



Beton dengan campuran air es dan *fly ash* serta *retarder*

Maulana Teguh Paripurna^{a,1}

^aAkademi Teknik Wacana Manunggal Semarang, Jl. Karang Balong Raya No. 88, Kab. Semarang 50775, Indonesia

¹E-mail: maulana.fally@gmail.com

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 18 September 19

Direvisi pada 26 Oktober 19

Disetujui pada 15 November 19

Tersedia daring pada 26 November 19

Kata kunci:

Air es, campuran beton, *fly ash*, *setting time*, *retarder*.

Keywords:

Fly ash, ice water, mixture of concrete, *retarder*, time setting.

ABSTRAK

Penelitian beton dengan campuran air es dan *fly ash* dengan *retarder* belum banyak dilakukan dengan harapan dapat menunda *setting time*. Penelitian dilaksanakan untuk beton campuran dengan variasi suhu 5°C, 10°C, 15°C, 20°C dan 27°C (suhu normal), sedangkan beton terhadap kuat lentur dan kuat tekan dievaluasi pada campuran dengan pemanfaatan air es, *fly ash* dan *retarder*. Kondisi *setting time* terjadi pada suhu terendah adalah memiliki waktu yang lebih lama. Kekuatan beton pada kuat lentur dari hasil penelitian didapat tren bahwa beton yang menggunakan pemanfaatan air es, *fly ash* dan *retarder* mempunyai hasil kuat lentur yang lebih baik dibandingkan dengan campuran lainnya, jika suhu air rendah maka kuat lentur cenderung naik. Sedangkan untuk kuat tekan beton, dari hasil penelitian yang dilakukan memiliki tren bahwa kuat tekan 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.

ABSTRACT

Research on concrete with a mixture of ice water and fly ash with retarders has not been done much in the hope of delaying setting time. The study was conducted for mixed concrete with a temperature variation of 5°C, 10°C, 15°C, 20°C and 27°C (normal temperature), while the concrete against flexural strength and compressive strength was evaluated in the mixture by the use of ice water, fly ash and retarders. The setting time condition occurs at the lowest temperature is to have a longer time. Concrete strength on the flexural strength of the results of the study obtained a trend that the concrete that uses the use of ice water, fly ash and retarders has a better flexural strength compared to other mixtures, if the water temperature is low then the flexural strength tends to rise. As for the compressive strength of concrete, the results of research conducted have a trend that the compressive strength of concrete that uses ice water, fly ash and *retarder* tends to have a better compressive strength compared to other mixes, the higher the water temperature, the compressive strength rises.

Tersedia pada: <http://dx.doi.org/10.36055/tjst.v15i2.6973>

1. Pendahuluan

Jalan nasional dan jalan tol merupakan prasarana yang sangat dibutuhkan dalam menunjang pembangunan nasional sekarang ini. Jalan dalam kondisi baik merupakan hal yang sangat vital dari infrastruktur. Jenis beton dengan perkerasan kaku (*rigid pavement*) salah satu alternatif sekarang ini banyak digunakan, karena tahan lebih lama dan cukup kuat dibanding perkerasan lentur. *Flexible pavement* (perkerasan lentur) pada saat ini mulai banyak ditinggalkan terutama untuk jalan tol atau jalan nasional yang diberbagai tempat dibuat jalan beton terutama di Pulau Jawa ada juga sebagian di Sulawesi, Sumatera dan Sumatera. Hal tersebut disebabkan jalur kendaraan dengan frekuensi tinggi dan *heavy loaded* banyak terdapat pada jalan nasional, jalan tol maupun jalan arteri [1].

Untuk menunjang 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 [1]. Pekerjaan *rigid pavement* membutuhkan biaya yang lebih mahal dibandingkan dengan perkerasan aspal (lentur). Akan tetapi bila dikerjakan dengan baik pada fondasi tanah dasar terutama, akan lebih awet (*durable*) dan umur pelayanannya dapat mencapai 8-10 tahun [2].

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui temperatur beton dengan pemanfaatan air es, mengetahui pengaruh pemanfaatan air es terhadap *setting time* beton dan mengetahui karakteristik beton pada *rigid pavement* dengan menggunakan campuran air es, *retarder* dan *fly ash* terutama pada kuat lentur dan kuat tekan.

