

Pengaruh Suhu Waktu Pengecoran Terhadap Kuat Tekan dan Tarik Beton

Nita Bonita Rombe ^{*1}, Junus Mara ^{*2}, Desi Sandy ^{*3},

^{*1} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar
Email nitabonitarombe@gmail.com

^{*2} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar,
Email marajunus@gmail.com

^{*3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar,
Email sandy.mylife@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penelitian ini membahas tentang berapa besar pengaruh suhu waktu pengecoran terhadap kuat tekan dan tarik beton. Beton banyak digunakan dalam dunia konstruksi karena harga yang murah dan pelaksanaan yang mudah. Namun, diperlukan pengetahuan yang cukup luas mengenai sifat bahan dasar beton, cara pembuatan dan waktu pelaksanaan pengecoran di lapangan agar dapat meningkatkan fungsi beton secara maksimal. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui seberapa besar pengaruh suhu waktu pengecoran terhadap kuat tekan dan tarik belah beton yang optimal. Pada penelitian ini dibuat benda uji untuk campuran beton normal dengan kuat tekan rencana $f'c = 30$ Mpa, menggunakan silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 36 buah. Pengecoran benda uji dilakukan dengan variasi suhu waktu pada pagi, siang, sore dan malam hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan dan kuat tarik belah beton maksimum rata-rata sebesar 31,31 Mpa dan 2,64 Mpa pada suhu 23°C waktu pagi hari. Dari hasil penelitian secara umum, menunjukkan bahwa suhu waktu pengecoran tidak signifikan mempengaruhi kuat tekan dan tarik beton yang dihasilkan.

Kata Kunci : Suhu, Kuat Tekan, Kuat Tarik

ABSTRACT

This study discusses how much influence the temperature of the casting time has on the compressive strength and tensile strength of concrete. The purpose of this study was to determine how much influence the temperature of the casting time has on the optimal compressive strength and tensile strength of concrete. The test specimen for normal concrete mixtures with a compressive strength plan of $f'c = 30$ Mpa, using a cylinder with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm was 36 pieces. The casting of test objects is carried out with variations in time temperature in the morning, afternoon, evening, and night. The test results show that the maximum compressive strength and split tensile strength of concrete are 31.31 MPa and 2.64 MPa at 23 ° C in the morning. The temperature of the casting time does not significantly affect the compressive and tensile strength of the resulting concrete.

Keywords: Temperature, Compressive Strength Test, Split Tensile Test

PENDAHULUAN

Perkembangan jumlah penduduk khususnya kota-kota besar di Indonesia diiringi oleh kebutuhan hunian. Demikian juga dengan pertumbuhan ekonomi memerlukan tempat-tempat usaha, tetapi dilain pihak lahan yang tersedia tidak pernah bertambah dan semakin sempit.

Oleh sebab itu, di kota-kota besar pembangunan diarahkan keatas atau membangun keatas berupa bangunan bertingkat yang akan menghemat lahan yang tersedia tetapi menghasilkan ruang kerja yang lebih besar.

Pembangunan gedung-gedung bertingkat memerlukan suatu kerangka konstruksi yang kuat

dan stabil yang dibuat dari berbagai jenis bahan bangunan dan salah satunya adalah beton bertulang. Beton bertulang selain memerlukan besi tulangan, juga memerlukan bahan beton yang akan bersama-sama didalam memikul beban-beban yang bekerja. Salah satu materi didalam pembuatan beton yang berfungsi sebagai pengikat material adalah semen. Semen adalah bahan hidroskopis yaitu bahan yang akan mengeras dalam waktu tertentu apabila dicampur dengan air, Pengerasan ini akan mengakibatkan terjadinya pengikatan bahan didalam beton. Apabila dalam proses pengerasan air cepat keluar daricampuran karena tingginya suhu, maka pengerasan tidak akan sempurna dan akan menyebabkan turunnya mutu beton. Dilain pihak, apabila masih ada air

dalam campuran dan proses pengerasan sudah tercapai, maka pada saat airnya keluar atau menguap dari dalam beton akan meninggalkan ruang kosong yang akan menurunkan kekuatan beton. Hal ini terjadi apabila capuran kelebihan air dari yang dibutuhkan atau pengecoran dilaksanakan pada saat suhu sangat rendah sehingga penguapan memerlukan waktu yang lama, seperti yang terjadi pada Negara-negara yang memiliki cuaca dingin/salju.

