

I144 - KARAKTERISTIK BETON PADA PERKERASAN KAKU DENGAN PEMANFAATAN AIR ES DAN FLY ASH TERHADAP KUAT LENTUR DAN KUAT TEKAN

Maulana Teguh Paripurna¹, Mochamad Solikin², Agus Riyanto², Sri Sunarjono²

¹Program Studi Magister Teknik Sipil, Sekolah Pascasarjana, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

²Sekolah Pascasarjana, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

Email: maulana.fally@gmail.com

Abstrak

Penelitian mengenai campuran beton dengan pemanfaatan air es, fly ash dan retarder yang diasumsikan mampu memperlambat waktu pengerasan beton (*setting time*) dalam penyelesaian rigid pavement belum banyak dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui temperatur beton dan *setting time* beton pada perkerasan kaku yang menggunakan pemanfaatan air es dengan variasi suhu 5°C, 10°C, 15°C, 20°C dan 27°C, sedangkan karakteristik beton terhadap kuat lentur dan kuat tekan dianalisa pada campuran beton dengan pemanfaatan air es, fly ash dan retarder. Kecenderungan *setting time* terhadap suhu terendah adalah memiliki waktu yang lebih lama. Karakteristik beton terhadap kuat lentur berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan memiliki trend bahwa beton yang menggunakan pemanfaatan air es, fly ash dan retarder cenderung mempunyai kuat lentur yang lebih baik dibandingkan dengan campuran lainnya, apabila suhu air semakin rendah kuat lentur cenderung naik. Terhadap kuat tekan beton, berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan memiliki trend bahwa beton yang menggunakan pemanfaatan air es, fly ash dan retarder cenderung mempunyai kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan campuran lainnya, semakin tinggi suhu air maka kuat tekan naik.

Kata kunci: air es; beton; fly ash; kuat lentur; kuat tekan; *setting time*

Pendahuluan

Jalan raya, Jalan Nasional dan Jalan Tol merupakan salah satu prasarana yang sangat dibutuhkan dalam menunjang pembangunan pada masa sekarang ini. Jalan dengan kondisi baik merupakan bagian yang sangat vital dari infrastruktur. Jenis perkerasan kaku (*rigid pavement*) merupakan alternatif di Indonesia sekarang ini banyak digunakan, karena cukup kuat dan tahan lebih lama dibanding perkerasan lentur. *Flexible pavement* (perkerasan lentur) saat ini sudah mulai banyak ditinggalkan terutama untuk Jalan Nasional atau Jalan Tol yang hampir seluruhnya dibuat jalan beton terutama di Pulau Jawa ada juga sebagian di Sumatera, Kalimantan dan Sulawesi. Hal tersebut disebabkan jalur kendaraan dengan *heavy loaded* dan frekuensi tinggi banyak terdapat pada Jalan Nasional, Arteri maupun Jalan Tol.

Dalam rangka mendukung implementasi Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI), maka pemerintah melalui Usulan Program Kementerian Pekerjaan Umum Tahun Anggaran 2012 mendorong pengutamaan penggunaan *rigid pavement* dalam pembangunan jalan (Admin PU, 2011). Konstruksi *rigid pavement* tentunya membutuhkan biaya yang lebih mahal dibandingkan dengan perkerasan lentur. Namun demikian, apabila dikerjakan dengan tepat pada fondasi tanah dasar yang baik akan lebih awet (*durable*) dan umur pelayanannya dapat mencapai 8-10 tahun.

Perencanaan campuran merupakan kunci utama untuk menghasilkan beton yang baik. Namun demikian, dalam pelaksanaan campuran beton untuk *rigid pavement* perlu memperhatikan beberapa faktor selain perencanaan campuran. Beberapa faktor tersebut diantaranya adalah jarak tempuh dari *batching plant* ke lokasi hamparan, nilai *slump* (untuk perkerasan kaku maksimal 5 cm atau ideal pada *slump* 3-3,5 cm), alat penghampar dan keterbatasan waktu penghamparan campuran beton banyak dilakukan antara pukul 17:00 sampai dengan 06:00 WIB untuk menjaga kestabilan suhu beton.

