

PEMANFAATAN AIR LIMBAH PRODUKSI BETON *READY-MIX* SEBAGAI BAHAN CAMPURAN UNTUK PEMBUATAN BETON BARU

Slamet Widodo¹

ABSTRACT

Production of large amounts of waste wash water coming from ready-mixed concrete plants leads to problems of environmental impact. Well developed countries usually prohibit the disposal of such types of water, due to their extremely high pH value and suspended matter amount, and require the water to be treated prior to discharge. prEN 1008 and ASTM C94 provide for recycling waste water in the production of new concrete, but gives some restrictions for its composition and use. In this paper, the use of waste washes water (coming from a medium-size ready-mixed concrete plant) in mixing water for concrete has been investigated, especially the effects on some mechanical and physical properties. The waste wash water used as partial replacement (0%, 25%, 50%, 75%, and 100% by volume) of the total water content. The experimental tests conducted on the 7-day and 28-day of compressive strength, water absorption, and the coefficient of sorptivity. The results have shown that some variants of concrete prepared with recycled water exhibit better 28-day compressive strength compared to the reference materials. The use of wash water in concrete leads to a reduction of the water absorption and concrete sorptivity, which surely improves the durability of the material. The optimal use of waste wash water is 25% by total volume of the water content. This effect can be ascribed to the filling action of the fines present in the wash water and to the slight reduction of the actual water/cement ratio.

Keywords: Waste Wash Water, Compressive Strength, Water Absorption, Sorptivity

PENDAHULUAN

Pelestarian lingkungan telah berkembang menjadi isu global yang menjadi perhatian dunia. Pemanasan global, pencemaran udara, air, dan tanah, serta jaminan ketersediaan sumber daya alam secara berkelanjutan, termasuk cara penanggulangan krisis energi dan air, merupakan isu sentral yang terus diupayakan untuk mendapatkan solusi nyata dari berbagai bidang industri, demikian halnya industri jasa konstruksi.

Green Concrete Technology merupakan area riset yang terus dikembangkan secara intensif di kalangan peneliti dalam bidang teknologi beton. Teknologi beton ramah lingkungan ini memiliki tujuan untuk memberikan kontribusi secara nyata dalam menjaga kelestarian lingkungan melalui berbagai riset untuk menghemat konsumsi energi maupun sumber daya alam, yang terkait dengan proses produksi beton dari hilir sampai ke hulu. Berbagai jenis limbah yang dihasilkan dari kegiatan industri telah dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah beton, seperti *fly ash*, *ground granulated blast furnace slag*, dan *silica fume*.

Hal lain yang cukup menarik untuk diamati adalah adanya air limbah dari proses produksi beton berjumlah cukup besar dalam proses produksi beton. Fenomena ini dapat dilihat secara jelas pada *batching plant* berkapasitas besar, misalnya industri beton pracetak maupun *ready-mix*. Limbah ini berasal dari pencucian *mixer* setelah

¹ Dosen Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan FT UNY

produksi beton di pabrik maupun limbah pencucian *truck-mixer* setelah mendistribusikan beton dari *batching plant ready-mix concrete* ke lokasi konstruksi.

Menurut Sandrolini dan Franzoni (2001), selama proses produksi 9 m³ beton segar akan dihasilkan 700 sampai 1300 liter air limbah. Apabila air limbah ini dibuang secara langsung, maka akan ditemukan beberapa resiko yang cukup besar, diantaranya: 1) jika dibuang melalui saluran air, akan menyebabkan terjadinya sedimentasi yang dapat mengeras di dasar saluran, 2) apabila dibuang ke tanah, maka akan merembes dan menurunkan kesuburan tanah di sekitarnya. Sebaliknya, jika air limbah dari proses produksi beton dapat dimanfaatkan kembali maka akan diperoleh keuntungan ganda yaitu: 1) mengurangi resiko pencemaran lingkungan, dan 2) memberikan sumbangan untuk menghemat konsumsi air bersih guna mengatasi ancaman krisis air.

Kualitas air akan sangat berpengaruh terhadap kualitas dan durabilitas beton yang dihasilkan. Pemanfaatan air limbah produksi beton yang mengandung kotoran berupa sisa air semen dari hasil pencucian *concrete mixer* dan *truck mixer* di pabrik beton ready-mix juga akan mempengaruhi kualitas dan durabilitas beton yang dihasilkan.

