

# UJI MEKANIK BATANG BESI PEJAL KSTI 8 MM, KSJI 10 MM DAN KSJI 12 MM DALAM CORAN BETON YANG DIPANASKAN DALAM TUNGKU BAKAR

**Nukman dan Riadi Mikail**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Inderalaya, 30662

E-mail: nukman@ft.unsri.ac.id

## Abstrak

*Batang besi pejal termasuk ke dalam jenis baja karbon yang sering digunakan sebagai penguat konstruksi bangunan apabila ditanam dalam coran semen, pasir dan batu koral. Proses perlakuan panas terhadap batang besi pejal akan menyebabkan perubahan sifat mekanik dan perubahan struktur mikro. Pada penelitian ini, perubahan sifat mekanik tersebut terjadi setelah dilakukan pembakaran pada coran beton selama 2 jam 50 menit. Adapun sifat mekanik yang diuji adalah sifat baja terhadap pembebanan tarik, sifat baja pada pembebanan tiba-tiba dan sifat kekerasan baja. Penelitian ini menggunakan batang besi pejal KSTI Ø 8 mm, KSJI Ø 10 mm dan KSJI 12 Ø sebagai objek penelitian. Kekuatan tarik maksimum ( $\sigma_u$ ) batang besi pejal yang tidak mengalami pembakaran Ø 8 mm adalah 42,29 kgf/mm<sup>2</sup> sampai dengan 43,39 kgf/mm<sup>2</sup>, Ø 10 mm adalah 38,59 kgf/mm<sup>2</sup> sampai dengan 45,98 kgf/mm<sup>2</sup>, Ø 12 mm adalah 41,84 kgf/mm<sup>2</sup> sampai dengan 45,02 kgf/mm<sup>2</sup>. Batang besi pejal yang mengalami pembakaran, kekuatan tarik maksimum ( $\sigma_u$ ) Ø 8 mm adalah 40,29 kgf/mm<sup>2</sup> sampai dengan 41,99 kgf/mm<sup>2</sup>, Ø 10 mm adalah 38,77 kgf/mm<sup>2</sup> sampai dengan 46,82 kgf/mm<sup>2</sup>, Ø 12 mm adalah 39,80 kgf/mm<sup>2</sup> sampai dengan 43,25 kgf/mm<sup>2</sup>. Kekuatan impak batang besi pejal yang tidak mengalami pembakaran Ø 8 mm adalah 18,49 joule sampai dengan 35,98 joule, untuk Ø 10 mm adalah 35,98 joule sampai dengan 76,69 joule, Ø 12 mm adalah 125,01 joule sampai dengan 136,66 joule. Untuk batang besi pejal yang mengalami pembakaran energi yang diperlukan untuk mematahkan spesimen uji impak dengan Ø 8 mm adalah 18,49 joule sampai dengan 35,98 joule, untuk Ø 10 mm adalah 28,32 joule sampai dengan 43,83 joule, Ø 12 mm adalah 166,33 joule sampai dengan 186,69 joule. VHN rata-rata batang besi pejal yang tidak mengalami pembakaran, adalah 167,045, untuk Ø 10 mm adalah 199,811, untuk Ø 12 mm adalah 178,532. VHN rata-rata untuk spesimen yang mengalami pembakaran, untuk Ø 8 mm adalah 170,811, untuk Ø 10 mm adalah 203,27, untuk Ø 12 mm adalah 197,435.*

*Kata kunci: baja, perlakuan panas, beton*

## 1. PENDAHULUAN

Pada era modern seperti sekarang ini, perkembangan teknologi di dunia maju pesat. Salah satunya adalah perkembangan dalam bidang material, khususnya besi. Besi sering digunakan karena jumlahnya yang melimpah dan dapat dipadukan dengan unsur-unsur lainnya. Besi yang dipadukan dengan karbon disebut baja karbon. Baja karbon memiliki banyak kegunaan diberbagai jenis bidang, seperti bidang industri dan rumah tangga. Contoh penggunaan baja di bidang industri antara lain digunakan untuk alat-alat perkakas, komponen-komponen otomotif, dan sebagainya. Selain itu, baja juga dapat digunakan sebagai penguat konstruksi bangunan apabila digunakan sebagai tulangan yang di tanam kedalam coran semen.