Di Indonesia, untuk pengecoran dengan volume beton yang cukup besar akan memerlukan waktu yang lama didalam pelaksanaannya, pengecoran dan material beton yang sudah dicor mengalami variasi suhu yang terjadi mulai dari pagi, siang, sore dan malam hari, sehingga diperkirakan akan terjadi variasi mutu beton hasil pengecoran.

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh pengaruh suhu pada saat pengecoran terhadap kuat tekan dan tarik belah dari benda uji selinder yang dicor atau dibuat dalam waktu yang berbeda. Penelitian dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Beton yang akan diteliti adalah beton normal dengan mutu 30 MPa
2. Pembuatan sampel dilakukan pada pagi, siang, sore dan malam hari
3. Jumlah sampel pada setiap pembuatan sampel sebanyak 36 buah, 24 buah untuk uji tekan dan 12 buah untuk uji tarik belah.
4. Teori yang digunakan berdasarkan SNI 2847-2013

Beberapa penelitian sejenis terdahulu yaitu pemanasan benda uji berukuran kubus 15 cm x 15 cm x 15 cm pada temperatur 200-600°C menunjukkan terjadi penurunan kuat tekan beton rata-rata seiring dengan meningkatnya temperatur [1], pengujian dengan benda uji yang memiliki kuat tekan rencana 25 Mpa menunjukkan adanya pengaruh signifikan dari kelembaban terhadap kuat tekan beton [2], pemeriksaan kuat tekan rata-rata dan kuat tekan karakteristik diketahui bahwa agregat yang bertemperatur tinggi akibat panas matahari mempengaruhi faktor air-semen yang mengakibatkan pengikatan semen tidak optimal [3], Penambahan suhu pada beton berakibat pada penurunan kuat tekan [4], variasi suhu pembakaran pada campuran abu cangkang sawit menghasilkan penurunan kuat tekan beton normal, hal yang sama juga berlaku untuk beton tanpa pembakaran [5], Kuat tekan pada perawatan beton berserat baja dengan perawatan konvensional berturut-turut pada umur 3 hari: 35.36 N/mm², 7 hari: 41.87 N/mm², 14 hari: 43.32 N/mm², dan 28 hari: 48.66 N/mm² [6]. [7], pada perawatan elevated suhu menghasilkan peningkatan kuat tekan dan tarik belah pada umur muda beton, dan berbanding

terbalik untuk umur 28 hari beton [7], penurunan kuat tekan beton dipengaruhi oleh perbedaan temperature mortar dan umur beton [8], pada pencampuran beton, pemakaian air/es biasa akan mempengaruhi temperatur [9], peningkatan kuat tekan beton tidak dapat dihasilkan dengan penggunaan bahan anorganik plastik [10].

Karakteristik beton merupakan gambaran dari mutu beton yang ada kaitannya dengan mutu beton. Ada 5 pengujian karakteristik beton yaitu kuat tekan, kuat tarik, modulus elastisitas, kuat lentur, uji lekat beton dan tulangan.

