

# PENURUNAN KUAT TARIK BAJA TULANGAN POLOS PADA MUTU BETON K-175 TEBAL SELIMUT 3 CM TERBAKAR DENGAN WAKTU YANG BERBEDA (Hasil Penelitian)

**Oleh: Ukiman, Setio Utomo, Hartono, Imam Nurhadi, Pentardi Rahardjo**  
Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang  
Jl. Prof. Soedarto, SH Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275

## Abstrak

*Beton merupakan material bangunan yang murah dan mudah dipadatkan atau dibuat, dapat memenuhi kebutuhan baik dari segi kekuatan maupun dari segi dimensi panjang bentang yang dibutuhkan. Kemajuan teknologi dan peningkatan kesejahteraan masyarakat mendorong pembangunan rumah tinggal menjadi gedung bertingkat banyak (rumah susun) dengan bahan beton bertulang. Pesatnya perkembangan rumah took atau disebut Ruko baik berlantai 2 (dua) atau (tiga) tidak diikuti kelengkapan alat penanggulangan bahaya kebakaran. Sehingga kadang bila terjadi kebakaran dan selain kerugian materi juga ada korban jiwa. Beton yang dikenal material yang tahan terhadap api bila terbakar dalam waktu yang lama dan suhu yang tinggi akan mengalami kerusakan (kuat tekan akan turun), tentunya dalam beton bertulang juga akan terjadi hal yang demikian, selain betonnya rusak tentunya baja tulangnya juga mengalami kerusakan/penurunan kuat tariknya. Apalagi bahan baja tulangan merupakan bahan penghantar panas dan bila pada suhu tinggi tertentu akan meleleh dan dapat melebur jadi cair. Sehingga pada struktur bertulang bertulang sebagai komponen bangunan bila terkena panas api dengan suhu tinggi dan durasi yang lama akan menurunkan kuat tarik baja tulangan yang akan berpengaruh pada kestabilan struktur bangunan konstruksi. Akibat struktur beton bertulang dengan selimut beton tebal 3 cm jika terbakar dengan panas bara api akan mengalami penurunan kekuatan pada mutu beton K 175 jika terbakar hingga 4 jam lebih akan kehilangan kuat tekan sampai 52% dan kehilangan nilai kuat tarik pada baja tulangan sampai 22%. Pengakajian ini pada kondisi pasca bakar (benda uji kondisi dingin). Pada durasi bakar sampai 8 jam maka kuat tekan beton K 175, hilangnya kekuatan sebesar 67% dan kehilangan nilai kuat tarik baja tulangan sebesar 24,16% (benda uji kondisi dingin atau pasca bakar pengujiannya).*

**Kata kunci :** Beton, Baja tulangan, Rusak, Durasi bakar.

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Bahan untuk pembuatan beton sangat banyak terhampar dimuka bumi ini, bahan beton seperti batu pecah, atau split dari hasil pemecahan batu baik secara manual ataupun mesin dengan ukuran yang berbeda serta pasir alami maupun serbuk dari hasil pemecahan batu. Secara sederhana beton dapat dikatakan material campuran dari agregat kasar (batu pecah) dan agregat halus (pasir) yang ditambah semen dan air diaduk hingga *homogeny* dan mengeras dalam waktu tertentu (proses kimia). Nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) dari beton merupakan fungsi dari banyak hal antara lain forsi campuran bahan, mutu dasar bahan, cara pelaksanaan serta perawatannya. Keunggulan bahan beton adalah mempunyai nilai kuat tekan yang tinggi dan kekurangannya adalah nilai

karakteristiknya yang rendah disbanding kuat tekannya. Selain itu untuk ukuran terlebih ukuran panjang dapat disesuaikan dengan panjang bentang bahan komponen konstruksi yang akan dibangun/dibuat walaupun bahan beton ini berat, tetapi dalam pembuatan komponen bangunan dapat bertahap kerana sifat semen yang mulai mengeras setelah lebih kurang satu jam jadi adukan (*setting time*).

Kemudahan dalam pembuatan beton, dimensi ukuran yang dapat mencukupi kebutuhan dan kuat tekan yang tinggi, maka bahan beton banyak dipakai dalam berbagai konstruksi bangunan, apabila bahan ini punya keawetan yang lama. Sehingga masyarakat luas dalam membangun rumah tinggal telah banyak yang menggunakan bahan beton, bahkan sampai rumah tinggal berlantai banyak

seperti apartemen, gedung sekolah dan lainnya, baik dengan bahan tambah seperti besi tulangan maupun tanpa bahan penguat lainnya, bahkan beton ini banyak digunakan besi tulangan yang ditempatkan pada bagian dalam yang mengalami gaya tarik, dalam analisa struktur beton bertulang telah diperhitungkan berdasarkan ukuran dan struktur bangunan dalam kondisi aman, stabil, kokoh serta tahan lama.