Beberapa proyek pembangunan jalan seringkali mengalami kendala keterlambatan dalam pelaksanaan penghamparan beton. Untuk mengejar progres pekerjaan maka dilakukan penambahan *batching plant* dan alat penghampar, akan tetapi karena nilai *slump* yang digunakan pada saat penghamparan cukup kecil mengakibatkan masa *setting time* (waktu pengerasan beton) berlangsung cukup cepat, sehingga diperlukan perlambatan *setting time*. Penambahan bahan *additive* kedalam campuran beton diharapkan mampu memperlambat waktu pengerasan (*setting*

time) beton. Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka dilakukan penelitian mengenai campuran beton dengan penambahan air es, *fly ash* dan *retarder* yang diasumsikan mampu memperlambat waktu pengerasan beton (*setting time*). Hal tersebut bertujuan untuk memeriksa apakah campuran beton untuk *rigid pavement* dapat digunakan pada waktu siang hari tanpa harus menunggu penghamparan dilakukan pada waktu sore, malam maupun dini hari, sehingga pekerjaan *rigid pavement* dapat dilakukan kapan saja dan pada proyek yang progresnya minus dapat mengejar progres tersebut tanpa harus mendatangkan alat tambahan. Penggunaan air es dipilih karena selama ini dalam perencanaan maupun pelaksanaan campuran beton pada umumnya menggunakan air dengan suhu normal (27°C). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui temperatur beton dan *setting time* beton pada perkerasan kaku yang menggunakan pemanfaatan air es dengan variasi suhu 5°C, 10°C, 15°C, 20°C dan 27°C, serta karakteristik beton terhadap kuat lentur dan kuat tekan pada campuran beton dengan pemanfaatan air es, *fly ash* dan *retarder*.

Metode

Metode yang digunakan untuk perhitungan temperatur beton menggunakan ACI, ACI (*American Concrete Institute*), 2010 dan CCAA (*Cement Concrete & Aggregates Australia*), 2004, sedangkan penentuan proporsi campuran beton *rigid pavement* berdasarkan Spesifikasi Jalan Bebas Hambatan Dan Jalan Tol Bina Marga Tahun 2015 yang mengacu persyaratan standar Nasional Indonesia (SNI) tentang struktur beton.

Pengaruh temperatur beton terhadap *setting time*

Menurut PCA (2002), NRMCA (2000) dan ACI 305R-10 (2010) menyebutkan bahwa tingginya temperatur campuran beton segar akan mempercepat *setting time* (waktu perkerasan beton) dan mengurangi waktu pengangkutan (*transporting*), penghamparan (*placing*) dan penyelesaian akhir (*finishing*) beton. Air merupakan salah satu bahan penyusun beton yang memberikan dampak besar terhadap proses pembuatan campuran beton. Tingginya suhu air yang digunakan akan meningkatkan suhu beton, dengan demikian untuk mengurangi suhu beton atau pendinginan campuran beton maka dapat digunakan air es dalam proses pencampuran beton. Air es tersebut dapat berupa es batu kristal atau air dingin. Perhitungan *temperature* (suhu) beton metode ACI (*American Concrete Institute*) 2010 dapat dihitung dengan menggunakan Rumus sebagai berikut:

$$T = \frac{0,22(T_a W_a + T_c W_c) + T_w W_w + T_a W_{wa}}{0,22(W_a + W_c) + W_w + W_{wa}} \quad (1)$$

dengan : T = temperatur beton (°C)
 T_a = temperatur agregat (°C)
 T_c = temperatur semen (°C)
 T_w = temperatur air (°C)
 W_a = berat agregat (kg)
 W_c = berat semen (kg)
 W_w = berat air (kg)
 W_{wa} = berat *free and absorbed moisture in aggregate* (kg)

Berdasarkan PCA (2002), temperatur semen adalah 66°C, sedangkan temperatur agregat adalah 27°C. Selain dengan menggunakan rumus diatas, temperatur beton dapat dihitung menggunakan metode CCAA (*Cement Concrete Agregate Australia*) 2004 sebagai berikut:

$$T = 0,1 T_c + 0,6 T_a + 0,3 T_w \quad (2)$$

dengan : T = temperatur beton (°C)
 T_a = temperatur agregat (°C)
 T_c = temperatur semen (°C)
 T_w = temperatur air (°C)

Pengaruh temperatur beton terhadap *setting time* dapat ditampilkan pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan bahwa beton dengan suhu rendah (10°C) memperlambat *setting time*, sedangkan untuk suhu beton tertinggi (32 °C) mempercepat *setting time*. Pengujian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Burg, 1996, menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur beton, akan mempercepat *setting time*.