Dalam penelitian ini, ada 3 pengujian yang akan dilakukan, yaitu:

1. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan adalah kemampuan suatu beton untuk menahan berapa besar gaya tekan yang di berikan. Adapun kuat tekan beton dapat di pengaruh oleh beberapa faktor yaitu nilai faktor semen, cara perawatan, rasio agregat, dejabat pemadatan dan jenis semen. Kuat tekan dihitung dari beban tekan maksimum yang dapat ditahan dibagi dengan luas penampang benda uji

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

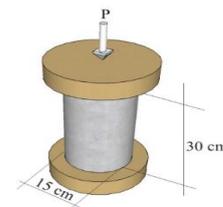
Keterangan:

f'_c = kuat tekan beton (MPa)

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm²)

Mekanisme pengujian kuat tekan beton ditunjukkan pada gambar 1



Gambar 1. Uji kuat tekan

2. Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah adalah kemampuan balok beton yang di letakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji yang di berikan sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas.

$$f_t = \frac{2P}{\pi LD} \quad (2)$$

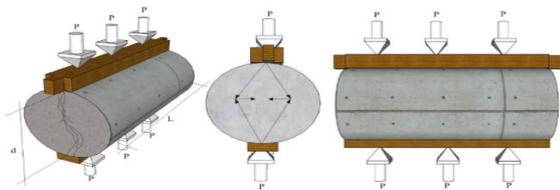
Keterangan:

f_t = Kuat tarik belah beton (N/mm, MPa)

P = Besarnya beban (N)

L = Panjang benda uji (mm)

D = Diameter benda uji (mm)



Gambar 2. Uji tarik belah

METODE

Agregat kasar dan agregat halus yang digunakan pada penelitian ini berasal dari sungai Jeneberang, semen yang digunakan adalah *Portland Composite Cement* (PCC) dan air yang digunakan adalah sumur bor dan air.



Gambar 3. Lokasi pengambilan material

Desain dan jumlah benda uji adalah sebagai berikut:

1. Jenis benda uji yaitu silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton.
2. Jumlah total sampel adalah 36 sampel.
3. *Slump test*

Benda uji yang telah didiamkan selama 1 hari dilepas dari cetakannya dan diberikan tanda kemudian dirawat dengan cara:

1. Beton dikeluarkan dari cetakan setelah 24 jam pengecoran atau beton mengeras.
2. Rendam di dalam bak air selama 4 hari untuk umur beton 7 hari dan 25 hari untuk umur beton 28 hari
3. Setelah beton diangkat dari dalam bak perendaman, beton kemudian dijemur selama 3 hari
4. Kemudian sebelum melakukan pengujian benda uji didinginkan terlebih dahulu sampai mencapai suhu ruang.
5. Setelah beton mencapai suhu ruang kemudian dilakukan pengujian kuat tekan dengan kuat tarik belah, kemudian dicatat hasilnya.

Pengujian kuat tekan dilakukan setelah proses

perawatan dengan cara perendaman air normal dengan masa pemeliharaan 7 dan 28 hari.

Adapun alat yang digunakan dalam pengujian kuat tekan beton adalah mesin penekan (*compression testing machine*) kapasitas 2000 KN

1. Pelaksanaan pengujian
2. Letakkan benda uji yang akan diuji pada alat penekan dengan posisi horizontal antara dua pelat landasan mesin uji tekan.
3. Atur alat tekan sehingga plat dasar menyentuh benda uji
4. Tekan tombol alat penekan, kemudian catat pembacaan pada alat penekan dimana jarum pembacaan tidak bergerak naik lagi. Hal ini menunjukkan bahwa pembebanan maksimum yang diberikan pada benda uji.
5. Nilai kuat tekan yang diperoleh.

Pengujian kuat tekan dilakukan setelah proses perawatan dengan cara perendaman air normal dengan masa pemeliharaan 28 hari.

Kegiatan yang dilakukan dalam persiapan pengujian yaitu: keluarkan benda uji dari cetakan silinder, timbang dan catat berat benda uji sebelum direndam dalam air, rendam benda uji dalam air selama 4 hari untuk 7 hari dan 25 hari untuk umur beton 28 hari, keluarkan benda uji yang telah melalui proses perawatan dalam air, keringkan benda uji sampai benda uji dalam keadaan benar-benar kering, timbang dan catat berat benda uji sebelum di uji kuat tekan.