Konstruksi beton bertulang untuk pembesian harus tebungkus rapat dan pengaturan jarak harus persisi, untuk bidang luar diberi beton deking dan mampu memberikan pengamanan pada tulangan. Disisi lain beton tahan api terpaut dari batuan (agregat dan pasir). angka muai beton 0,000010 sampai 0,000013 dan untuk baja tulangan 0,000012, setiap kenaikan 1° C sehingga perbedaan tegangan yang timbul dapat diabaikan. Seperti dari siaran Metro pagi pertengahan Maret 2015 menjelaskan Gedung Kosgoro lantai 18 terbakar hingga 6 jam api belum bisa dikendalikan, penyebab kebakaran diperkirakan ada konsletting arus listrik dilantai 2. Sehingga perlu adanya penelitian dengan judul : Karakteristik baja tulangan pada mutu besi K 175 tebal selimut 3 cm yang terbakar durasi yang berbeda” besi yang kami teliti adalah besi tulangan polos diameter ( 8, 10, 12 mm) dan dibakar durasi (0, 2, 4, 6, 8 jam).

### **1.2. Perumusan Masalah**

Penelitian ini merupakan lanjutan pengembangan dari judul “Kajian Experimental Mutu Beton K 250 Pada Kondisi Terbakar dan Proses Pembakarannya Pada Suhu Api (>250°C). beton merupakan material yang tahan api bila terkena panas suhu tinggi dan durasi sampai 6 jam kuat tekannya akan turun sampai 40%, sehingga bangunan rusak. Era sekarang fasilitas tempat hunian dibuat berlantai banyak, adanya musibah kebakaran yang sering terjadi baik rumah tinggal, gedung, gudang, menginfirasikan penelitian untuk mengkaji kejadian

kebakaran terhadap perilaku salah satu bahan bangunan yaitu baja tulangan Ø 8, 10, 12 yang paling banyak dipakai di bangunan konstruksi.

Maka batasan-batasan penelitian sebagai berikut :

- a. Bahan baja tulangan Ø 8, 10, 12 mm yang ada dipasaran sekitar kampus Polines
- b. Mutu beton K 175 umur > 28 hari
- c. bahan bakar kayu dengan panas bakar suhu bara api dengan durasi (0, 2, 4, 6, 8) jam
- d. Jenis pengujian :
  - a) Uji kuat tekan beton
  - b) Uji kuat tarik baja tulangan
- e. Tempat : Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil –Polines.

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar penurunan kekuatan struktur bangunan yang terjadi, sehingga dapat diberikan arahan atau rekomendasi bahwa bangunan konstruksi gedung yang terbakar apakah masih aman digunakan atau tidak, berdasarkan pola hubungan antar durasi bakar terhadap nilai kekuatan tarik baja tulangan polos dan kuat tekan beton.

## **2. Tinjauan Pustaka**

### **2.1. Bahan Beton**

Yang dimaksud dengan beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidrolik yang lain, agregat kasar, agregat halus dan air tanpa atau bahan tambah membentuk massa yang padat dan keras (SNI 03-2834-1993) Bahan semen berfungsi sebagai bahan pengikat dan agregat kasar dan halus sebagai bahan pengisi. Agregat kasar dapat dari hasil pemecahan batu secara masinal maupun manual dengan ukuran Ø (5-40) mm, sedangkan agregat halus dapat dari pemecahan batu atau pasir alami dengan ukuran butiran antara Ø (0,5-5)mm.

Air merupakan bahat pelarut yang dapat menjadikan semen menjadi pasta, sehingga pasta semen akan membungkus seluruh permukaan butiran pasir, agregat, dan

permukaan besi tulangan agar diperoleh rekatan yang kuat. Air untuk pembuatan adukan semen beton harus bersih dari kandungan mineral yang dapat merusak beton. Perbandingan jumlah air dan banyaknya semen sering disebut factor air semen (fas) besarnya fas akan berpengaruh pada nilai Kuat Tekan Karakteristik Beton dengan jumlah sampel 20 buah benda uji pada umur 28 hari dengan cacat 5% yang ada (SKSNI- T15-2000).