Pengecoran beton dilakukan dengan mencampurkan semen, pasir, dan batu koral untuk membuat coran beton. Kemudian tulangan yang terbuat dari baja ditanamkan kedalam campuran semen, pasir, dan batu koral. Sehingga membuat coran semen menjadi kokoh.

Baja adalah logam ferrous dengan paduan besi dasar besi dan karbon dengan kandungan karbon 0,018 s.d 1,7 % (gambar 1). Berdasarkan komposisi kimia kimianya, baja dibagi menjadi 2 (dua) antara lain baja karbon (Carbon Steel) dan baja paduan.

Baja karbon adalah paduan besi karbon dimana unsur karbon sangat menentukan sifat dari baja karbon tersebut. Sedangkan unsur-unsur lainnya yang terkandung didalam baja karbon terjadi karena proses pembuatannya.

Berdasarkan kandungan karbon, baja karbon dikelompokkan menjadi 3 (tiga), antara lain a). Baja Karbon Rendah (Low Carbon Steel), adalah baja karbon yang memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3 % C. b). Baja Karbon Menengah (Medium Carbon Steel), adalah baja karbon yang memiliki kandungan karbon antara 0,3 s.d 0,55 % C. c). Baja Karbon Tinggi (High Karbon Steel), adalah baja karbon yang memiliki kandungan karbon lebih dari 0,5 % C.

Sifat-sifat baja karbon bisa ditentukan oleh persentasi karbon dan mikro struktur. Mikro struktur dari baja sangat dipengaruhi oleh perlakuan panas dan unsur karbon yang terkandung di dalamnya. Selain kadar karbon baja karbon juga terdapat kandungan lain yang mempengaruhi sifat-sifat baja karbon, misalnya mangan, silisium, fosfor dan belerang.

Baja paduan adalah baja yang selain mengandung karbon dan unsur lainnya seperti mangan, silisium, fosfor dan belerang juga mengandung unsur-unsur lain. Unsur-unsur paduan lain yang terkandung didalam baja paduan antara lain kromium, vanadium, nikel dan unsur-unsur lainnya.

Penambahan unsur-unsur tersebut untuk memperoleh sifat-sifat yang lebih baik. Selain memperbaiki sifat mekanik, juga memperbaiki sifat tahan korosi, tahan terhadap temperatur tinggi, tahan aus dan sifat listrik serta magnetiknya.

Perlakuan panas adalah proses pemanasan dan pendinginan logam untuk mengubah sifat fisik dan sifat mekanik tanpa mengubah bentuk dari logam itu sendiri. Perlakuan panas dapat pula terjadi tanpa disengaja, misalnya pada saat pengelasan ataupun pada saat proses pembentukan. Perlakuan panas sering dikaitkan dengan meningkatkan kekuatan material, tetapi juga dapat digunakan untuk mengubah tujuan manufaktur tertentu seperti memperbaiki mesin, meningkatkan sifat mampu bentuk, mengurangi ductility setelah operasi bekerja dingin. Dengan Perlakuan panas sangat memungkinkan yang tidak hanya dapat membantu proses manufaktur, tetapi juga dapat meningkatkan kinerja produk dengan meningkatnya kekuatan atau karakteristik lain yang diinginkan.

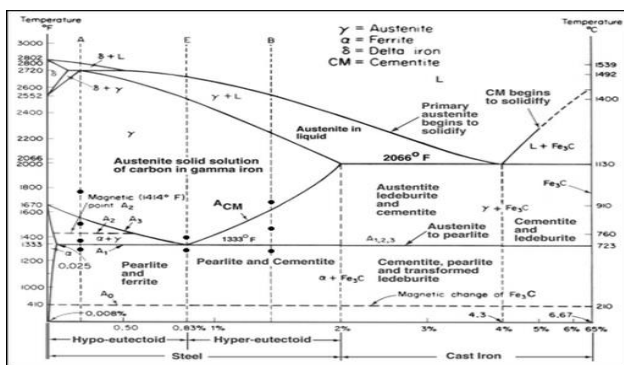
Secara umum perlakuan panas (Heat treatment) diklasifikasikan dalam 2 (dua) jenis yaitu:

1. Near Equilibrium (mendekati kesetimbangan)

Tujuan umum dari perlakuan panas jenis near equilibrium ini diantaranya adalah untuk melunakkan struktur kristal, menghaluskan butir, menghilangkan tegangan dalam dan memperbaiki machinability. Jenis perlakuan panas near equilibrium, misalnya full annealing, stress relief annealing, proses annealing, dan normalizing.

2. Non Equilibrium (tidak seimbang)

Tujuan umum dari perlakuan panas jenis non equilibrium ini adalah untuk mendapatkan kekerasan dan kekuatan yang lebih tinggi. Jenis dari perlakuan panas non equilibrium adalah hardening, martempering, austempering, surface hardening, dan flame hardening.



Gambar 1. Diagram Fasa Besi Karbon (Fe-Fe<sub>3</sub>C)

Secara umum perlakuan panas dengan kondisi near equilibrium dapat disebut dengan annealing. Annealing adalah suatu proses perlakuan panas yang sering dilakukan terhadap logam atau paduan dalam proses pembuatan suatu produk. Tahapan dari proses annealing ini dimulai dengan memanaskan logam sampai temperature tertentu, menahan temperature tertentu tadi selama beberapa waktu tertentu agar tercapai perubahan yang diinginkan lalu mendinginkan logam atau paduan tadi dengan laju pendinginan yang cukup lambat. Jenis

annealing itu beraneka ragam, tergantung pada jenis atau kondisi benda kerja, temperatur pemanasan lamanya waktu penahanan dan laju pendinginan.

Proses perlakuan panas yang mendekati kesetimbangan terbagi menjadi beberapa proses diantaranya yaitu:

Full Annealing

Merupakan proses perlakuan panas untuk menghasilkan perlite yang kasar tetapi lunak dengan pemanasan sampai austenisasi dan didinginkan dengan dapur, memperbaiki ukuran butir serta dalam beberapa hal juga memperbaiki machinability. Pada proses full annealing ini biasanya dilakukan dengan memanaskan logam sampai keadaan temperature tertinggi untuk baja hypoeutectoid, 25°C hingga 50°C. Perlu diketahui bahwa selama pemanasan dibawah temperature tertinggi maka belum terjadi perubahan struktur mikro. Perubahan baru mulai terjadi bila temperature pemanasan mencapai butir-butir kristal perlit bertransformasi menjadi austenite yang halus. Pada temperature ini butir Kristal austenite masih halus sekali dan tidak homogen. Baja yang dalam proses pengerjaannya mengalami pemanasan sampai temperatur yang terlalu tinggi ataupun waktu tahan (holding time) terlalu lama biasanya butiran kristal austenitenya akan terlalu kasar dan bila didinginkan dengan lambat akan menghasilkan ferrite atau pearlite yang kasar sehingga sifat mekaniknya juga kurang baik dan akan lebih getas.

Normalizing

Merupakan proses perlakuan panas yang menghasilkan perlite halus, pendinginannya dengan menggunakan media udara, lebih keras dan kuat dari hasil annealing. Secara teknis prosesnya hampir sama dengan annealing, yakni bias any dilakukan dengan memanaskan logam sampai temperatur tertinggi. Kemudian dilanjutkan dengan pendinginan pada udara, pendinginan ini lebih cepat daripada pendinginan pada annealing.

Spheroidizing

Merupakan proses perlakuan panas untuk menghasilkan struktur karbida berbentuk bulat (spheroid) pada matriks ferrite. Pada proses ini akan memperbaiki machinability pada baja paduan kadar karbon tinggi. Secara sederhana dapat dijelaskan sebagai berikut: bahwa baja hypereutectoid yang diannealing mempunyai struktur yang terdiri dari pearlite yang terbungkus oleh cemented. Adanya jaringan cemented menyebabkan besi mempunyai machinability rendah. Untuk memperbaikinya maka cemented tersebut harus dihancurkan dengan proses spheroidizing.

