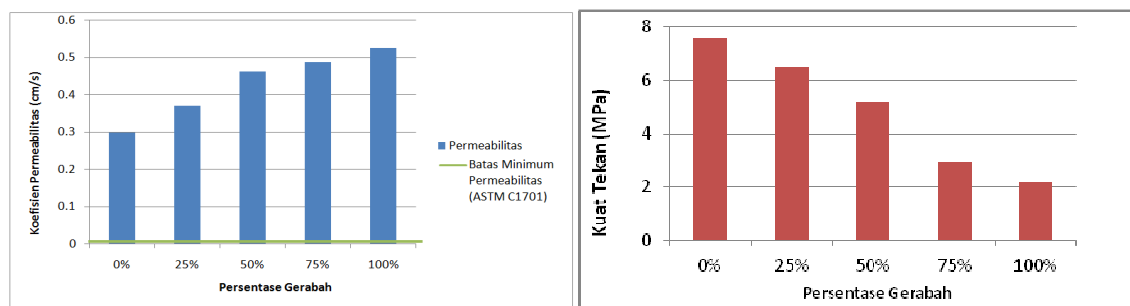
#### Pengujian Kuat Tekan Beton Normal, Permeabilitas *Pervious Concrete* dan Kuat Tekan *Pervious Concrete*

Kuat tekan ( $f'c$ ) 28 hari yang dituju adalah 20 MPa. Makin banyak persentase gerabah, makin kecil kuat tekannya. Persentase gerabah 0% dan 25% memiliki kuat tekan lebih besar dari 27 MPa, selain itu kuat tekannya di bawah 27 MPa namun lebih dari 20 MPa. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa hasil hitungan dan praktek sudah sesuai dengan kuat tekan yang diharapkan. Menurut Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen tahun 2002, kekuatan beton sebagai perkerasan dinyatakan dalam nilai kuat lentur umur 28 hari yang besarnya sekitar 3 MPa-5 MPa. Bila dikonversikan, kuat tekan betonnya adalah 16 MPa-44,44 MPa. Dari data yang ada, beton normal dengan 100% (20,4 MPa) dapat digunakan sebagai perkerasan jalan.



Gambar 4. Hasil Uji Verifikasi Kuat Tekan Beton Normal

Makin besar persentase gerabah, makin besar koefisien permeabilitasnya. Seluruh nilai koefisien permeabilitas melebihi batas minimum yang ditetapkan ASTM C1701 yaitu 0,005644 cm/s. Kuat tekan makin menurun dengan makin meningkatnya persentase gerabah pada *pervious concrete*. Data kuat tekan yang sangat rendah menunjukkan *pervious concrete* tidak dapat digunakan pada daerah dengan beban lalu lintas yang berat. Kuat tekan yang rendah diakibatkan oleh banyaknya pori-pori beton sehingga area yang dapat menerima beban beton jauh lebih sedikit bila dibandingkan dengan beton normal.



Gambar 5. Hasil Uji Permeabilitas dan Kuat Tekan *Pervious Concrete*

### Pengujian Susut

Salah satu faktor yang mempengaruhi nilai susut adalah suhu dan kelembaban udara. Suhu dan kelembaban udara pada penelitian ini tidak konstan. Pada awal pengujian sering terjadi hujan sehingga suhu menurun, kelembaban udara makin besar dan nilai susut mengalami penurunan. Penggunaan pasir pada beton normal menyebabkan semen dan air yang digunakan untuk membentuk beton lebih banyak dari pada *pervious concrete*. Hal tersebut menyebabkan susut pada *pervious concrete* lebih kecil dibandingkan pada beton normal pada lingkungan kering. Pada lingkungan basah, beton normal dapat mengembang lebih banyak dari pada *pervious concrete*. Hal tersebut membuktikan bahwa semen merupakan penyumbang utama susut pada beton.