Kotoran yang terkandung dalam air limbah dari proses produksi beton mengandung semen, sehingga apabila dicampurkan dalam produksi beton yang baru akan berpotensi untuk dapat mengeras dan mengisi pori-pori dalam beton dan berfungsi sebagai *filler*. Dengan demikian, diharapkan beton yang dihasilkan dengan mencampurkan sebagian ataupun menggunakan air limbah secara keseluruhan masih memungkinkan untuk dapat mencapai kuat tekan minimal yang dipersyaratkan dalam prEN 1008 maupun ASTM C94. Selain itu diharapkan nilai serapan air dan laju penyerapan kapiler beton keras juga tidak jauh berbeda dengan beton yang dibuat dengan air bersih, sehingga keawetan beton juga masih memenuhi syarat yang ditetapkan untuk beton struktural.

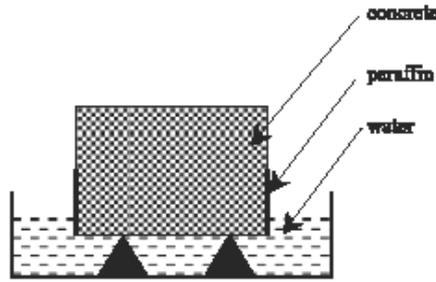
Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dikaji pemanfaatan air limbah produksi beton dari industri beton *ready-mix concrete*, untuk memproduksi beton segar yang baru. Sebelum dikembangkan lebih lanjut, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui efek pencampuran air limbah produksi beton terhadap sifat fisik, mekanik dan durabilitas beton. Dalam penelitian ini akan dilakukan studi terkait dengan pengaruh pencampuran air limbah dari proses produksi beton terhadap kuat tekan, serapan air, dan sorptivitas beton.

BAHAN DAN METODE

Sesuai dengan tujuannya, maka penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental. Bahan-bahan yang digunakan meliputi: (a) semen tipe I, (b) agregat kasar berupa batu pecah dengan diameter maksimum 19 mm, (c) agregat halus alami, (d) air bersih diperoleh dari Laboratorium Bahan Bangunan FT UNY, dan (e) air limbah dari proses produksi beton diperoleh dari penampungan air limbah di PT Jaya Readymix, Yogyakarta. Adapun peralatan yang digunakan terdiri dari: (a) *compression testing machine*, (b) *slump test apparatus*, (c) Timbangan, (d) *Timer/stopwatch*.

Pengujian kuat tekan beton akan dilaksanakan saat beton berumur 7, dan 28 hari, yang dilaksanakan berdasarkan SNI 03-1974-1990. Setiap data kuat tekan beton diperoleh melalui pengujian 3 buah silinder beton.

Pengujian serapan air dan sorptivitas dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Pengujian serapan air dilaksanakan dengan acuan ASTM C-127-68, sedangkan pengujian sorptivitas yang dilakukan untuk mengukur laju penyerapan zat cair ke dalam beton, dilaksanakan berdasarkan ASTM C-1585, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar di bawah ini.



Gambar 1. Metode Pengujian Sorptivitas

Nilai sorptivitas beton dihitung dengan Persamaan sebagai berikut:

$$\frac{Q}{A} = k\sqrt{t} \quad (1)$$

- Dimana :
- Q = Jumlah air yang diserap (cm³)
 - A = Luas sisi yang mengalami kontak dengan air (cm²)
 - t = Waktu (detik)
 - k = Koefisien sorptivitas (cm/detik^{1/2})

Pengukuran dilakukan pada interval waktu; 1, 4, 9, 16 25, 36, 49, dan 64 menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Kimiawi dan Sifat Fisik Air limbah dari Proses Produksi Beton

Pengujian air limbah dari proses produksi beton dalam penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia BTKL (Balai Teknologi dan Kesehatan Lingkungan). Hasil pengujian air limbah dari proses produksi beton dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Hasil Pengujian Kandungan Kimia Air limbah dari Proses Produksi Beton

No.	Parameter	Hasil Pengujian	Batasan prEN 1008	Batasan ASTM C94
1.	Cl ⁻	39 mg/l	600 mg/l (beton prategang) 1200 mg/l (beton bertulang)	400 mg/l (beton prategang) 1200 mg/l (beton bertulang)
2.	SO ₄ ²⁻	167 mg/l	2000 mg/l	3000 mg/l
3.	Sedimen	56 ml/l	4 cc dari 80 cc sample air	50000 mg/l