2. Landasan Teori

Perencanaan yang baik dan tepat pada campuran merupakan kunci utama untuk menghasilkan mutu beton yang baik. Namun demikian, dalam pelaksanaan beton untuk *rigid pavement* agar memperhatikan faktor selain perencanaan campuran. Faktor tersebut diantaranya adalah waktu tempuh dari *batching plant* ke lokasi, nilai *slump* (untuk *rigid pavement* maksimal 5 cm atau ideal pada *slump* 3-4 cm), alat penghampar dan juga waktu penghamparan *rigid pavement* banyak dilakukan pukul 5 sore sampai dengan 06:00 pagi untuk menjaga kestabilan suhu beton.

Banyak proyek pembangunan jalan beton mengalami kendala keterlambatan dalam pelaksanaan penghamparan perkerasan kaku. Untuk mengejar ketertinggalan pekerjaan maka dilakukan penambahan *batching plant* dan alat penghampar, karena nilai *slump* yang dipakai pada saat penghamparan cukup kecil mengakibatkan masa *setting time* (waktu pengerasan beton) berlangsung lebih cepat, maka diperlukan cara untuk memperlambat *setting time*. Penambahan *additive* ke dalam campuran beton diharapkan dapat memperlambat waktu pengerasan (*setting time*) beton. Berdasarkan hal yang telah diuraikan di atas, maka dilakukan penelitian mengenai campuran beton dengan penambahan air es, *fly ash* dan *retarder* yang diasumsikan dapat memperlambat waktu pengerasan beton (*setting time*). Hal ini bertujuan apakah campuran beton untuk perkerasan kaku dapat digunakan pada waktu siang hari tanpa harus menunggu penghamparan dilakukan pada waktu sore, malam maupun dini hari, sehingga pekerjaan perkerasan kaku dapat dilakukan di luar waktu kebiasaannya agar dapat mengejar progres tanpa harus menandatangani alat tambahan. Penggunaan air es digunakan karena selama ini campuran beton umumnya menggunakan air dengan suhu normal (27°C). Tujuan penelitian untuk mengetahui temperatur beton dan *setting time* beton pada *rigid pavement* yang menggunakan air es dengan kombinasi 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*.

2.1. Pengaruh Temperatur Beton Terhadap Setting Time

Menurut PCA [3], NRMCA [4] dan ACI 305R-10 [5] menyebutkan tingginya temperatur pada campuran beton baru bisa mempercepat *setting time* (waktu perkerasan beton) dan mengakibatkan berkurangnya waktu tempuh (*transporting*), penghamparan (*placing*) dan penyelesaian akhir (*finishing*). Air merupakan salah satu bahan campuran beton yang membuat efek besar terhadap proses pembuatan beton. Agar dapat mengurangi suhu beton atau pendinginan campuran beton maka dapat digunakan air es dalam proses pencampuran beton. Air es dapat berupa es batu kristal atau air dingin. Perhitungan *temperature* (suhu) beton metode ACI (*American Concrete Institute*) 2010 dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

- 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 [3], temperatur semen adalah 66°C, sedangkan temperatur agregat adalah 27°C. Selain dengan menggunakan rumus di atas, temperatur beton dapat dihitung menggunakan metode CCAA (*Cement Concrete Aggregate Australia*) [6] sebagai berikut:

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

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) dapat memperlambat *setting time*, sedangkan untuk suhu beton tertinggi (32 °C) dapat mempercepat *setting time*. Pengujian yang dilakukan sebelumnya oleh Burg [7], menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur beton, akan mempercepat *setting time*.

2.2. Kuat Lentur dan Kuat Tekan Beton

Didalam SNI 03-6813-2002 [8], kuat tekan beton dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

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

dengan:

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

Sedangkan SNI 03-4431-1997 [9] besarnya kuat lentur dari benda uji dihitung dengan rumus sebagai berikut:

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

dengan:

- σ_l = Kuat lentur (Kg/cm^2)
- 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)