Spheroidizing ini dilaksanakan dengan melakukan pemanasan sampai disekitar temperature tertinggi atau sedikit dibawahnya dan dibiarkan pada temperature tersebut dalam waktu yang lama sekitar 24 jam baru kemudian didinginkan. Karena berada pada temperature yang tinggi dalam waktu yang lama maka cemented yang tadinya berbentuk plat atau lempengan akan hancur menjadi bola-bola kecil yang disebut dengan spheroidite yang tersebar dalam matriks ferrite.

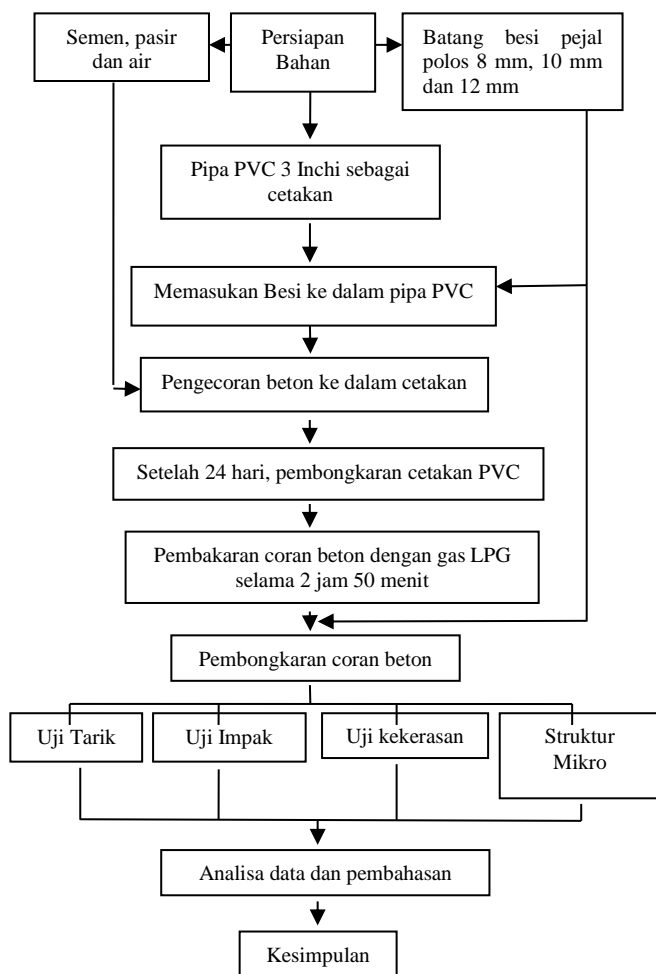
Proses Annealing

Merupakan proses perlakuan panas yang bertujuan untuk melunakkan dan menaikkan kembali keuletan benda kerja agar dapat dideformasi lebih lanjut. Pada dasarnya proses

Annealing dan stress relief Annealing mempunyai kesamaan yakni bahwa kedua proses ini dilakukan masih dibawah temperature 50°C sehingga pada dasarnya yang terjadi hanyalah rekristalisasi saja.

### Stress Relief Annealing

Merupakan proses perlakuan panas untuk menghilangkan tegangan sisa akibat proses sebelumnya. Perlu diingat bahwa baja dengan kandungan karbon dibawah 0,3% C itu tidak bisa dikeraskan dengan membuat struktur mikronya berupa martensite, dan cara agar kekerasannya meningkat tetapi struktur mikronya tidak martensite dapat dilakukan dengan pengerjaan dingin (cold working) tetapi perlu diingat ini kan timbul yang namanya tegangan dalam atau tegangan sisa dan untuk menghilangkan egangan sisa ini perlu dilakukan proses stress relief Annealing.