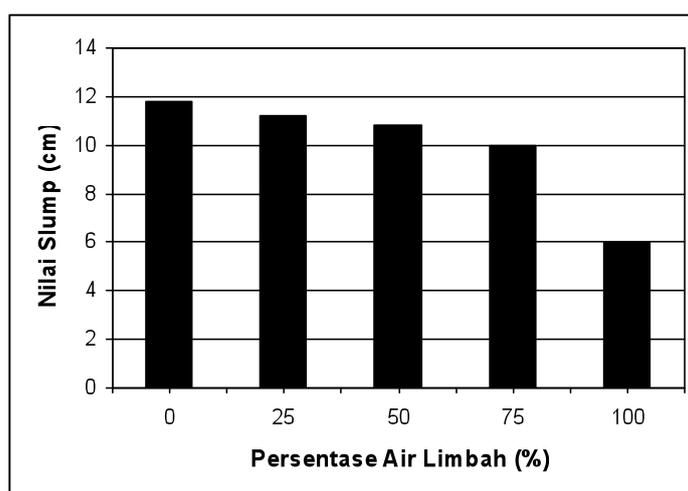
Berdasarkan hasil pengujian kandungan kimia yang dilakukan di Laboratorium Kimia BTKL (Balai Teknologi dan Kesehatan Lingkungan) Yogyakarta, air limbah dari proses produksi beton memiliki kandungan Cl⁻ sebesar 39 mg/l, SO₄²⁻ sebesar 167 mg/l, dan kandungan zat padat endapan sebesar 56 ml/l. Dari hasil pengujian kandungan kimia tersebut dapat diketahui bahwa air limbah dari proses produksi beton masih dapat digunakan sebagai bahan penyusun beton karena kandungan kimia dalam air limbah dari proses produksi beton masih memenuhi batasan yang disyaratkan dalam prEN 1008 dan ASTM C94.

Keleccakan Beton Segar

Keleccakan beton segar diketahui melalui hasil uji *slump* dari beton segar yang dihasilkan. Tingkat keleccakan ini berpengaruh terhadap sifat kemudahan pengerjaan (*workability*) beton tersebut. Hasil uji *slump* tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Hasil Pengujian Nilai *Slump*

No.	Variasi penggunaan air limbah dari proses produksi beton (%)	Nilai <i>slump</i> (cm)
1	0	11,8
2	25	11,2
3	50	10,8
4	75	10,0
5	100	6,0



Gambar 2. Grafik Hubungan *Slump* dengan Variasi Penggunaan Air limbah dari proses produksi beton

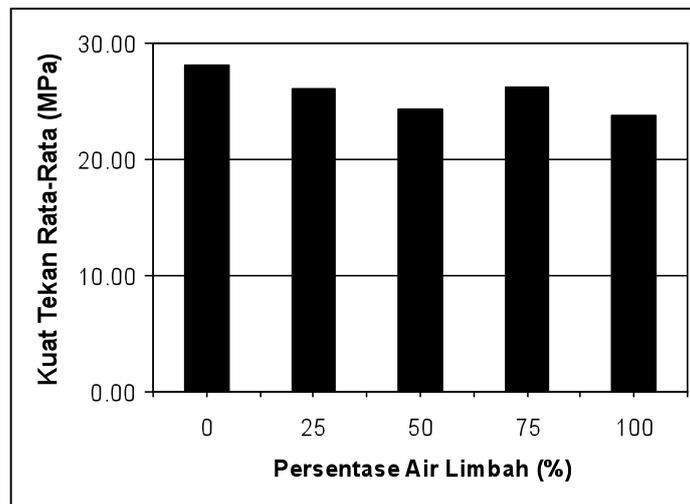
Dari Tabel 2 dan Gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai *slump* rata-rata beton berkurang sejalan dengan penambahan persentase volume penggunaan air limbah dari proses produksi beton. Secara visual, dapat diamati pada beton segar yang menggunakan 100 % air limbah terlihat sangat kering dengan nilai *slump* sebesar 6 cm, sedangkan beton yang menggunakan air bersih memiliki nilai *slump* 11,8 cm. Hal ini dimungkinkan sebagai akibat dari air limbah yang mengandung semen kering yang akan menyerap sebagian air bebas. Kondisi ini mengakibatkan berkurangnya *workability* pada beton segar yang dihasilkan.