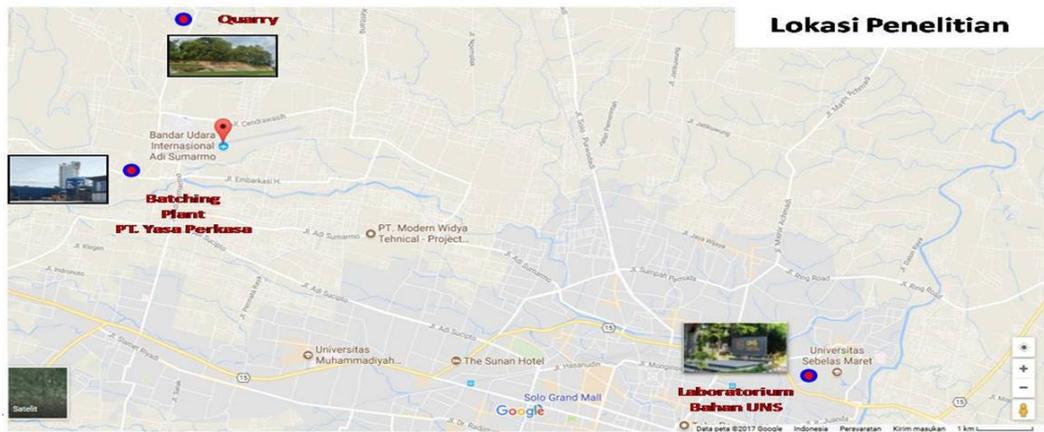
Dalam penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Arifi [10], didapat beberapa fakta, yang antara lain adalah pemanfaatan 25% *fly ash* sebagai pengganti semen mengurangi kuat beton kurang sampai dengan 20%, sedangkan 50% *fly ash* untuk menggantikan semen mengurangi lebih dari setengah dari kekuatannya pada umur 28 hari. Pada penelitian ini *fly ash* hanya digunakan pengganti filler.

3. Metode Penelitian

Metode yang dipakai untuk mengukur temperatur beton menggunakan ACI (*American Concrete Institute*) [5] dan CCAA (*Cement Concrete & Aggregates Australia*) [6], adapun untuk penentuan proporsi campuran beton *perkerasan kaku* berdasarkan Spesifikasi Jalan Bebas Hambatan dan Jalan Tol Bina Marga Tahun 2015 [2] yang mengacu persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang struktur beton.

3.1. Lokasi Penelitian dan Pengambilan Quarry

Penelitian awal dilaksanakan di Laboratorium Universitas Sebelas Maret Surakarta (UNS) dan percobaan campuran di *batching plant* PT. Yasa Beton Perkasa, Ngargorejo Boyolali. Peta 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. Peta lokasi penelitian dan lokasi *quarry*

3.2. Bahan Penelitian

Penelitian campuran dilakukan dengan membuat 11 variasi campuran beton, dapat dilihat 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> +retarder	2	3	1	2
2.	suhu 10°C + <i>fly ash</i> +retarder	2	3	1	2
3.	suhu 15°C + <i>fly ash</i> +retarder	2	3	1	2
4.	suhu 20°C + <i>fly ash</i> +retarder	2	3	1	2
5.	suhu 27°C + <i>fly ash</i> +retarder	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 + retarder	2	3	1	2
JUMLAH		55		33	
JUMLAH TOTAL		88			

4. Hasil dan Pembahasan

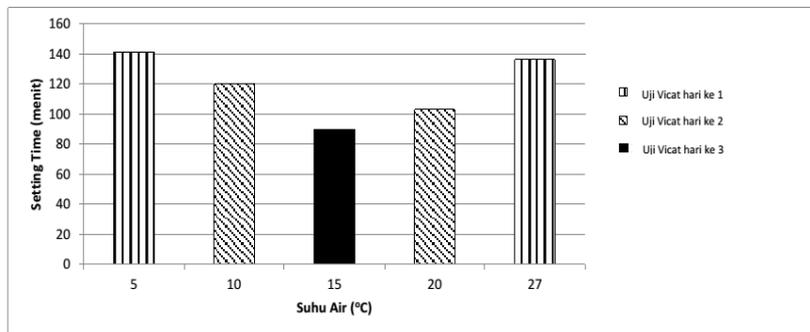
4.1. Hasil Pengujian Setting Time

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

Tabel 2. Perhitungan *temperature* (suhu) 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