Kegiatan dalam pelaksanaan pengujian yaitu: letakkan benda uji yang akan diuji pada alat penekan dengan posisi horizontal antara dua pelat landasan mesin uji tekan, atur alat tekan sehingga plat dasar menyentuh benda uji, tekan tombol alat penekan, kemudian catat pembacaan pada alat penekan dimana jarum pembacaan tidak bergerak naik lagi. Hal ini menunjukkan bahwa pembebanan maksimum yang diberikan pada benda uji, dan nilai kuat tarik belah yang diperoleh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Berdasarkan tabel 1, diperoleh nilai kuat tekan rata-rata pada pagi hari sebesar 31,196 Mpa, siang sebesar 30,326, sore sebesar 30,035 dan malam hari sebesar 30,761.

Berdasarkan tabel 2, diperoleh nilai kuat tekan rata-rata pada pagi hari sebesar 31,1962 Mpa, siang sebesar 30,3256 Mpa, sore sebesar 30,0354 Mpa dan malam hari sebesar 30,7609 Mpa.

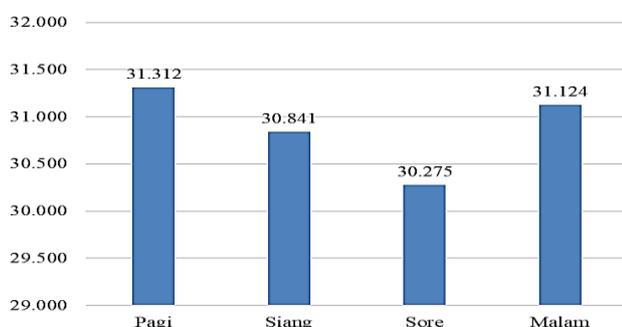
Tabel 1. Hasil pengujian kuat tekan beton umur 7 hari

| U m u r | Kode | Suhu | Kuat Tekan Aktual (MPa) | Kuat Tekan Aktual Rata-rata (MPa) | Kuat Tekan 28 Hari (MPa) |
|------------------|-------------------|------|----------------------------|---|-----------------------------|
| 7 | NKT PAGI (07:00) | 24°C | 20,089 | 20,278 | 31,196 |
| | | | 20,938 | | |
| | | | 19,806 | | |
| | NKT SIANG (11:00) | 31°C | 19,523 | 19,712 | 30,326 |
| | | | 20,372 | | |
| | | | 19,240 | | |
| | NKT SORE (15:00) | 31°C | 19,240 | 19,523 | 30,035 |
| | | | 19,806 | | |
| | | | 19,523 | | |
| | MALAM (19:00) | 28°C | 20,655 | 19,995 | 30,761 |
| | | | 19,806 | | |
| | | | 19,523 | | |

Tabel 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton umur 28 hari

| U m u r | Kode | Suhu | Kuat Tekan Aktual (MPa) | Kuat Tekan Aktual Rata-rata (MPa) | Kuat Tekan 28 Hari (MPa) |
|------------------|-------------------|------|----------------------------|---|-----------------------------|
| 28 | NKT PAGI (07:00) | 23°C | 31,690 | 31,312 | 31,312 |
| | | | 30,558 | | |
| | | | 31,690 | | |
| | NKT SIANG (11:00) | 30°C | 31,124 | 30,841 | 30,841 |
| | | | 30,558 | | |
| | | | 30,841 | | |
| | NKT SORE (15:00) | 31°C | 30,275 | 30,275 | 30,275 |
| | | | 29,426 | | |
| | | | 31,124 | | |
| | MALAM (19:00) | 28°C | 31,972 | 31,124 | 31,124 |

Kuat Tekan Vs Suhu



Gambar 4. Diagram hubungan kuat tekan dengan waktu

Dari gambar 4, bahwa pada waktu yang tepat untuk melakukan pengecoran adalah pada saat pagi dan malam hari yang mempunyai suhu yang tidak terlalu tinggi.