## 2.2. Baja Tulangan Polos (BjTP)

Baja tulangan adalah baja yang berbentuk batang yang dipergunakan untuk tulangan beton dan memenuhi ketentuan (SNI 03-6861-2-2002). Berdasarkan bentuk baja tulangan terdiri dari baja tulangan polos dan tulangan profil (deform). Baja tulangan polos merupakan batang tulangan dengan permukaan yang polos dan berbentuk *prismatic*, sedangkan baja tulangan deform atau dipropilkan dan sering disebut baja tulangan *deform* dengan sirip teratur atau berulir, sifatnya tampak / visual baja tulangan tidak boleh mengandung sepihan-serpihan, lipatan-lipatan, retak-retak, bergelombang maupun cerna-cerna yang dalam atau tidak boleh berkarat sedikit/ringan permukaan (SNI 03-6861-2-2002)

## 2.3. Beton Bertulang

Beton bertulang adalah beton yang mengandung batang tulangan dan direncanakan berdasarkan anggapan bahwa kedua jenis bahan tersebut dapat berkerja sama dalam memikul gaya-gaya (PBI-1971). Struktur beton bertulang merupakan bahan paduan/komposit antara beton dan baja tulangan, bekerja bersama-sama dalam menahan beban. Baja tulangan merupakan bahan beton bertulang yang sangat penting dalam konstruksi beton bertulang, yang menahan distribusi gaya tarik/tekan adalah beton dan yang menahan gaya tarik adalah baja tulangan. Oleh karena itu

konstruksi beton tanpa baja tulangan tidak akan memiliki kekuatan yang optimal.

Beton mempunyai nilai kuat tekan yang cukup tinggi, tetapi kuat tariknya rendah dan harganya relative lebih murah dari bahan baja. Sedangkan bahan baja punya kuat tarik lebih tinggi tetapi harga cukup mahal dan perlu teknologi tinggi dalam penanganannya. Sehingga hal ini melatar belakangi pemakaian bahan baja yang kuat tariknya tinggi ditempatkan pada bagian komponen bangunan dengan beton yang terkena beban tarik dan disebut beton bertulang.

## 2.4. Pengaruh Panas pada Beton Bertulang

Material beton merupakan material yang tahan panas disbanding terhadap bahan kayu, baja, maka beton dapat dikatakan isolator /pelindung terhadap baja. Selain pelindung panas juga sebagai pelindung terhadap air sehingga baja tulangan tidak mudah korosi. Pada material yang terbakar rambatan panas yang terjadi cukup lemah sehingga tidak menyebabkan perubahan yang mendadak pada komponen struktur beton bertulang.

Sehingga perlu kajian yang spesifik untuk mengevaluasi tingkat kerusakan pada beton maupun baja tulangan akibat kebakaran dengan durasi yang lama. Melalui beton yang terbakar dapat dijadikan pengalaman untuk diambil manfaat sebagai informasi yang berharga untuk panduan pengambil keputusan dimasa mendatang (Soemadi & munaf, 1988 dalam Trisni, 2006, Pilar Vol 15 No 2).

Kerusakan beton dapat terjadi akibat perbedaan angka muai antara agregat dan pasta semen yang mengakibatkan lekatan pada batuan menjadi berkurang. Pada material pasta semen akan menyusut (*mongering*) dan agregat akan memuai menimbulkan retak-retak pada beton yang mengakibatkan kualitas beton menurun

(Trimulyono, 2003 dalam Hartono, 2009 Orbith Vol.5 nomor 1)

Beton pada suhu 100°C, air kapiler akan menguap dan pada suhu 200°C, air yang terserap dalam agregat mulai menguap, penguapan air mengakibatkan penyusutan pada pasta semen dan beton pada suhu 400°C pasta yang sudah terdurasi akan terurai kembali sehingga kekuatan beton mulai terganggu (Paul N dan Antoni, 2007, Teknologi Beton, Andi Offset, Yogyakarta).