Kuat Tekan Beton

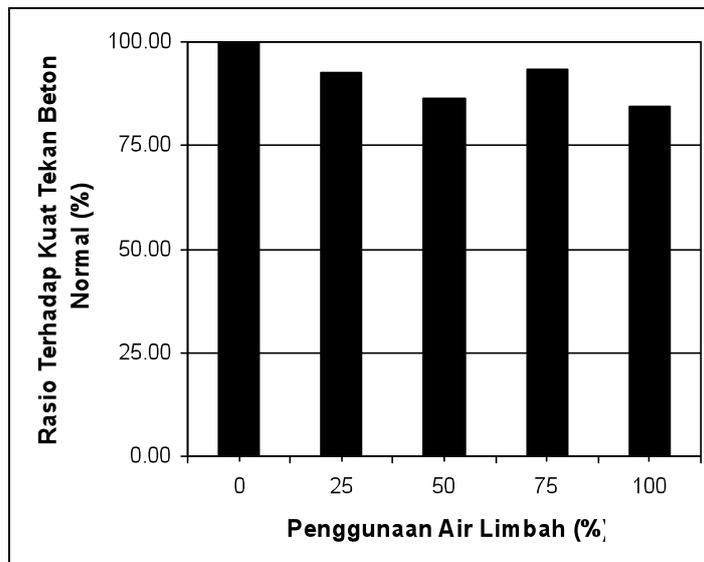
Hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 7 hari dengan variasi penggunaan air limbah sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dari volume air bersih yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3 yang selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 3 dan Gambar 4 berikut ini:

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton pada Umur 7 Hari

No.	Variasi Penggunaan Air limbah (%)	Kuat Tekan Beton Rata-rata (MPa)
1	0	28,106
2	25	26,031
3	50	24,333
4	75	26,219
5	100	23,767



Gambar 3. Hubungan Kuat Tekan Beton Rata-Rata pada Umur 7 Hari dengan Variasi Penggunaan Air limbah dari Proses Produksi Beton

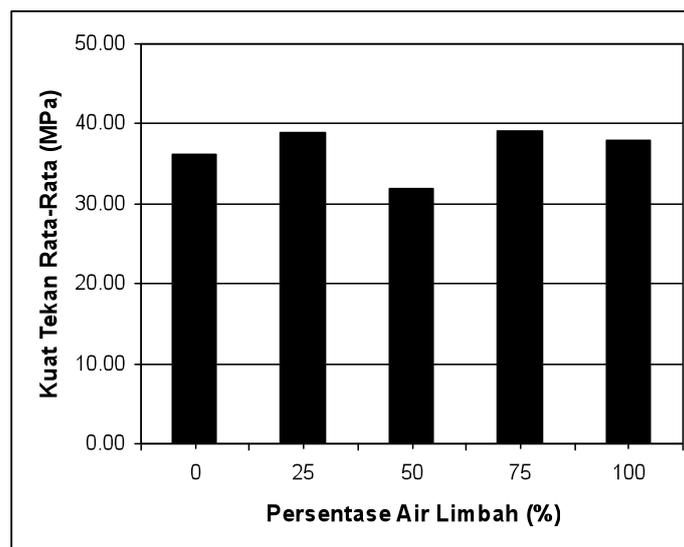


Gambar 4. Perbandingan Persentase Pencapaian Kuat Tekan Beton Rata-rata Terhadap Kuat Tekan Rata-Rata Beton Normal Pada Umur 7 Hari

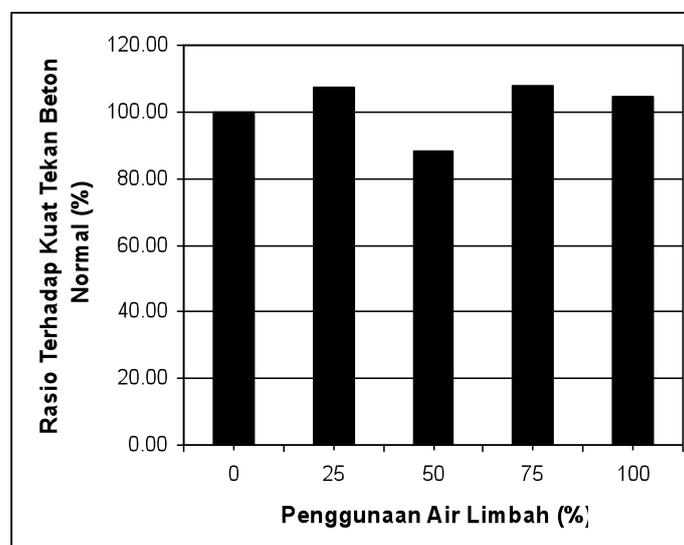
Hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan variasi penggunaan air limbah sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dari volume air bersih yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4 yang selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 5 dan Gambar 6 berikut:

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton pada Umur 28 Hari

No.	Variasi Penggunaan Air limbah (%)	Kuat Tekan Beton Rata-rata (MPa)
1	0	36,217
2	25	38,834
3	50	31,878
4	75	39,035
5	100	37,851



Gambar 5. Hubungan Kuat Tekan Beton Rata-rata Pada Umur 28 Hari dengan Variasi Penggunaan Air limbah dari proses produksi beton



Gambar 6. Perbandingan Persentase Pencapaian Kuat Tekan Beton Rata-rata Pada Umur 28 Hari

Penambahan air limbah dari proses produksi beton ke dalam campuran beton terlihat mempengaruhi kuat tekan beton. Kuat tekan beton yang dihasilkan pada umur 7 hari terlihat terjadi penurunan. Penggunaan 25% air limbah menghasilkan beton dengan kuat tekan sebesar 92,60% dari beton normal. Pada penggunaan air limbah dari proses produksi beton sebesar 50 % diperoleh 86,576 % dari kuat tekan beton normal. Pada beton dengan variasi penggunaan air limbah dari proses produksi beton 75 %, kuat tekannya terjadi kenaikan dan merupakan kuat tekan maksimum yang dihasilkan dari beton yang menggunakan air limbah dari proses produksi beton, yaitu 93,28% dari beton normal. Variasi beton yang menggunakan 100 % air limbah, kembali menunjukkan penurunan kuat tekan yaitu sekitar 84,562 % dari kuat tekan beton normal.

Dari Tabel 5 dan Gambar 5 dapat dilihat hasil kuat tekan beton pada umur 28 hari mengalami fluktuasi seiring variasi air limbah dari proses produksi beton yang digunakan. Kuat tekan beton maksimum masih terdapat pada beton dengan variasi penggunaan air limbah dari proses produksi beton 75 % dari volume total air bersih yang digunakan, dengan nilai kuat tekan sebesar 39,035 MPa.

Dari Gambar 6 di atas juga dapat dilihat bahwa kekuatan rata-rata beton uji pada variasi penggunaan air limbah dari proses produksi beton 25 % melebihi dari kekuatan beton normal yaitu naik berkisar 107,225 % dari kekuatan beton normal. Pada beton dengan variasi penggunaan air limbah dari proses produksi beton 50 %, kekuatan rata-ratanya mengalami penurunan dan berkisar 88,019 % dari kekuatan beton normal. Sedangkan kekuatan rata-rata yang dihasilkan pada beton dengan variasi penggunaan air limbah dari proses produksi beton 75 % melebihi dari kekuatan beton normal dan merupakan kuat tekan maksimum yang dihasilkan dari beton yang menggunakan air limbah dari proses produksi beton yaitu mengalami kenaikan berkisar 107,781 % dari kekuatan beton normal. Dan pada beton dengan variasi penggunaan air limbah dari proses produksi beton 100 %, kekuatan rata-ratanya mengalami penurunan tetapi masih melebihi dari kekuatan beton normal yaitu berkisar 104,512 % dari kekuatan beton normal.

Pada awal masa perkerasan beton, semen kering yang terkandung dalam air limbah dari proses produksi beton akan mengganggu proses hidrasi sehingga kuat tekan beton pada umur 7 hari cenderung turun. Akan tetapi setelah umur 28 hari, kotoran dalam air limbah dari proses produksi beton mengisi pori-pori pada beton sehingga kuat tekan beton yang dihasilkan lebih tinggi.