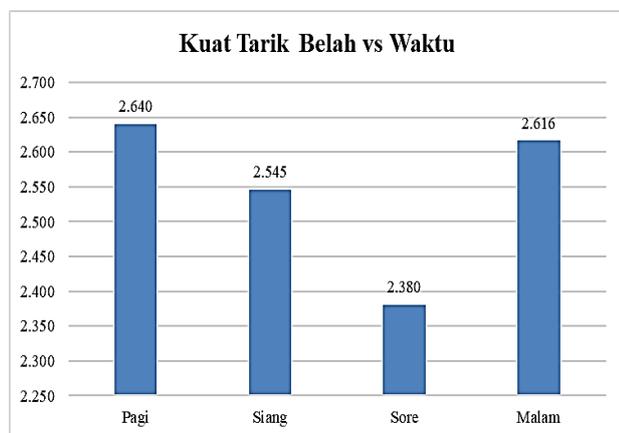
Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah pada beton bertujuan untuk mengetahui seberapa besar beban yang dapat diterima oleh beton tersebut dengan menggunakan mesin penekan (*compression testing machine*) pada saat beton mencapai umur rencana perawatan 28 hari. Hasil pengujian kuat tarik belah beton adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil pengujian kuat tarik belah beton

| U m u r | Kode | Suhu | Kuat Tekan Aktual (MPa) | Kuat Tekan Aktual Rata- rata (MPa) | Kuat Tekan 28 Hari (MPa) |
|------------------|-----------------------|------|----------------------------|--|-----------------------------|
| 28 | NKTB PAGI (07:00) | 23°C | 2,828 | 2,616 | 2,640 |
| | | | 2,404 | | |
| | | | 2,687 | | |
| | NKTB SIANG (11:00) | 30°C | 2,475 | 2,545 | 2,545 |
| | | | 2,616 | | |
| | | | 2,545 | | |
| | NKTB SORE (15:00) | 31°C | 2,121 | 2,263 | 2,380 |
| | | | 2,404 | | |
| | | | 2,616 | | |
| | NKTB MALAM (19:00) | 28°C | 2,687 | 2,616 | 2,616 |
| | | | 2,545 | | |
| | | | 2,616 | | |

Berdasarkan tabel 4, diperoleh nilai kuat tarik rata-rata pada pagi hari sebesar 2,640 Mpa, siang sebesar 2,545, sore sebesar 2,380 Mpa dan malam hari sebesar 2,616 Mpa. Untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada gambar 5.



Gambar 5. Hubungan kuat tarik belah dengan waktu

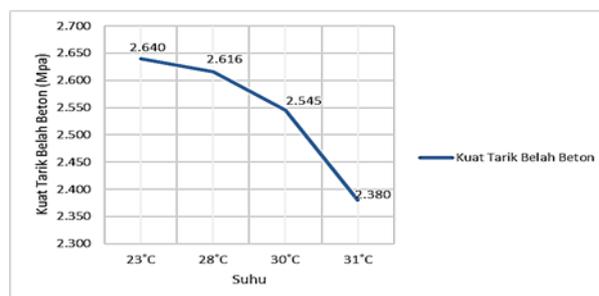
Dari gambar 5, dapat disimpulkan bahwa pada waktu yang tepat untuk melakukan pengecoran adalah pada saat pagi dan malam hari yang mempunyai suhu yang tidak terlalu tinggi.

Hubungan Kuat Tekan Dengan Suhu

Semakin tinggi suhu pengecoran, maka kekuatan beton akan menurun suhu saat pengecoran mempengaruhi kuat tekan pada beton, semakin rendah suhu saat pengecoran maka kuat tekan yang diperoleh akan bagus, begitupun sebaliknya jika suhu saat pengecoran tinggi maka kuat tekan yang diperoleh akan rendah.

Hubungan Kuat Tarik Belah Dengan Suhu

Untuk mengetahui hubungan kuat tekan dengan suhu, dapat di hat pada gambar 6 berikut ini:



Gambar 6. Hubungan kuat tarik belah beton dengan suhu

Dari gambar 6 dapat dilihat bahwa suhu saat pengecoran mempengaruhi kuat tekan pada beton, semakin rendah suhu saat pengecoran maka kuat tekan yang diperoleh akan bagus, begitupun sebaliknya jika suhu saat pengecoran tinggi maka kuat tekan yang diperoleh akan rendah. Jadi waktu yang tepat untuk melakukan pengecoran adalah pada saat pagi dan malam hari atau pada saat suhu rendah.