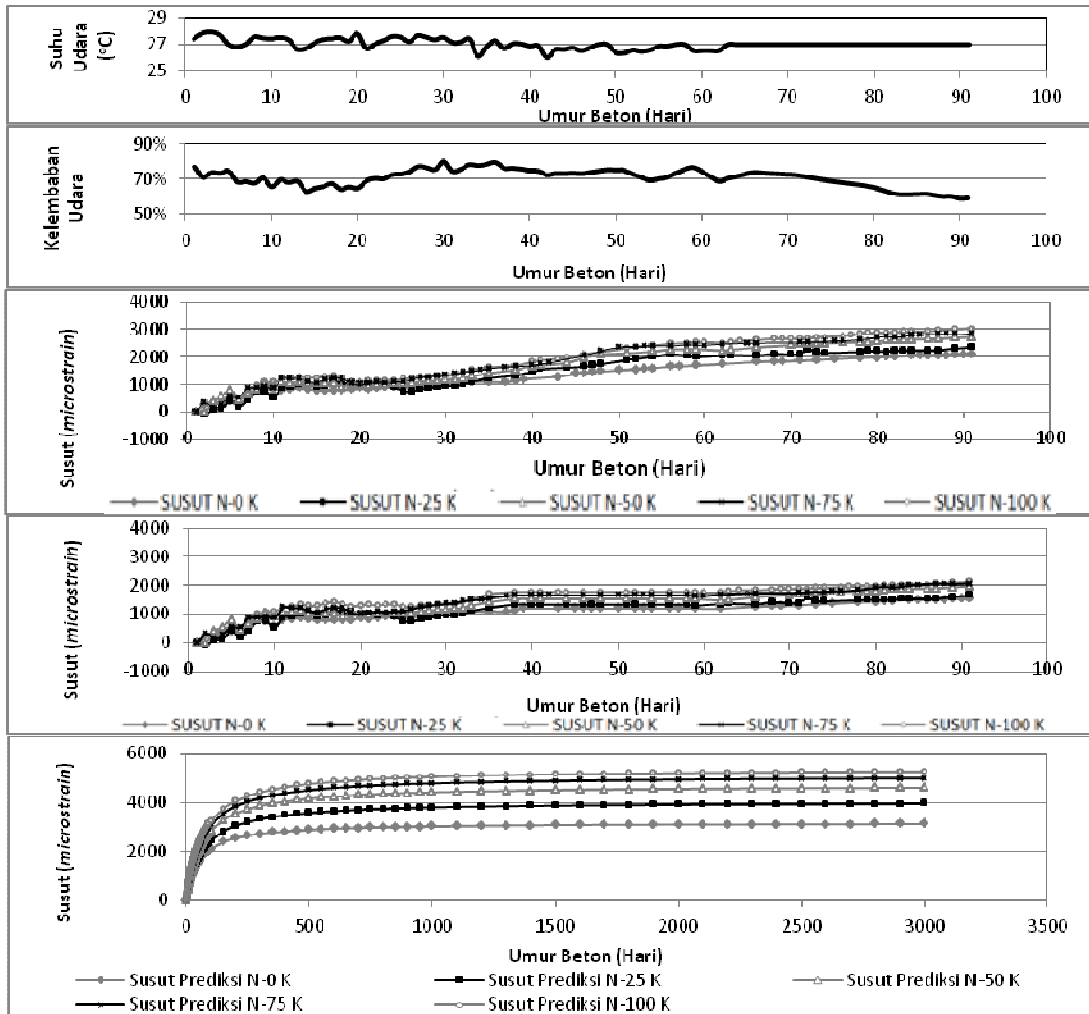
Nilai susut pada lingkungan kering makin tinggi seiring dengan makin banyaknya agregat gerabah. Namun pada lingkungan basah, nilai susut makin menurun semakin banyak agregat gerabah digunakan. Kondisi tersebut terjadi karena gerabah memiliki pori-pori yang sangat banyak. Nilai absorpsi agregat gerabah jauh lebih besar dibandingkan dengan agregat batu pecah walaupun agregat telah diselubungi semen menyebabkan peresapan air lebih cepat pada lingkungan basah. Pada lingkungan kering, penguapan air beton dengan gerabah lebih cepat dibandingkan pada beton tanpa gerabah karena sesuai dengan mekanisme susut, air pada pori-pori besar lebih dahulu mengalami penguapan dibandingkan yang kecil. Berikut adalah pengaruh variasi kadar gerabah pada beton normal dan *pervious concrete* pada lingkungan kering dan basah.

Pada sekitar hari ke 40 terjadi kenaikan tajam nilai susut. Dilakukan koreksi susut dengan mangkonstantkan segmen grafik susut yang mengalami kenaikan tajam. Setelah itu melanjutkan grafik susut dengan data apa adanya sehingga dapat diperoleh grafik susut apabila faktor susut pada segmen tersebut tidak terjadi. Berikut adalah grafik koreksi terhadap nilai susut di sekitar umur beton 40 hari.