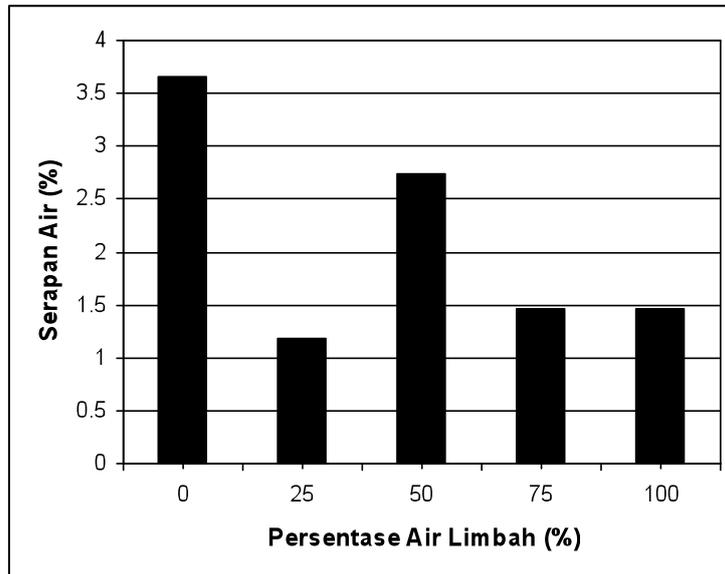
Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton yang telah dilakukan, kuat tekan rata-rata yang dihasilkan dari beton dengan air limbah dari proses produksi beton pada umur 7 hari berkisar antara 84% sampai 93%. Pada umur 28 hari, kuat tekan rata-rata yang dihasilkan dari beton dengan air limbah berkisar antara 88% sampai 110% dari beton dengan air bersih. Dengan demikian, air limbah dari proses produksi beton masih dapat digunakan dalam pembuatan beton baru karena dari hasil kuat tekan beton rata-rata masih memenuhi persyaratan yang disyaratkan dalam prEN 1008 dan ASTM C94.

Pengujian Serapan Air

Hasil pengujian serapan air yang telah dilakukan pada saat benda uji beton berumur 28 hari disajikan pada Tabel 6 dan Gambar 7 sebagai berikut:

Tabel 6. Nilai Serapan Air

No.	Persentase Air Limbah (%)	Serapan Air (%)
1	0	3,66
2	25	1,19
3	50	2,74
4	75	1,46
5	100	1,46



Gambar 7. Nilai Serapan Air Beton

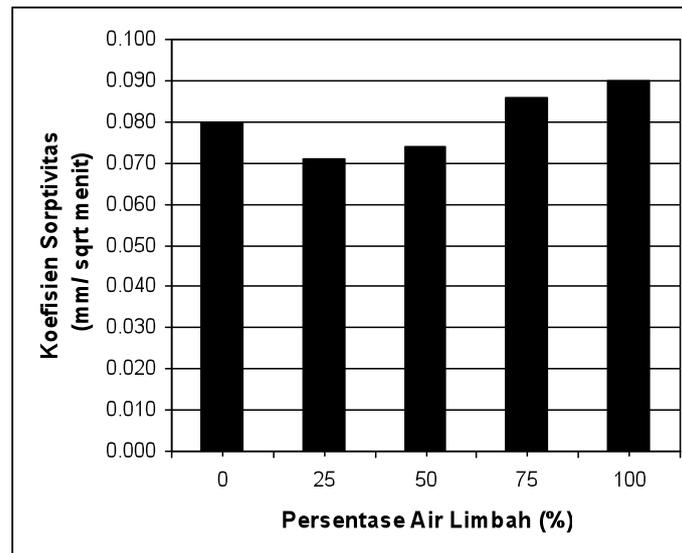
Hasil pengujian menunjukkan semua varian beton yang menggunakan air limbah dari proses produksi beton memiliki nilai serapan air yang lebih kecil dari beton normal. Hal ini memperkuat indikasi bahwa penggunaan air limbah menyebabkan terisinya pori beton dengan massa padat berupa sisa-sisa semen yang mengering sehingga berakibat berkurangnya nilai serapan air beton.

Pengujian Sorptivitas

Sorptivitas adalah laju kecepatan permukaan beton dalam menyerap zat cair. Hasil pengujian pada Tabel 7 menunjukkan bahwa beberapa varian beton yang menggunakan air limbah dari proses produksi beton memiliki nilai koefisien sorptivitas yang lebih kecil dari beton normal. Hal ini semakin memperkuat indikasi bahwa penggunaan air limbah menyebabkan terisinya pori beton dengan sisa-sisa semen yang mengering sehingga massa beton menjadi lebih padat.