## **2.5. Penelitian Yang Penah Dilaksanakan**

Penelitian yang telah dilakukan terhadap beton tulangan :

- a. kajian baja tulangan plat pada beton pasca bakar di pasaran Bitingan Demak (Fx. Gunarso I, 1999) akibat terbakar kekuatan tariknya turun.
- b. Perubahan perilaku mekanis beton akibat temperature tinggi (Trisni B, dkk 2006 dalam Pilar Vol 15 No 2) Semakin tinggi suhu api yang dikenakan pada waktu 3 jam pada suhu 300° C pada beton maka kekuatannya turun berkisar 71,80%, juga pada suhu 600° C jadi 43,60% dan pada suhu 900° C jadi 15,40% untuk beton kuat tekan 21,6 mPa.
- c. Evaluasi terhadap karakteristik kuat tekan beton saat terbakar dan pasca bakar (Hartono, 2009 dalam Orbith vol 5 No 1 Maret 2009) Dapat disimpulkan bahwa mutu beton K 250 yang mengalami kebakaran pada temperature bar api diatas 250° C dapat menyebabkan penuruna kuat tekan.
- d. Kajian eksperimental kuat tekan beton dan lekatan beton mutu beton normal (Fe 12,50, 17,50, dan 22,500 pada baja tulngan polos kondisi pasca bakar dengan durasi yang berbeda (Sugiharto dkk, 2011 dan Penelitian Terapan Luar Biasa)

## **3. Metode Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian laboratorium, sehingga kegiatannya

dilakukan dilaboratorium Bahan Bangunan jurusan teknik sipil Politeknik Negeri Semarang. Bahan beton agregat kasar (split) dan hahus (pasir) dari perdagangan material sekitar kampus Polines termasuk bahan semen, baja tulangan dan paling banyak digunakan pada konstruksi rumah tinggal.

### **3.1 Bahan Beton Dan Baja Tulangan**

Campuran beton dibuat secara praktis dengan perbandingan volume, bahan campuran semen, pasir dan split memakai perbandingan 1:2:3 dengan air secukupnya, tebal beton deking 3 cm. Adukan beton dengan cara manual, yaitu perbandingan campuran sesuai takaran kemudian dicampur dengan membola-balikan hingga rata dan baru dicampur air sedikit demi sedikit hingga adukan merata dan mudah dikerjakan. Agar terarah penelitian ini mengacu bahan:

- a. Bahan semen PPC (Gresik)
- b. Pasir dari Muntilan (yang ada dipasaran Semarang)
- c. Batu pecah sekitar Semarang dan Air yang ada di Polines
- d. Ø baja tlgan (8, 10, 12) mm panjang 60 cm
- e. Durasi bakar (0, 2, 4, 6) jam bahan bakar kayu atau arang.

### **3.2. Prosedur Pelaksanaan Penelitian**

Dalam pelaksanaan dilakukan beberapa tahapan yaitu: persiapan sampel, pencampuran sampel, pembakaran, pengujian dan analisa data.

#### **3.2.1. Persiapan sampel**

Persiapan bahan, pemeriksaan propetis beton, air, mutu beton K 175, Ø baja tulangan,

#### **3.2.2. Rancangan campuran beton**

Rancangan beton K 175, test kuat tekan umur beton 3, 7, 14, 28 hari, perawatan sampel, pembuatan sampel balok beton dan pembakaran balok beton pada umur > 28 hari

**3.2.3. Tahapan Pembakaran**

- a. Persiapan tungku dan bahan bakar (kayu/arang)
- b. Kode/Notasi sampel dan tempat air pemadam api
- c. penyusunan dan pembakaran sampel balok beton durasi (0, 2, 4, 6) jam
- d. Penempatan sampel beton yang terbakar dan proses pendinginan.

**3.2.4. Tahapan pengujian dan analisa data**

- a. Uji kuat tekan dan tarik beton pasca bakar dengan durasi (0, 2, 4, 6) jam
- b. Uji kuat tarik baja tulangan pasca bakar dengan durasi (0, 2, 4, 6) jam

**3.3. Diagram Alir**



**4. Hasil Penelitian Dan Pembahasan**

**4.1. Analisa Data**

Dari sampel beton sesuai umur rencana dan dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari, serta hasil pengujian kuat tekan dikonvers terhadap umur beton pada 28 hari semua memenuhi syarat yaitu > dari K 175. Sedangkan dengan pengujian kuat tekan dengan hammer Test pada usia beton lebih besar dari 28 hari diperoleh nilai rata-rata 185 kg/cm<sup>2</sup> dan lebih besar dari K 175..