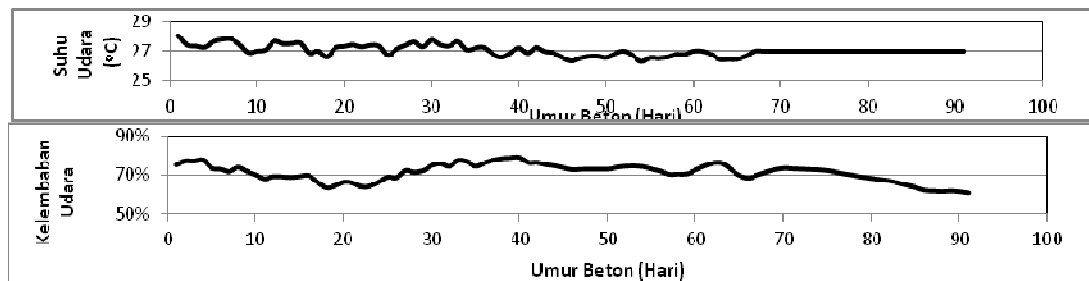
*Ultimate shrinkage* dihitung berdasarkan data susut aktual 28 hari lalu dimasukkan pada rumus ACI 209. Prediksi susut dengan paruh waktu susut 35 (sesuai dengan ACI 209) menghasilkan nilai koefisien kesalahan yang besar. Untuk meminimalkan koefisien kesalahan diperlukan *trial* paruh waktu susut sehingga menghasilkan rumus modifikasi dari ACI 209. Persamaan tersebut tidak dapat digunakan untuk memprediksi susut pada lingkungan basah karena faktor kesalahan yang tinggi. Oleh karena itu, hanya dilakukan prediksi susut pada lingkungan kering.

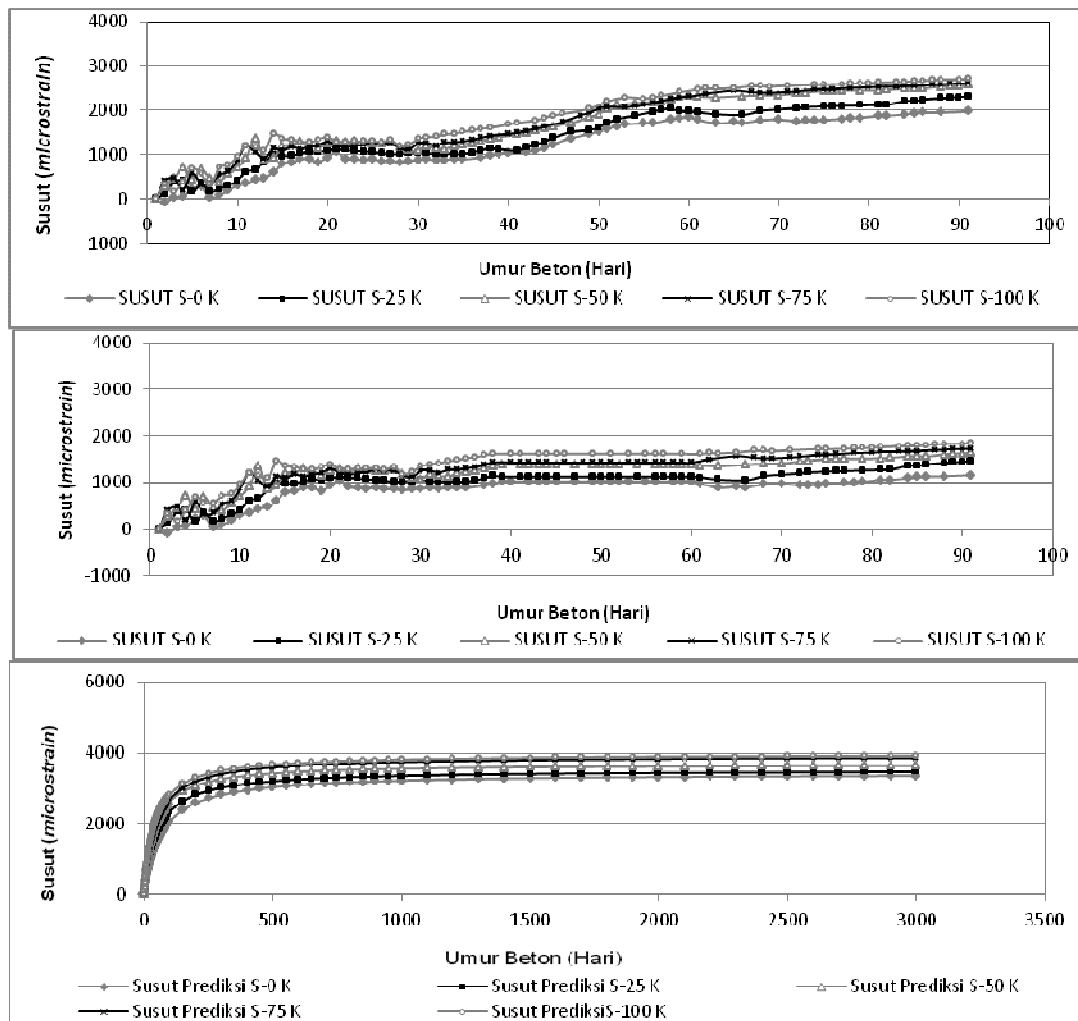
Tabel 5. Nilai Paruh Waktu Susut Beton Normal dan *Pervious Concrete* di Lingkungan Kering dengan  $M$  yang Paling Rendah