Kuat lentur dan kuat tekan beton

Menurut SNI 03-6813-2002, kuat tekan beton dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P_{maks}}{A} \quad (3)$$

dengan : P_{maks} = Beban tekan maksimum (N)
 A = Luas permukaan benda uji yang ditekan (mm²)

Berdasarkan SNI 03-4431-1997 besarnya kuat lentur dari benda uji dihitung dengan rumus sebagai berikut:

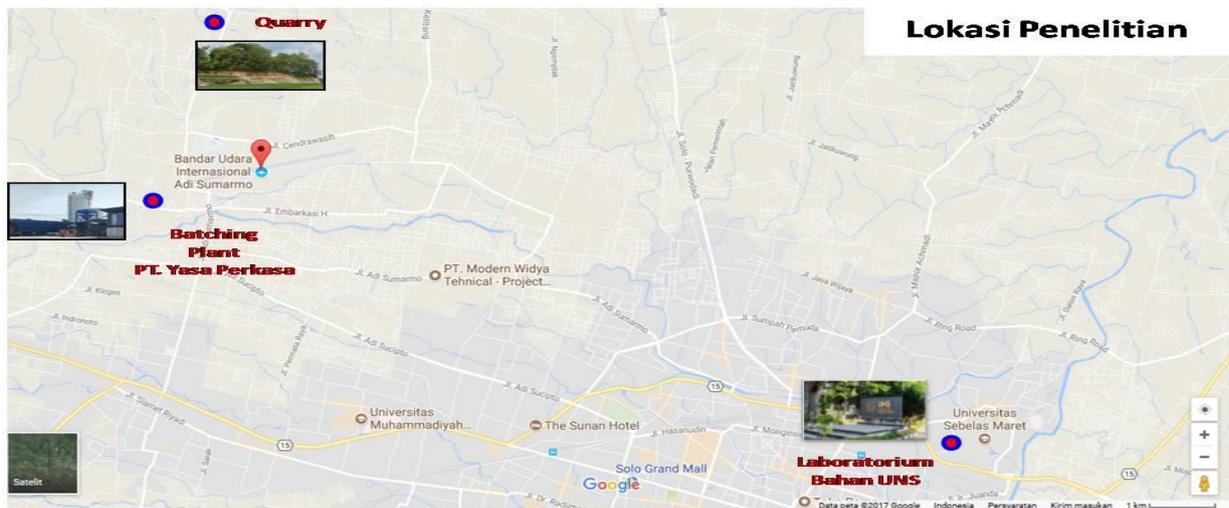
$$\text{Kuat Lentur } (\sigma) = \frac{PL}{bd^2} \tag{4}$$

- dengan :
- σ = Kuat lentur (Kg/cm²)
 - P = Beban maksimum yang mengakibatkan keruntuhan balok uji (Kg)
 - L = Panjang bentang antara kedua balok tumpuan (cm)
 - b = Lebar balok rata-rata pada penampang runtuh (cm)
 - d = Tinggi balok rata-rata pada penampang runtuh (cm)

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Arifi (2015), menunjukkan beberapa fakta, diantaranya adalah pemanfaatan 25% *fly ash* sebagai pengganti semen mengurangi kuat beton kurang sampai dengan 20%, sedangkan 50% *fly ash* untuk menggantikan semen mengurangi lebih dari setengah dari kekuatannya pada umur 28 hari.

Lokasi penelitian dan pengambilan Quarry

Penelitian dilakukan di Laboratorium Universitas Sebelas Maret Surakarta (UNS) dan *batching plant* PT. Yasa Beton Perkasa, Ngargorejo Boyolali. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Sumber *quarry* untuk Pasir dalam penelitian ini berasal dari Nogosari, Boyolali, *split* 1/2" berasal dari Wonogiri, sedangkan *split* 2/3 " berasal dari Tlatar, Boyolali milik PT. Watunikam.