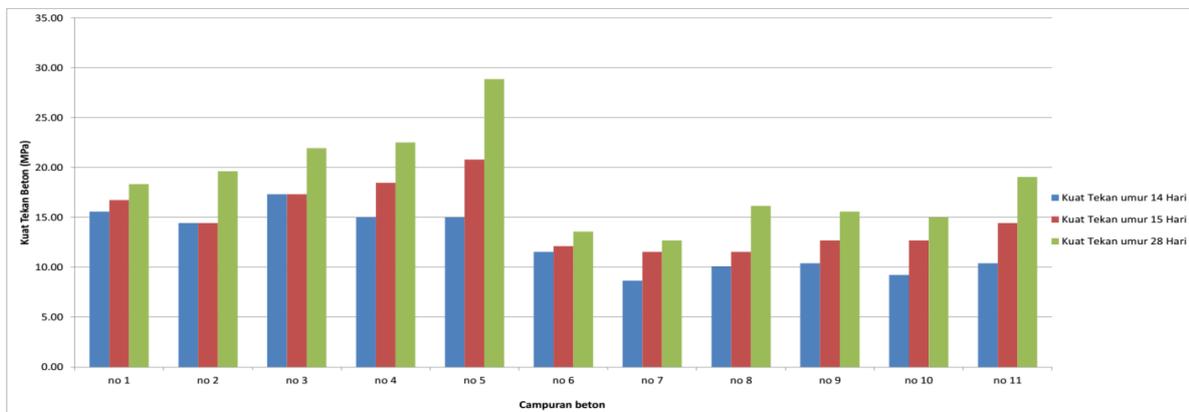
Berdasarkan Gambar 2, memperlihatkan kecenderungan hasil pengujian *setting time* yang telah dilakukan belum menghasilkan hubungan yang linier, yang seharusnya semakin rendah suhu beton akan memperlambat waktu *setting time*. Penurunan suhu dari suhu normal (27°C) akan berkurang waktu *setting time*,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



Gambar 2. Hasil uji *setting time*

4.2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dibase camp pt yasa beton perkasa dengan menggunakan alat uji kuat *compression tension machine*. pengujian kuat tekan beton dilaksanakan pada umur beton 14, 15 dan 28 hari. Dari hasil uji kuat tekan beton dituangkan pada Gambar 3, ada perbedaan yang signifikan pada hasil kuat tekan beton antara umur 14 hari dengan umur 15 hari, perubahan terjadi hampir pada seluruh campuran kecuali campuran no. 2 dan no. 3, hal ini memperlihatkan bahwa ada banyak sampel benda uji yang belum kering pada umur beton 14 hari. Penggunaan *retarder* belum memberikan pengaruh terhadap kuat tekan ataupun kuat lentur beton, hal ini hanya berfungsi untuk memperpanjang *setting time*, tetapi menambah workabilitas beton dan mengurangi susut retak beton.



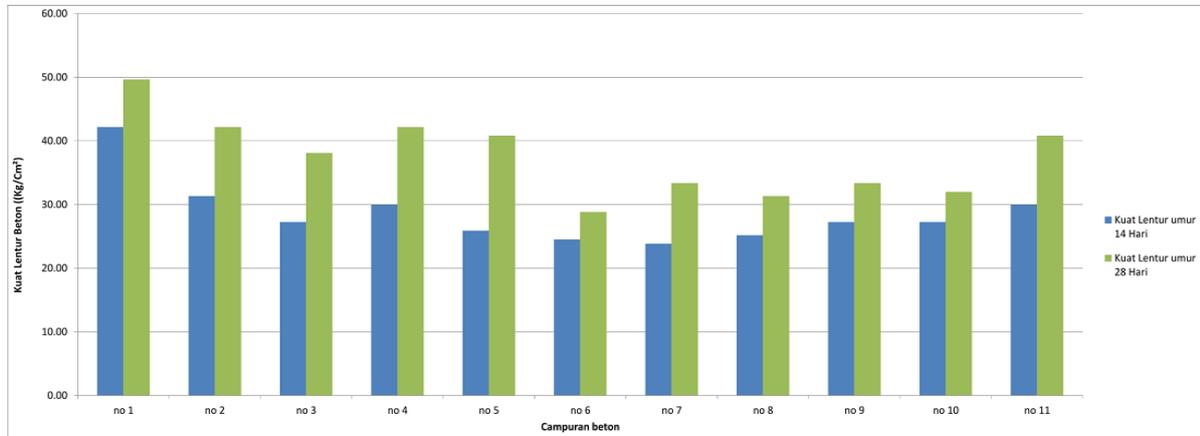
Gambar 3. Hasil uji kuat tekan beton

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

4.3. Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton

Pada pengujian kuat lentur beton umur 14 dan 28 hari dituangkan pada Gambar 4. Hasil pada Gambar 7, memperlihatkan bahwa campuran beton tanpa *retarder* (campuran no. 5, 6, 7 dan 8) hasil kuat lentur terlemah dibandingkan campuran yang menggunakan *retarder*. Pada campuran lainnya, masih terpenuhi syarat teknis berdasarkan Spesifikasi Jalan Bebas Hambatan dan Jalan Tol Bina Marga Tahun 2015, yaitu 90 % dari nilai kuat lentur $f_s = 45$ (40,5 KN).