| Kode Benda Uji | Paruh Waktu Susut | Ultimate Shrinkage | $M$ |
|----------------|-------------------|--------------------|-----|
| N-0 K          | 50                | 3179               | 68% |
| N-25 K         | 65                | 4047               | 81% |
| N-50 K         | 65                | 4707               | 86% |
| N-75 K         | 65                | 5099               | 80% |
| N-100 K        | 65                | 5378               | 78% |
| S-0 K          | 65                | 3429               | 81% |
| S-25 K         | 50                | 3525               | 90% |
| S-50 K         | 40                | 3700               | 85% |
| S-75 K         | 45                | 3922               | 72% |
| S-100K         | 40                | 3969               | 70% |

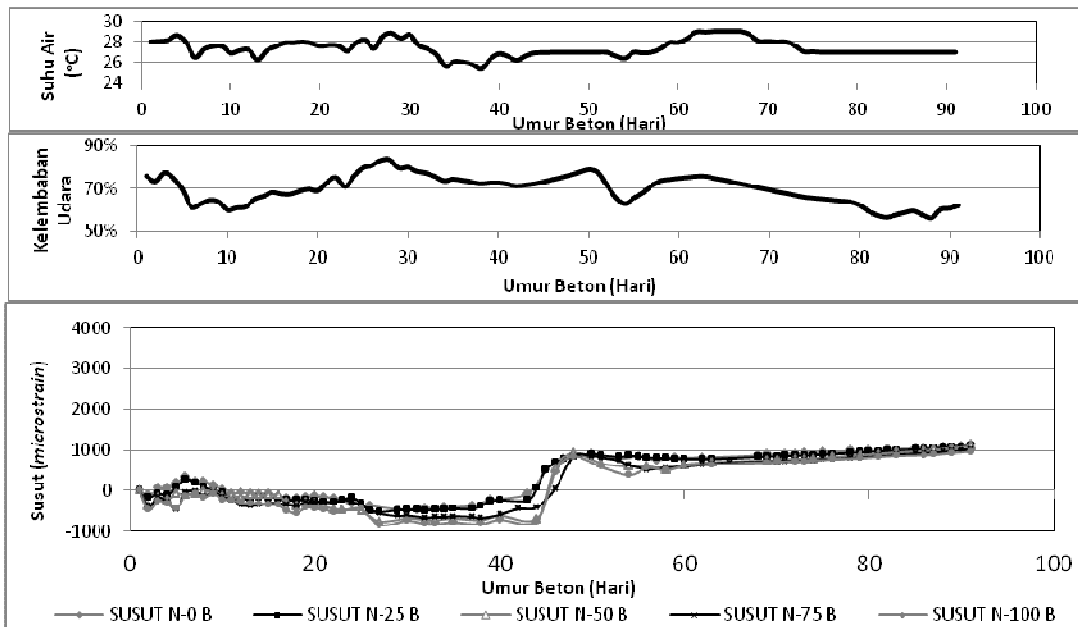


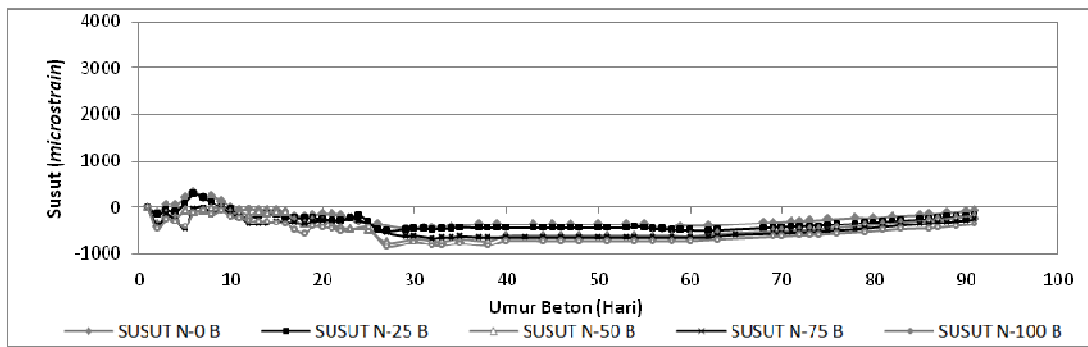
Gambar 6. Suhu Udara Rerata, Kelembaban Udara Rerata, Susut, Revisi Susut, dan Prediksi Susut Beton Normal pada Lingkungan Kering



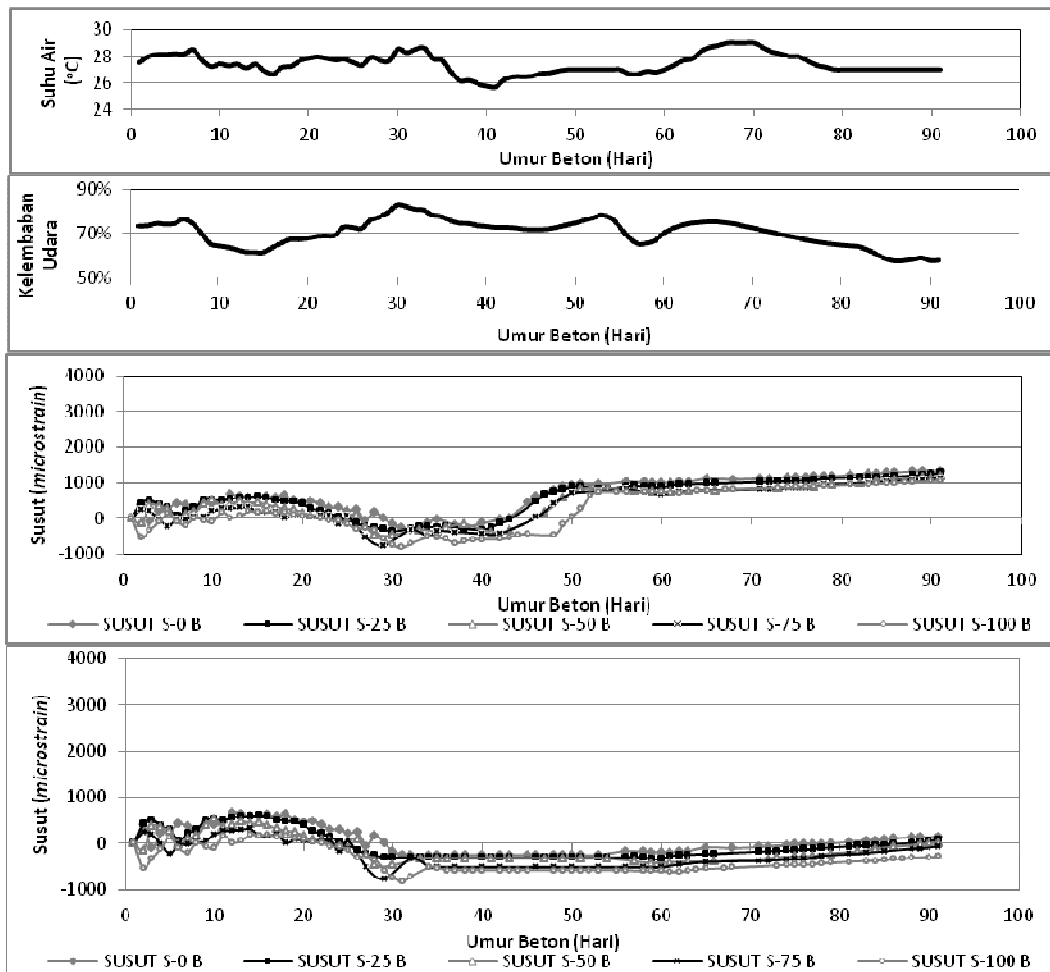


Gambar 7. Suhu Udara Rerata, Kelembaban Udara Rerata, Susut, Revisi Susut, dan Prediksi Susut *Pervious Concrete* pada Lingkungan Kering





Gambar 8. Suhu Udara Rerata, Kelembaban Udara Rerata, Susut, dan Revisi Susut Beton Normal pada Lingkungan Basah