Gambar 1. Lokasi penelitian dan pengambilan *quarry*

Bahan penelitian

Penelitian beton dilakukan dengan membuat 11 variasi campuran beton, yaitu pada Tabel 1.

Tabel 1. Matriks variasi campuran beton

No.	Campuran Beton	Jumlah Benda Uji			
		Kuat Tekan (Sampel Silinder Beton)		Kuat Lentur (Sampel Balok Beton)	
		14 hari	28 hari	14 hari	28 hari
1.	suhu 5°C + <i>fly ash</i> + <i>retarder</i>	2	3	1	2
2.	suhu 10°C + <i>fly ash</i> + <i>retarder</i>	2	3	1	2
3.	suhu 15°C + <i>fly ash</i> + <i>retarder</i>	2	3	1	2
4.	suhu 20°C + <i>fly ash</i> + <i>retarder</i>	2	3	1	2
5.	suhu 27°C + <i>fly ash</i> + <i>retarder</i>	2	3	1	2
6.	suhu 5°C + <i>fly ash</i>	2	3	1	2
7.	suhu 10°C + <i>fly ash</i>	2	3	1	2
8.	suhu 15°C + <i>fly ash</i>	2	3	1	2
9.	suhu 20°C + <i>fly ash</i>	2	3	1	2
10.	suhu 27°C + <i>fly ash</i>	2	3	1	2
11.	suhu 27°C + <i>retarder</i>	2	3	1	2
JUMLAH		55		33	
JUMLAH TOTAL		88			

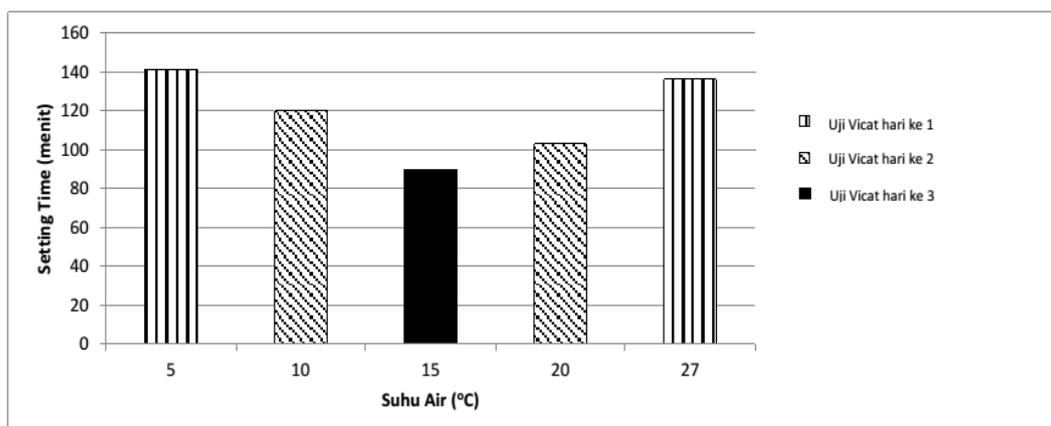
Hasil pengujian *setting time*

Dalam penelitian ini, penentuan *setting time* didasarkan pada hasil pengujian *vicat apparatus*. Pada pengujian ini, pada saat *setting time* awal, tidak sampai beton mengeras. *Setting time* mulai bekerja pada saat dial mencapai angka 25 mm. Perhitungan temperature beton berdasarkan metode ACI, 2010 dan CCAA, 2004 menunjukkan hasil yang tidak berbeda secara signifikan (dapat dilihat pada Tabel 2), sedangkan *setting time* untuk berbagai macam variasi suhu mulai dari 5°C, 10°C, 15°C, 20 °C dan 27 °C ditampilkan pada Gambar 2.