Tabel 7. Koefisien Sorptivitas Beton

No.	Persentase Air Limbah (%)	Nilai Koefisien Sorptivitas Rata-Rata (mm/menit ^{1/2})
1	0	0.080
2	25	0.071
3	50	0,074
4	75	0,086
5	100	0,090



Gambar 8. Nilai Koefisien Sorptivitas Beton

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Air limbah dari proses produksi beton yang diambil dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT. Jaya Readymix Yogyakarta masih dapat digunakan sebagai bahan penyusun beton karena masih memenuhi persyaratan prEN 1008 dan ASTM C94, dengan kandungan Cl⁻ 39 mg/l, SO₄²⁻ 167 mg/l, dan kandungan zat padat endapannya 4,48 ml dari 80 ml air limbah.
2. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 7 hari, beton cenderung cenderung mengalami penurunan kuat tekan, yaitu berkisar antara 84% sampai 93% dari beton dengan air bersih. Sedangkan pada umur 28 hari kuat tekan yang dihasilkan dari beton dengan air limbah dari proses produksi beton mencapai 88% sampai 108%. Sehingga air limbah dari proses produksi beton masih bisa memenuhi syarat dalam prEN 1008 dan ASTM C94 untuk digunakan dalam pembuatan beton baru.
3. Penggunaan air limbah dari proses produksi beton pada beton baru dapat mengurangi nilai daya serap zat cair pada beton itu sendiri. Nilai serapan air tanpa penambahan air limbah adalah 3,655%. Adapun nilai serapan air masing-masing variasi pada penambahan air limbah dari proses produksi beton 25% adalah 1,190%, untuk 50 % adalah 2,737%, untuk 75% adalah 1,462%, dan untuk 100 % adalah 1,457 %.

4. Penggunaan air limbah dari proses produksi beton pada beton baru dapat mereduksi nilai pada sorptivitas beton. Nilai koefisien sorptivitas pada beton kontrol adalah 0,08 (mm/menit^{1/2}). Adapun nilai koefisien sorptivitas pada varian dengan penambahan air limbah dari proses produksi beton 25% adalah 0,071 (mm/menit^{1/2}), untuk 50% adalah 0,074 (mm/menit^{1/2}), untuk 75 % adalah 0,086 (mm/menit^{1/2}), dan untuk 100% adalah 0,09 (mm/menit^{1/2}).
5. Nilai penggunaan air limbah dari proses produksi beton yang optimal adalah 25% dari total volume air yang dibutuhkan. Hal ini didasarkan hasil uji kuat tekan yang mencapai 92,60% dari beton kontrol pada umur 7 hari, dan 107,225% pada umur 28 hari. Hasil uji serapan air dan koefisien sorptivitas juga menunjukkan bahwa dengan penggunaan air limbah sebesar 25%, diperoleh serapan air dan koefisien sorptivitas yang minimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya atas bantuan dana penelitian yang telah diberikan melalui dana DIPA Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Selain itu, juga disampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya atas kerjasama dan bantuan yang telah diberikan oleh PT Jaya Readymix Yogyakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chatveera, B., Lertwattanaruk, P., and Makul, N., (2006), "*Effect of sludge water from ready-mixed concrete plant on properties and durability of concrete*", *Cement and Concrete Composite* (28), pp. 441-450.
- [2] Gani, M.S.J., (1997), *Cement and Concrete*, London: Chapman & Hall.
- [3] Kardiyono Tjokrodinuljo, (1996), *Teknologi Beton*, Yogyakarta: Penerbit Nafiri.
- [4] Nawy, E.G., (1996), *Reinforced Concrete: A Fundamental Approach 3rd edition*, New York: Prentice Hall.
- [5] Mindes, S., Young, J.F., and Darwin, D., (2003), *Concrete 2nd Edition*, New Jersey: Prentice Hall.
- [6] Neville, A.M., (1997), *Properties of Concrete*, New York: John Wiley & Sons. Inc.
- [7] Sandrolini, F., and Franzoni, E., (2001), "*Waste wash water recycling in ready-mixed concrete plants*", *Concrete and Cement Research* (31), pp. 485-489.
- [8] Su, N., Miao, B., and Liu, F.S., (2002), "*Effect of wash water and underground water on properties of concrete*", *Concrete and Cement Research* (32), pp. 777-782.