Gambar 9. Suhu Udara Rerata, Kelembaban Udara Rerata, Susut, dan Revisi Susut *Pervious Concrete* pada Lingkungan Basah

## SIMPULAN

Berdasarkan seluruh pengujian, analisis data, dan pembahasan pada bab 4, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Pada beton normal di lingkungan kering, makin banyak kadar agregat gerabah makin besar susut yang terjadi. Grafik perbandingan nilai susut pada hari ke-91 menunjukkan hubungan linier naik hingga susut maksimum pada kadar 100% yaitu 2127,833  $\mu\text{m}$ . Limbah gerabah mempengaruhi beton hingga 36,57%.
- Pada *pervious concrete* di lingkungan kering, makin banyak kadar agregat gerabah makin besar susut yang terjadi. Grafik perbandingan nilai susut pada hari ke-91 menunjukkan hubungan linier naik hingga susut maksimum pada kadar 100% yaitu 1844,337  $\mu\text{m}$ . Limbah gerabah mempengaruhi beton hingga 58,83%.

- c. Pada beton normal di lingkungan basah, makin banyak kadar agregat gerabah makin kecil susut yang terjadi. Beton ini cenderung mengalami *swelling*. Grafik perbandingan nilai susut pada hari ke-91 menunjukkan hubungan linier turun hingga susut minimum pada kadar 100% yaitu -364,837  $\mu\text{m}$ . Limbah gerabah mempengaruhi beton hingga 333,64%.
- d. Pada *pervious concrete* di lingkungan basah, makin banyak kadar agregat gerabah makin kecil susut yang terjadi. Beton ini juga cenderung mengalami *swelling*. Grafik perbandingan nilai susut pada hari ke-91 menunjukkan hubungan linier turun hingga susut minimum pada kadar 100% yaitu -286,367  $\mu\text{m}$ . Limbah gerabah mempengaruhi beton hingga 294,41%.
- e. Pada lingkungan basah, beton cenderung mengalami *swelling* dan susut yang terjadi jauh lebih sedikit dibandingkan pada beton di lingkungan kering. Hal tersebut terjadi karena pada kondisi kering, air pada pori-pori beton terus mengalami penguapan sehingga beton menyusut. Pada kondisi basah, air cenderung mengisi pori-pori beton yang kosong sehingga beton mengembang (*swelling*).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Dr. Tech. Ir. Sholihin As'ad, MT dan Ir. Sunarmasto, MT yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

## REFERENSI

- ACI Commite 209. 1992. *Prediction of Creep, Shrinkage, and Temperature Effect in Concrete Structures*, Report No. 209R-92, American Concrete Institute, Farmington Hills.
- ACI Commite 522. 2010. *Report on Pervious Concrete*, Report No. 522R-10, American Concrete Institute, Farmington Hills.
- American Society for Testing Materials C 157. 2008. *Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic Cement Mortar and Concrete*, ASTM International, United States.
- American Society for Testing Materials C 1688. 2008. *Standard Test Method for Density and Void Content of Freshly Mixed Pervious Concrete*, ASTM International, United States.
- Aoki, Yukari. 2009. *Development of Pervious Concrete*, University of Technology, Faculty of Engineering and Information Technology, Sydney.
- Cement Concrete Aggregates Australia. 2002. *Drying Shrinkage of Cement and Concrete*, CCAA, Sydney.
- Daryanto Ari Prabowo. 2013. *Desain Beton Berpori untuk Perkerasan Jalan yang Ramah Lingkungan*. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Dayu Prasajo. 2012. *Pengaruh Kadar Daur Ulang Genteng Tanah Liat Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Nilai Susut Kering Beton*. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Grace & Co.-Conn. 2006. *Pervious Concrete Mix Proportioning. Technical Bulletin TB – 0111*, Grace Construction Product, Cambridge.
- Istimawan Dipohusodo. 1994, *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Manoj, Chopra, Marty Wanielista, Ann Marie Mulligan. 2007. *Compressive Strength of Pervious Concrete Pavements*, University of Central Florida, Orlando.
- Standar Nasional Indonesia 7275:2008. 2008. *Keramik Berglasir – Tableware- Alat Makan dan Minum*. BSN, Jakarta.
- Tennis, D. Paul, Michael L. Leming, and David J. Akers. 2004. *Pervious Concrete Pavements*. Portland Cement Association, Illinois.
- Tri Mulyono. 2003. *Teknologi Beton*, Penerbit Andi, Yogyakarta.