Tabel 2. Perhitungan temperatur beton

Suhu Air (°C)	Temperatur Beton metode ACI (°C)	Temperatur Beton metode CCAA (°C)	Setting Time (menit)
5	25,71	24,3	141
10	26,56	25,8	120
15	28,00	27,3	90
20	30,00	28,8	103
27	31,54	30,9	136

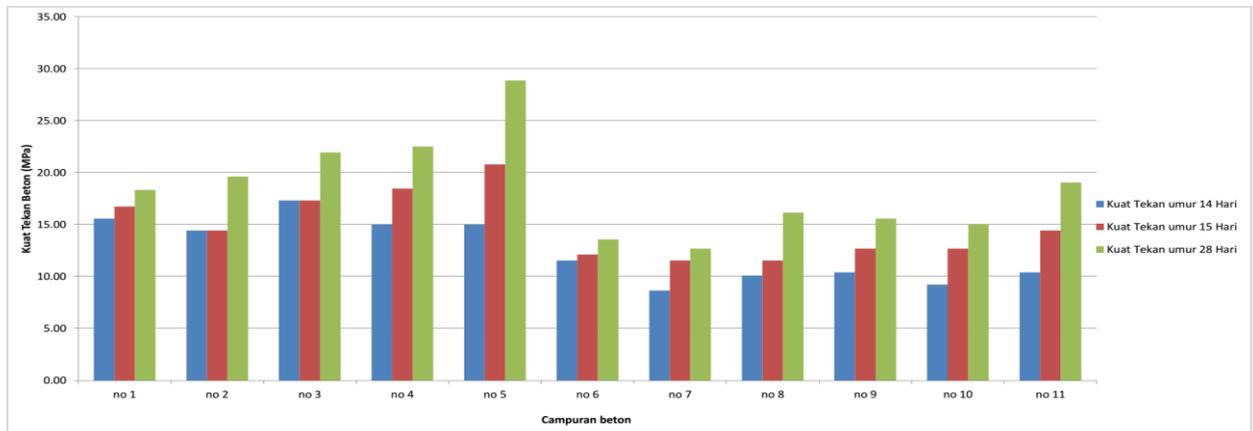
Berdasarkan Gambar 2, menunjukkan kecenderungan hasil pengujian *setting time* yang telah dilakukan tidak menghasilkan hubungan yang linier, dimana semakin rendah suhu beton akan memperlambat waktu *setting time*. Penurunan suhu dari suhu normal (27°C) akan mengurangi waktu *setting time*, akan tetapi pada titik tertentu (15°C) merupakan titik terendah dan semakin rendah suhu air *setting time* akan kembali bertambah waktunya. Pengujian *vicat* untuk hari pertama dilakukan secara bersama untuk pasta semen suhu 5 °C dan 27 °C, sedangkan hari kedua pasta semen suhu 10 °C dan 20 °C dan hari ketiga adalah pengujian pasta semen dengan air 15 °C.



Gambar 2. Hasil uji *setting time*

Hasil pengujian kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan alat uji kuat tekan beton *compression tension machine*. pengujian kuat tekan beton dilaksanakan pada umur beton 14, 15 dan 28 hari. hasil pengujian kuat tekan beton disajikan pada Gambar 3, ada perbedaan yang cukup signifikan pada hasil kuat tekan beton antara kuat tekan beton umur 14 hari dengan umur 15 hari, perubahan terjadi pada seluruh campuran kecuali campuran no. 2 dan no. 3, hal ini menunjukkan bahwa ada banyak sampel benda uji yang belum kering pada umur beton 14 hari. Pemanfaatan *retarder* tidak memberikan pengaruh terhadap kuat tekan maupun kuat lentur beton, akan tetapi hanya berfungsi untuk memperpanjang *setting time*, menambah workabilitas beton dan mengurangi susut retak beton.