**Gambar 2.** Diagram Alir Metode Penelitian

Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui sifat mekanik batang besi pejal KSTI dan KSJI produksi Krakatau Steel sebelum dan sesudah diberi perlakuan panas serta untuk mengetahui perubahan struktur mikro dari batang besi pejal KSTI dan KSJI sebelum dan sesudah diberi perlakuan panas.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dapat dilihat melalui diagram alir dibawah ini (gambar 2)

Tungku bakar yang digunakan untuk pembakaran coran beton ini terbuat dari plat besi yang memiliki panjang 75 cm, lebar 75 cm dan tinggi 75 cm. Di dalam tungku tersebut dibuat dinding dari batu bata dan semen agar dapat meletakkan coran beton yang akan di bakar. Termokopel yang digunakan adalah termokopel tipe K yang memiliki ketahanan hingga temperatur 1300°C. Besi batang besi pejal yang digunakan dalam penelitian ini adalah KSTI berdiameter 8 mm, KSJI yang berdiameter 10 mm dan 12 mm. Gas LPG digunakan untuk bahan bakar dalam proses pembakaran coran beton.



**Gambar 3.** Cetakan Coran Beton

Sebelum membuat coran beton, langkah pertama yang dilakukan adalah mempersiapkan peralatan dan bahan-bahan untuk membuat coran seperti semen, pasir, air, besi batang besi pejal, pipa PVC, mistar dan sendok semen. Setelah persiapan selesai, maka dilanjutkan ke tahap berikutnya, Dalam pembuatan cetakan untuk coran beton dipakai pipa PVC berdiameter 3 inci sebanyak 24 buah dengan panjang 30 cm. (gambar 3)

Besi batang besi pejal KSTI berdiameter 8 mm, KSJI yang berdiameter 10 mm dan 12 mm dimasukkan kedalam cetakan pipa PVC yang ditaruh tegak. Kemudian dimasukkan adonan semen sebanyak ¼ dari isi cetakan pipa PVC, lalu besi batang besi pejal tersebut dimasukkan ke dalam cetakan. (gambar 4)



**Gambar 4.** Memasukkan besi batang besi pejal kedalam cetakan

Pengecoran coran beton menggunakan adonan semen dan pasir dengan perbandingan komposisi 2 : 1. Pengecoran dilakukan setelah memasukkan besi batang besi pejal kedalam cetakan pipa PVC yang telah terisi adonan semen sebanyak ¼ dari isi cetakan. Dengan memasukkan adonan semen kedalam cetakan pipa PVC yang berisi besi batang besi pejal sampai adonan semen memenuhi cetakan dan menutupi besi batang besi pejal yang ada didalamnya.



**Gambar 5.** Coran beton yang telah dilepas dari cetakan. Pembakaran coran beton dilakukan setelah coran beton didiamkan selama 30 hari. Setelah coran menjadi keras, cetakan PVC di lepaskan dari coran yang telah mengeras. Untuk masuk ketahap pembakaran, tungku bakar harus dipersiapkan terlebih dahulu. Persiapan yang dilakukan dengan memasang regulator ke tabung gas. Kemudian selang yang telah dihubungkan ke regulator dipasang ke ujung dari distributor yang berada diluar tungku bakar. Tungku bakar yang digunakan memiliki panjang 75 cm, lebar 75 cm dan tinggi 75 cm. Bagian dalam tungku diberi lapisan batu bata dan semen agar dapat menempatkan coran semen dan dapat berfungsi juga sebagai penahan panas.

Setelah persiapan selesai, coran beton dimasukan kedalam tungku. Kemudian coran beton disusun kedalam tungku. Setelah itu mengalirkan sedikit gas LPG kedalam tungku, kemudian disulut dengan api. Setelah api kecil hidup, tutup tungku. Tutup tungku dibuka sedikit agar udara dapat masuk dan api tetap menyala. Setelah tutup dipasang, valve dibuka agar gas mengalir kedalam tungku sehingga api membesar dan terjadi pembakaran didalam tungku.