Data uji beton baik pemeriksaan mutu / kualitas, maupun beton terbakar dengan durasi yang berbeda disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 1. Data hasil uji Kuat Tekan Rancangan Campuran beton K 175

No	Kode Sampel	Umur sampel	Berat Sampel (gram)	Ukuran Sampel (cm)	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	K. Tekan Estimate (kg/cm <sup>2</sup> )	K. Tekan rata2 (estimasi)
1	1	3	7650	15x15x15	90,95	221,73	204,55
	2		7800		81,61	199,05	
	3		7700		77,56	189,17	
	4		7550		82,29	200,71	
	5		7800		86,96	212,10	
2	1	7	7450	15x15x15	129,84	190,94	193,96
	2		7600		135,36	199,06	
	3		7800		132,13	194,30	
	4		7550		125,06	183,91	
	5		7800		137,09	201,60	
3	1	14	7700	15x15x15	174,47	200,54	214,00
	2		7450		185,51	224,72	
	3		7600		188,88	217,10	
	4		7750		170,71	196,21	
	5		7550		201,38	231,47	
4	1	28	7650	15x15x15	198,72	198,47	199,56
	2		7800		205,14	205,14	
	3		7700		187,10	187,10	
	4		7750		192,25	192,25	
	5		7650		214,62	214,62	

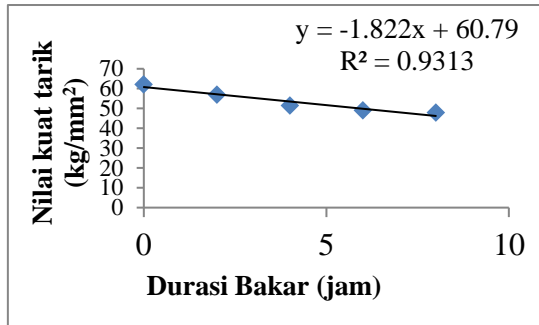
Tabel 2 : Data Uji Hammer Tes Umur Beton 28 Hari

No	Umur (hari)	Pembacaan Hammer R posisi sudut α = 90°					R Rata-rata	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
		1	2	3	4	5			
1	28	23	21	24	20	25	22,6	185	185,0
2	28	24	22	20	21	24	22,2	182	
3	28	23	26	21	24	21	23,0	188	

Tabel 3. Data uji tarik baja tulangan terbakar dengan durasi berbeda pada tulangan polos diameter 10 mm (nilai rerata)

No	Durasi Bakar	Nilai Kuat Tarik %
1	0	62,19
2	2	56,92
3	4	51,48
4	6	49,02
5	8	47,92

Grafik 1. Hubungan Nilai kuat tarik terhadap durasi bakar diameter 10 mm  
 Dari grafik hubungan kuat tarik terhadap durasi bakar gambar 1 dengan selimut beton 3 cm diperoleh persamaan  $y = -2.4995x + 62.838$  dengan  $R^2 = 0.7286$ .



Besarnya penurunan kuat tarik dalam persen adalah :

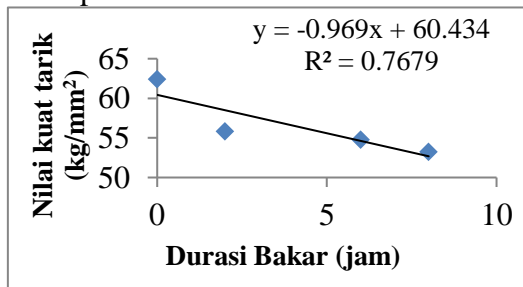
Tabel 4. Persentase penurunan kuat tarik baja tulangan diameter 10 mm.

No	Durasi Bakar	Besar kuat tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	Besarnya penurunan (%)	Keterangan
1	0	62,19	0	Dari kondisi awal
2	2	56,92	8,47	
3	4	51,48	17,22	
4	6	49,02	21,18	
5	8	47,92	22,95	

Tabel 5. Data uji tarik baja tulangan terbakar dengan durasi berbeda pada tulangan polos diameter 12 mm (nilai rerata)

No	Durasi Bakar	Nilai Kuat Tarik %
1	0	62,40
2	2	55,82
3	4	-
4	6	54,78
5	8	53,23

Grafik 2. Hubungan Nilai kuat tarik terhadap durasi bakar diameter 12 mm



Dari grafik hubungan kuat tarik terhadap durasi bakar gambar 2 dengan selimut

beton 3 cm diperoleh persamaan  $y = -0.969x + 60.434$  dengan  $R^2 = 0.76796$

Besarnya penurunan kuat tarik dalam persen adalah :

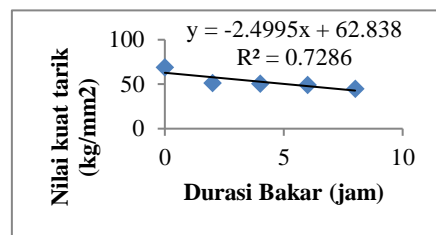
Tabel 6. Persentase penurunan kuat tarik baja tulangan diameter 12 mm.