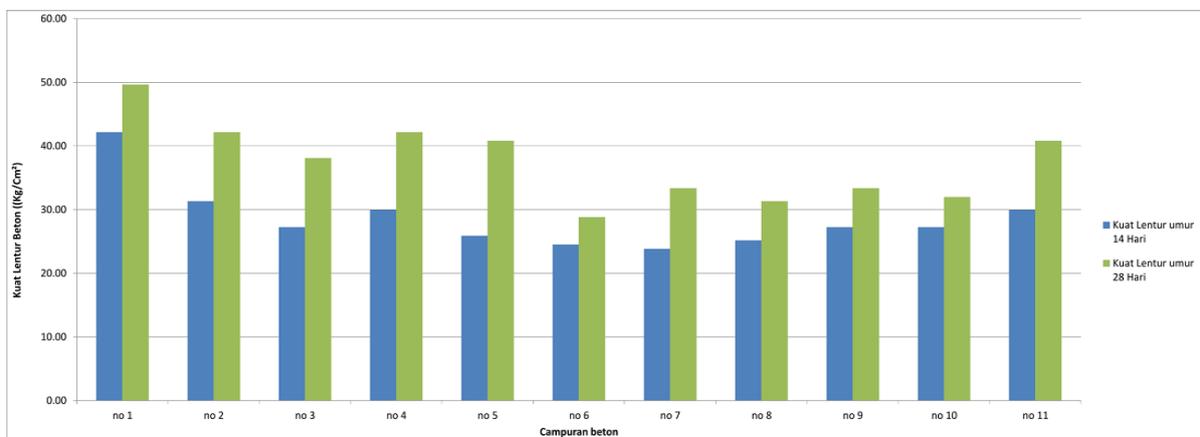
Gambar 3. Hasil uji kuat tekan beton

Keterangan :

- no 1 = 5°C+Retarder+Fly Ash
- no 2 = 10°C+Retarder+Fly Ash
- no 3 = 15°C+Retarder+Fly Ash
- no 4 = 20°C+Retarder+Fly Ash
- no 5 = 27°C+Retarder+Fly Ash
- no 6 = 5°C+Fly Ash
- no 7 = 10°C+Fly Ash
- no 8 = 15°C+Fly Ash
- no 9 = 20°C+Fly Ash
- no 10 = 27°C+Fly Ash
- no 11 = 27°C+Retarder

Hasil pengujian kuat lentur beton

Hasil pengujian kuat lentur beton umur 14 dan 28 hari ditampilkan pada Gambar 4. Hasil pengujian pada Gambar 7, menunjukkan bahwa campuran beton tanpa retarder (campuran no. 5, 6, 7 dan 8) memiliki kuat lentur terlemah dibandingkan campuran dengan pemakaian retarder. Sedangkan campuran lainnya, masih memenuhi syarat teknis pembayaran berdasarkan Spesifikasi Jalan Bebas Hambatan Dan Jalan Tol Bina Marga Tahun 2015, yaitu 90 % dari nilai kuat lentur $f_s = 45$ (40,5 Kg/cm²).



Gambar 4. Hasil uji kuat lentur beton

Karakteristik campuran beton dengan pemanfaatan air es, Fly Ash dan Retarder terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton

Tren kuat tekan yang digunakan adalah pada umur beton 15 dan 28, hal ini disebabkan dalam penelitian pada pengujian kuat tekan umur 14 hari, pengujian benda uji dihentikan sampai dengan suhu 15°C karena beberapa sampel benda uji masih dalam kondisi basah atau dapat disebabkan oleh faktor *human error*. Berdasarkan hasil pengamatan kuat lentur dan kuat tekan beton dari Gambar 3 dan Gambar 4 sebelumnya menunjukkan inkonsistensi hasil antara kuat lentur maupun kuat tekan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Temperatur beton dengan pemanfaatan air es suhu 5°C, 10°C, 15°C, 20°C dan 27°C pada perkerasan kaku dihitung dengan metode ACI, 2010 dan CCAA, 2004 menghasilkan nilai temperatur beton rata-rata sebesar 25,00°C, 26,18°C, 27,65°C, 29,40°C dan 31,22°C. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa semakin rendah suhu air yang digunakan, maka akan semakin rendah suhu beton yang dihasilkan.
2. *Setting time* beton menggunakan pemanfaatan air es suhu 5°C, 10°C, 15°C, 20°C dan 27°C membutuhkan waktu *setting time* sebesar 141 menit, 120 menit, 90 menit, 103 menit dan 136 menit. Kecenderungan *setting time* terhadap suhu terendah adalah memiliki waktu yang lebih lama, sedangkan untuk suhu diantara yang terendah (5°C) dengan tertinggi (27°C) belum dapat menggambarkan hasil yang linier dipengaruhi oleh faktor lama penyimpanan semen dan kondisi jarum vicat pada saat pengujian.
3. Karakteristik beton pada perkerasan kaku yang menggunakan pemanfaatan air es dengan variasi suhu 5°C, 10°C, 15°C, 20°C dan 27°C, *fly ash* dan *retarder* adalah sebagai berikut:
 - a. Terhadap kuat lentur beton, berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di laboratorium bahan UNS memiliki *trend* bahwa beton yang menggunakan pemanfaatan air es, *fly ash* dan *retarder* cenderung mempunyai kuat lentur yang lebih baik dibandingkan dengan campuran lainnya, semakin tinggi suhu air maka kuat lentur cenderung turun.
 - b. Terhadap kuat tekan beton, berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di *batching plant* PT. Yasa memiliki *trend* bahwa beton yang menggunakan pemanfaatan air es, *fly ash* dan *retarder* cenderung mempunyai kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan campuran lainnya, semakin tinggi suhu air maka kuat tekan naik.