Gambar 4. Hasil pengujian kuat lentur beton

4.4. Karakteristik Campuran Beton Baru dengan Pemanfaatan Air Es, Fly Ash dan Retarder Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton

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

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Hasil penelitian didapat analisis yang telah dilakukan dalam percobaan ini, maka 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 *rigid pavement* dihitung dengan metode ACI, 2010 dan CCAA, 2004 didapat nilai temperatur beton rata-rata sebesar 25,00°C, 26,18°C, 27,65°C, 29,40°C dan 31,22°C. Hal tersebut mengindikasikan semakin rendah suhu air yang dipakai, maka akan semakin rendah suhu beton yang dihasilkan.
2. *Setting time* turun dari beton dengan air es suhu 5°C sampai dengan 15°C dan naik untuk suhu 15°C sampai 27°C.
3. Karakteristik beton pada *rigid pavement* dengan menggunakan campuran air es serta kombinasi suhu 5°C, 10°C, 15°C, 20°C dan 27°C, *fly ash* dan *retarder* sebagai berikut:
 - a. Terhadap kuat lentur beton, berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan memiliki *trend* bahwa beton yang menggunakan pemanfaatan air es, *fly ash* dan *retarder* memiliki kuat lentur yang hampir, kecauali pada beton dengan suhu air 5° C dengan kuat lentur yang paling tinggi diantara campuran yang lain dalam penelitian ini.
 - b. Terhadap kuat tekan beton, berdasarkan hasil penelitian memiliki *trend* bahwa beton yang menggunakan pemanfaatan air es, *fly ash* dan *retarder* cenderung mempunyai kuat tekan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu air yang digunakan.

5.2. Saran

Beberapa rekomendasi dibutuhkan untuk memaksimalkan hasil penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian dapat ditindaklanjuti dengan percobaan komposisi air es, *fly ash* dan *retarder* dengan penambahan *additive plasticizer* untuk menambah kuat tekan beton.
2. Disarankan untuk menambah kekuatan dalam penelitian selanjutnya menggunakan ukuran agregat kasar berdasarkan SNI 03-1968-1990 dengan penggunaan agregat kasar maksimal ukuran 38,1 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] AdminPU, "KOMISI V DPR RI : UTAMAKAN PENGGUNAAN RIGID PAVEMENT," 2011. [Online]. Available: <http://www.pu.go.id/berita/6540/KOMISI-V-DPR-RI-UTAMAKAN-PENGGUNAAN-RIGID-PAVEMENT>. [Accessed: 27-Jun-2017].
- [2] Binamarga. (2015). *Spesifikasi khusus jalan bebas hambatan dan jalan tol*. Jakarta.
- [3] PCA, PCA. (2002). *Design and control, 14th Chapt*. Portland Cement Association.
- [4] NRMCA. (2000). *CIP #12 Hot weather concreting*. Silver Spring.
- [5] ACI305R-10. (2010). *Guide to hot weather concreting no title*. Farmington Hills.
- [6] CCAA. (2004). *Hot-Weather concreting. cemenet concrete & aggregates*. Australia.
- [7] R. G. Burg. (1996). *The influence of casting and curing temperatutre on the properties of fresh and hardened concrete*.

- [8] SNI03-6813-2002. (2002). *Tata cara pembuatan silinder dan prisma uji untuk menentukan kekuatan dan densitas beton agregat praletak di laboratorium*. Jakarta.
- [9] SNI03-4431-1997. (1997). *Metode pengujian lentur beton normal dengan dua titik pembeban*. Jakarta.
- [10] E. Arifi. (2015). Pemanfaatan fly ash sebagai pengganti semen parsial untuk meningkatkan performa beton agregat daur ulang. *Rekayasa Sipil*, vol. 9, no. 3, pp. 229–235.