Pengukuran temperatur didalam tungku bakar dengan memasukkan probe termokopel ke dalam lubang yang telah dibuat pada tungku. Lubang pengukuran dibuat karena tungku tidak bisa di buka pada saat proses pembakaran. Pencatatan temperatur dilakukan setiap 10 menit selama 2 jam 50 menit proses pembakaran. Hal ini dilakukan karena tidak bisa terus berada didekat tungku akibat suhu tungku yang panas dan menghindari gas LPG yg menyebar di sekitar tungku bakar.

Dari pengukuran temperatur pada setiap 10 menit yang akan diambil rata-rata selama 2 jam 50 menit. Selanjutnya coran dibiarkan dingin dalam suhu 30° dan kemudian coran dapat di bongkar dan dapat dilakukan pengujian mekanik terhadap besi batang besi pejal yang berada didalam coran beton tersebut

Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Metalurgi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Pengujian ini menggunakan mesin uji tarik Universal Testing Machine Testing Rat – 30P. Pengujian tarik dilakukan pada besi batang besi pejal berdiameter 8 mm, KSJI yang berdiameter 10 mm dan 12 mm. Besi batang besi pejal tersebut dibentuk sesuai dengan standar JIS Z 2201 (gambar 6)

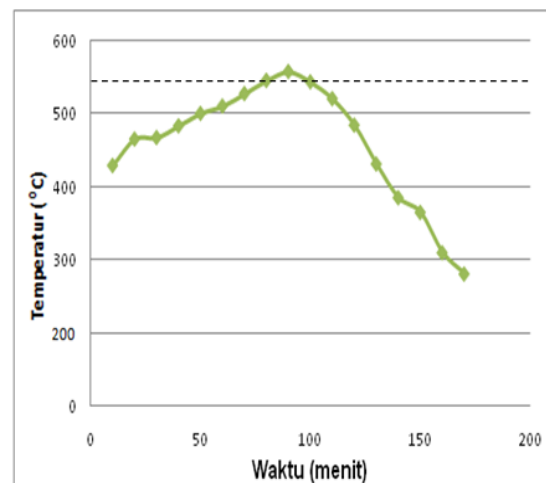


**Gambar 6.** Spesimen Uji Tarik

Pengujian Impak dilakukan di Laboratorium Metalurgi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan menggunakan Charpy Impak Testing machine dengan standar JIS B 7722. Spesimen di uji pada temperatur kamar 27°C dengan sudut angkat palu ( $\alpha$ ) 130°.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pembakaran material di dalam sumbu bakar, maka hasil pengukuran temperatur dapat dilihat pada gambar 7.



**Gambar 7.** Kurva temperatur pembakaran tabung coran beton

Dari gambar di atas terlihat pola temperatur api berbentuk melengkung, dimana temperatur minimal api adalah 429°C, temperatur maksimum 557°C yang terjadi pada menit ke-100 dan temperatur terakhir adalah 281°C yaitu pada menit ke-170, dimana gas LPG dari tabung 15 kg berangsur habis.

Proses perlakuan panas ini tidak mempunyai waktu tahan (holding time). Hal ini berbeda pada perlakuan panas pada umumnya yang memiliki waktu tahan.

Sampel yang akan diujikan sifat mekanisnya terdiri dari spesimen besi batang besi pejal KSTI Ø 8 mm, besi batang besi pejal KSJI Ø 10 mm dan besi batang besi pejal KSJI Ø 12 mm. Sedangkan pengolahan data sifat mekanis spesimen besi batang besi pejal meliputi pengolahan daya uji tarik, uji impak, uji kekerasan dan pengamatan struktur mikro sebelum dan sesudah pengamatan terjadi.