Saran

Beberapa rekomendasi dibutuhkan untuk memaksimalkan hasil penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Untuk menjaga kualitas beton yang lebih baik, maka penempatan atau penyimpanan material khususnya semen perlu diperhatikan, hal ini terkait dengan adanya hidrasi semen.
2. Diperlukan cadangan atau tambahan alat apabila terjadi kerusakan alat pada saat pengujian berlangsung.
3. Keseragaman material, baik dari tekstur maupun suhu material agar tetap terjaga selama proses pencampuran.
4. Pemilihan tipe semen untuk campuran beton sebaiknya dipilih semen Tipe I (PPC, *Portland Pozzoland Cement*).
5. Untuk mencapai hasil yang lebih baik maka dalam uji kuat tekan maupun uji kuat lentur pengujian umur 28 hari pada campuran dingin sebaiknya dilakukan pada umur 30 hari agar benda uji benar-benar dalam kondisi kering.
6. Dapat ditindaklanjuti percobaan ini untuk komposisi air es, fly ash dan retarder dengan penambahan *additive plasticizer* untuk menambah kuat tekan beton.
7. Disarankan untuk penelitian selanjutnya menggunakan ukuran agregat kasar berdasarkan SNI 03-1968-1990 dengan penggunaan agregat kasar maksimal ukuran 38,1 mm.
8. Dalam penelitian ini, pengaruh yang berperan terhadap kuat lentur adalah dengan komposisi air es suhu 5°C, retarder dan *fly ash*, akan tetapi masih diperlukan penyelidikan lebih terperinci lagi untuk penelitian selanjutnya.

Daftar Pustaka

- ACI 305R-10. (2010), *Guide to Hot-Weather Concreting*. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- Admin PU. (2011), Retrieved 06 27, 2017, from <http://www.pu.go.id/berita/6540/KOMISI-V-DPR-RI:-UTAMAKAN-PENGGUNAAN-RIGID-PAVEMENT>
- Arifi, E. (2015), Pemanfaatan Fly Ash Sebagai Pengganti Semen Parsial Untuk Meningkatkan Performa Beton Agregat Daur Ulang. *REKAYASA SIPIL Volume 9, no.3*, 229-235.

Bina Marga. (2015), *Spesifikasi Khusus Jalan Bebas Hambatan Dan Jalan Tol*. Jakarta: Kementerian PUPR.

Burg, R. G. (1996), *The Influence of Casting and Curing Temperature on the Properties of Fresh and Hardened Concrete*. Portland Cement Association.

CCAA. (2004), *Hot-Weather Concreting*. Cement Concrete & Aggregates Australia.

NRMCA. (2000), *NRMCA Publication #12, "CIP #12 Hot Weather Concreting"*. Silver Spring: National Ready Mixed Concrete Association.

PCA. (2002), *PCA – Design and Control 14th Edition, Chapter 13*. Skokie, IL: Portland Cement Association.

SNI 03-4431-1997. (1997), *Metode pengujian lentur beton normal dengan dua titik pembeban*. BSN.

SNI 03-6813-2002. (2002), *Tata cara pembuatan silinder dan prisma uji untuk menentukan kekuatan dan densitas beton agregat praletak di laboratorium*. BSN.