Hubungan Kuat Tekan Dengan Kuat Tarik Belah

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan nilai kuat tekan yang di peroleh pada umur 28 hari sebesar 30,888 Mpa dan Kuat karik belah sebesar 2,545 Mpa.

$$f_t = 2,545 \text{ Mpa}$$

$$f_c = 30,888 \text{ Mpa}$$

Sehingga persentase kuat tekan terhadap kuat tarik belah sebesar 8,239%. Untuk melihat nilai persentase terdapat pada tabel 4.

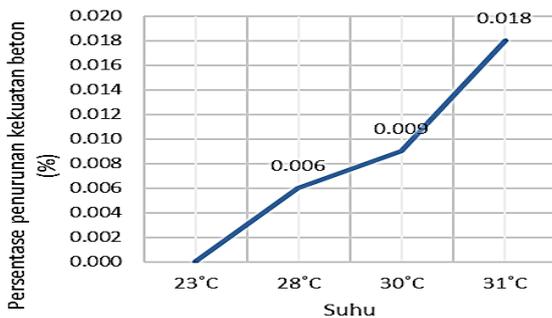
Tabel 4. Hubungan kuat tekan dengan kuat tarik belah

| U m u r | Kode | Suhu | Kuat Beton rata rata (MPa) | Tekan Rata- rata (MPa) | Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa) | Persentase (%) |
|------------------|----------------------|------|-------------------------------------|------------------------------|---|----------------|
| 28 | NKT PAGI (07:00) | 23°C | 31,312 | | 2,640 | 8,430 |
| | NKT SIANG (11:00) | 30°C | 30,841 | | 2,545 | 8,254 |
| | NKT SORE (15:00) | 31°C | 30,275 | | 2,380 | 7,863 |
| | NKT MALAM (19:00) | 28°C | 31,124 | | 2,616 | 8,406 |

Dari tabel 4 dapat dilihat bahwa suhu saat pengecoran mempengaruhi kuat tarik belah pada beton, semakin rendah suhu saat pengecoran maka kuat tarik belah yang diperoleh akan bagus, begitupun sebaliknya jika suhu saat pengecoran tinggi maka kuat tarik belah yang diperoleh akan rendah. Jadi waktu yang tepat untuk melakukan pengecoran adalah pada saat pagi dan malam hari atau pada saat suhu rendah.

Persentase Penurunan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton

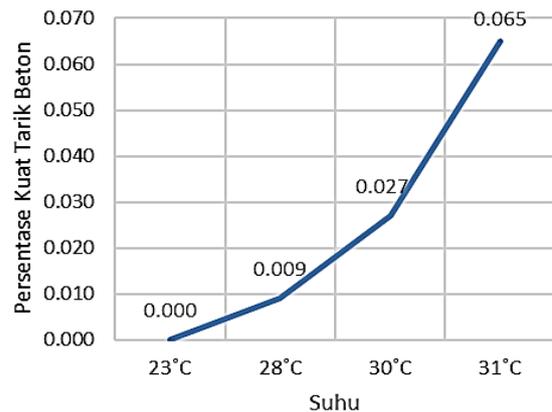
Persentase penurunan kekuatan beton berdasarkan suhu pengecoran dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Persentase penurunan kuat tekan beton

Dari gambar 7, terlihat semakin tinggi suhu pengecoran, maka kekuatan beton akan menurun. Persentase penurunan kekuatan beton berdasarkan suhu pengecoran di pagi hari sebesar 23°C dengan suhu di malam hari sebesar 28°C sebesar 0,006% begitupun dengan pengecoran pada malam hari dengan suhu 28°C dengan suhu 30°C pada siang sebesar 0,009%, pada saat siang hari dengan suhu 30°C dengan suhu 31°C pada sore hari sebesar 0,018%.