**Tabel 1.** Hasil Perhitungan Tegangan Tarik Spesimen Yang Tidak Mengalami Perlakuan Pada Batang Besi Pejal KSTI Ø 8 mm

Peng ujian	L <sub>0</sub> (mm)	L <sub>i</sub> (mm)	D (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	P <sub>T</sub> (kg)	P <sub>e</sub> (kg)	P <sub>f</sub> (kg)	σ <sub>T</sub> (kg/mm)	σ <sub>e</sub> (kg/mm)	σ <sub>f</sub> (kg/mm)	ε (%)
1	64	86	8	50,24	1475	2180	1595	29,35	43,39	31,74	34
2	64	87	8	50,24	1385	2125	1505	27,56	42,49	29,95	37
3	64	88	8	50,24	1475	2135	1595	29,35	42,29	31,74	35
4	64	85	8	50,24	1435	2125	1500	28,56	42,29	29,85	34

**Tabel 2.** Hasil Perhitungan Tegangan Tarik Spesimen Yang Tidak Mengalami Perlakuan Pada Batang Besi Pejal KSJI Ø 10 mm

Peng ujian	L <sub>0</sub> (mm)	L <sub>i</sub> (mm)	D (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	P <sub>T</sub> (kg)	P <sub>e</sub> (kg)	P <sub>f</sub> (kg)	σ <sub>T</sub> (kg/mm)	σ <sub>e</sub> (kg/mm)	σ <sub>f</sub> (kg/mm)	ε (%)
1	80	90	10	78,5	1830	3030	2450	23,31	38,59	31,21	12,5
2	80	91	10	78,5	2450	3610	3200	31,14	45,98	40,79	13,7
3	80	88	10	78,5	2120	3120	2340	26,96	40,89	29,80	10
4	80	91	10	78,5	2210	3370	3120	28,30	42,92	39,85	13,7

**Tabel 3.** Hasil Perhitungan Tegangan Tarik Spesimen Yang Tidak Mengalami Perlakuan Pada Batang Besi Pejal KSJI Ø 12 mm

Peng ujian	L <sub>0</sub> (mm)	L <sub>i</sub> (mm)	D (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	P <sub>T</sub> (kg)	P <sub>e</sub> (kg)	P <sub>f</sub> (kg)	σ <sub>T</sub> (kg/mm)	σ <sub>e</sub> (kg/mm)	σ <sub>f</sub> (kg/mm)	ε (%)
1	96	108	12	113,04	3210	5090	3510	28,39	45,02	31,05	12,5
2	96	108	12	113,04	3120	4900	4300	27,60	43,34	38,03	12,5
3	96	126	12	113,04	3230	4730	3410	28,57	41,84	30,16	31
4	96	121	12	113,04	3130	4760	3970	27,68	42,10	35,12	26

Data hasil pengujian tarik spesimen yang mengalami pembakaran akan dihitung juga tegangan dan regangannya, hasil pengujian tarik pada mesin uji tarik dalam bentuk diagram beban vs penambahan panjang dapat dilihat pada gambar diagram berikut :

**Tabel 4.** Hasil Perhitungan Tegangan Tarik Spesimen Yang Mengalami Pemanasan Pada Batang besi pejal KSTI Ø 8 mm

Peng ujian	L <sub>0</sub> (mm)	L <sub>i</sub> (mm)	D (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	P <sub>T</sub> (kg)	P <sub>e</sub> (kg)	P <sub>f</sub> (kg)	σ <sub>T</sub> (kg/mm)	σ <sub>e</sub> (kg/mm)	σ <sub>f</sub> (kg/mm)	ε (%)
1	64	88	8	50,24	1445	2125	1600	28,76	40,29	31,84	37,5
2	64	88	8	50,24	1375	2110	1565	27,38	41,99	29,16	37,5
3	64	84	8	50,24	1400	2105	1575	27,86	41,89	31,34	31,2
4	64	85	8	50,24	1365	2080	1425	27,16	41,40	28,36	32,8

**Tabel 5.** Hasil Perhitungan Tegangan Tarik Spesimen Yang Mengalami Pemanasan Pada Batang Besi Pejal KSJI Ø 10 mm

Peng ujian	L <sub>0</sub> (mm)	L <sub>i</sub> (mm)	D (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	P <sub>T</sub> (kg)	P <sub>e</sub> (kg)	P <sub>f</sub> (kg)	σ <sub>T</sub> (kg/mm)	σ <sub>e</sub> (kg/mm)	σ <sub>f</sub> (kg/mm)	ε (%)
1	80	90	10	78,5	2140	3280	2160	27,33	41,83	36,40	12,5
2	80	91	10	78,5	2110	3350	3110	26,87	38,77	39,67	13,7
3	80	89	10	78,5	2280	3450	3260	29,04	43,94	41,58	9
4	80	90	10	78,5	2650	3680	3260	33,75	46,82	41,52	12,5