No	Durasi Bakar	Besar kuat tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	Besarnya penurunan (%)	Keterangan
1	0	62,45	0	Dari kondisi awal
2	2	55,82	10,62	
3	4	-	-	
4	6	54,78	12,28	
5	8	53,23	14,76	

Tabel 7. Data uji tarik baja tulangan terbakar dengan durasi berbeda pada tulangan polos diameter 16 mm (nilai rerata)

No	Durasi Bakar	Nilai Kuat Tarik %
1	0	68,84
2	2	51,06
3	4	50,46
4	6	48,93
5	8	44,91

Grafik 3. Hubungan Nilai kuat tarik terhadap durasi bakar diameter 16 mm



Dari grafik hubungan kuat tarik terhadap durasi bakar gambar 3 dengan selimut beton 3 cm diperoleh persamaan  $y = -2.4995x + 62.838$  dengan  $R^2 = 0.7286$

Besarnya penurunan kuat tarik dalam persen adalah :

Tabel 8. Persentase penurunan kuat tarik baja tulangan diameter 12 mm.

No	Durasi Bakar	Besar kuat tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	Besarnya penurunan (%)	Keterangan
1	0	68,84	0	Dari kondisi awal
2	2	51,06	25,83	
3	4	50,46	26,70	
4	6	48,93	28,92	
5	8	44,91	34,76	

Rangkuman penurunan kuat tarik baja tulangan terbakar dengan selimut 3 cm

Tabel 9. Rangkuman penurunan kuat tarik baja tulangan terbakar dengan selimut 3 cm.

No	Durasi Bakar	Besarnya penurunan (%)			Rata-rata penurunan (%)
		10 mm	12 mm	16 mm	
1	0	0	0	0	0
2	2	8,47	10,62	25,83	14,97
3	4	17,22	-	26,70	21,96
4	6	21,18	12,28	28,92	20,79
5	8	22,95	14,76	34,76	24,16
<b>Rata-rata</b>					20,47

#### 4. Kesimpulan

Dari pembahasan 1, 2, dan 3 dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Akibat struktur beton bertulang dengan selimut beton tebal 3 cm jika terbakar dengan panas bara api akan mengalami penurunan kekuatan pada mutu beton K 175 jika terbakar hingga 4 jam lebih akan kehilangan kuat tekan sampai 52% dan kehilangan nilai kuat tarik pada baja tulangan sampai 22%. Pengakajian ini pada kondisi pasca bakar (benda uji kondisi dingin).
- b. Pada durasi bakar sampai 8 jam maka kuat tekan beton K 175 , hilangnya kekuatan sebesar 67 % dan kehilangan nilai kuat tarik baja tulangan sebesar 24,16 % (benda uji kondisi dingin atau pasca bakar pengujiannya).

#### DAFTAR PUSTAKA

- NSPM, Kumpraswil ,2002, Metode Spesifikasi dan Tata Cara Bagian 3, Beton Semen, Perkerasan Beton Semen, Jakarta :Balitbang Dept Kimpraswil*
- PBBI-1971-NI-2, Yayasan Dana Normalisasi Indonesia Dept PU.*
- Priyo sulisty, 2001, Evaluasi Mutu Balok Beton Bertulang Pasca Kebakaran, Proseding Seminar Nasional “Mekanika dan Teknologi Bahan” Yogyakarta- Naviri*
- SK SNI-S-04. 1989 F , Spesifikasi Bahan Bngunan Bagian A, Bandung. Yayasan LPMB*
- Tri M, 2003, Teknologi Beton, Jakarta FT Unifersitas Negeri Jakarta*

*Tjokrodimulyo, 1996, Teknologi Beton Yogyakarta-naviri.*

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada Direktur Politeknik Negeri Semarang yang telah memberikan kesempatan dalam penelitian ini sehingga dapat terlaksana dengan baik melalui Daftar Isian Penggunaan Anggaran Kegiatan Bantuan Penelitian Swadana-PNBP Dosen Politeknik Negeri Semarang Tahun Anggaran 2015