Persentase penurunan kuat tarik belah beton berdasarkan suhu pengecoran dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Persentase penurunan kuat tarik belah beton

Dari gambar 8, terlihat persentase penurunan kuat tarik belah beton berdasarkan suhu pengecoran di pagi hari sebesar 23°C dengan suhu di malam hari sebesar 28°C sebesar 0.009 % begitupun dengan pengecoran pada malam hari dengan suhu 28°C dengan suhu 30°C pada siang sebesar 0,027%, pada saat siang hari dengan suhu 30°C dengan suhu 31°C pada sore hari sebesar 0,065%.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, suhu pada saat pengecoran berpengaruh terhadap nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton tetapi tidak terlalu signifikan karena masih berada pada nilai kuat tekan beton yang direncanakan yaitu 30 Mpa dimana pada

suhu 23°C, 28°C, 30°C dan 31°C diperoleh nilai kuat tekan berturut-turut sebesar 31,312 Mpa, 31,124 Mpa, 30,841 Mpa dan 30,275 Mpa. dan nilai kuat tarik belah berturut-turut sebesar 2,640 Mpa, 2,616 Mpa, 2,545 Mpa dan 2,280 Mpa.

Nilai kuat tekan rencana beton adalah 30 Mpa memenuhi nilai kuat tekan yang telah direncanakan, dimana kuat tekan beton rata-rata sebesar 31,31 Mpa dan kuat tarik belah beton sebesar 2,64 Mpa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. A. Ahmad, N. A. S. Taufieq, dan A. H. Aras, 2009, "Analisis Pengaruh Temperatur terhadap Kuat Tekan Beton," *J. Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, Vol.16, No.2
- [2] A. M. Anggani, 2018, "Pengaruh Kelembaban Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Memadat Sendiri Dengan Metode *Destructive* dan *Non-Destructive*", Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram
- [3] H. Rahmani and A. Gazali, 2019, "Pengaruh Suhu Bahan Campuran Terhadap Sifat dan Mutu Beton Dalam Pelaksanaan Drainase Jalan pada Daerah Terpencil di Provinsi Kalimantan Selatan," *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, vol. 3, no. 0, Jun. 2019, doi: 10.12962/j26151847.v3i0.5354
- [4] D. Harahap dan B. Hariyanto, 2013, "Pengaruh Varian Suhu Air Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Karakteristik Beton", *J. Fondasi*, Vol. 2, No.2., 2013
- [5] F. Pratama, M. Kasmuri, dan A. Abraham, "Pengaruh Varuasi Suhu Pembakaran Abu Cangkang Sawit Sebagai Bahan Tambah dan *Superplasticizer* Terhadap Kuat Karakteristik Tekan Beton" Bina Darma Conferenceon Engineering Science
- [6] Y. E. Prasetyo and S. Widodo, 2015, "Pengaruh Cara Perawatan Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur" *INERSIA*, Vol. XI, No.1
- [7] B. Setiawan dan F. X. Supartono, 2018, "Analisis Heat Transfer Pada Beton Massa Menggunakan OPC Tipe I Dalam Hubungan Dengan Cara Curing", *J. Mitra Teknik Sipil*, vol.1, no.1, hlm.187-194
- [8] K. Miswar, 2011, Pengaruh Temperatur Air Campuran Terhadap Kuat Tekan Beton", *J. Portal*, vol.3, no.1. hlm.51-57
- [9] V. I. Kullit, S. E. Wallah, dan W. J. Tamboto, dan R. Pandaleke, 2013, "Pengaruh Variasi Suhu Pada Perawatan *Elevated* Temperatur Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton", *J. Sipil Statik*, vol.1, no.17, hlm.473 – 478
- [10] Azwanda, Samsunan, dan H. D. Rangga, 2017, "Pengaruh Substitusi Bahan Anorganik Plastik Terhadap Kuat Tekan Beton Normal", *J. Teknik Sipil dan Teknologi Konstruksi*, vol.3, no.4, hlm.52-63