**Tabel 6.** Hasil Perhitungan Tegangan Tarik Spesimen Yang Mengalami Pemanasan Pada Batang Besi Pejal KSJI Ø 12 mm

Peng ujian	L <sub>0</sub> (mm)	L <sub>i</sub> (mm)	D (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	P <sub>T</sub> (kg)	P <sub>e</sub> (kg)	P <sub>f</sub> (kg)	σ <sub>T</sub> (kg/mm)	σ <sub>e</sub> (kg/mm)	σ <sub>f</sub> (kg/mm)	ε (%)
1	96	101	12	113,04	3150	4660	4480	27,86	41,22	39,63	15,6
2	96	116	12	113,04	3230	4750	4150	28,57	41,57	36,71	20,8
3	96	120	12	113,04	3230	4500	4160	28,57	39,80	36,80	21,5
4	96	116	12	113,04	3410	4890	4210	30,16	43,25	37,24	20,8

Kekuatan tarik maksimum (σ<sub>u</sub>) batang besi pejal yang tidak mengalami pembakaran untuk Ø 8 mm berkisar antara 42,29 kgf / mm<sup>2</sup> sampai dengan 43,39 kgf / mm<sup>2</sup>, untuk Ø 10 mm berkisar antara 38,59 kgf / mm<sup>2</sup> sampai dengan 45,98 kgf / mm<sup>2</sup>, sedangkan untuk Ø 12 mm berkisar antara 41,84 kgf / mm<sup>2</sup> sampai dengan 45,02 kgf / mm<sup>2</sup>.

Untuk batang besi pejal yang mengalami pembakaran, kekuatan tarik maksimum (σ<sub>u</sub>) dengan Ø 8 mm berkisar antara 40,29 kgf / mm<sup>2</sup> sampai dengan 41,99 kgf / mm<sup>2</sup>, untuk Ø 10 mm berkisar antara 38,77 kgf / mm<sup>2</sup> sampai dengan 46,82 kgf / mm<sup>2</sup>, sedangkan untuk Ø 12 mm berkisar antara 39,80 kgf / mm<sup>2</sup> sampai dengan 43,25 kgf / mm<sup>2</sup>.

Terjadi penurunan tegangan maksimum pada batang besi pejal yang mengalami pembakaran. Hal ini disebabkan batang besi pejal dipanaskan mencapai temperatur 557<sup>o</sup>C dimana pada fasa tersebut banyak terdapat fasa perlit yang bersifat keras tetapi getas.

**Tabel 7.** Hasil Perhitungan Pengujian Impact Spesimen Yang Tidak Mengalami Pembakaran Pada Batang besi pejal KSTI Ø 8 mm

Pengujian	P (N)	D (m)	α	φ	E <sub>1</sub> (Joule)	E <sub>2</sub> (Joule)	E (Joule)
1	25,68	0,6490	120	122	268,50	250,13	18,49
2	25,68	0,6490	120	115	268,50	232,59	35,98
3	25,68	0,6490	120	121	268,50	247,30	20,87
4	25,68	0,6490	120	116	268,50	219,41	49,16

**Tabel 8.** Hasil Perhitungan Pengujian Impact Spesimen Yang Tidak Mengalami Pembakaran Pada Batang besi pejal KSJI Ø 10 mm

Pengujian	P (kg)	D (m)	α	φ	E <sub>1</sub> (Joule)	E <sub>2</sub> (Joule)	E (Joule)
1	25,68	0,6490	130	108	268,58	214,01	54,56
2	25,68	0,6490	130	110	268,58	219,41	49,16
3	25,68	0,6490	130	115	268,58	232,59	35,98
4	25,68	0,6490	130	100	268,58	191,88	76,69

**Tabel 9.** Hasil Perhitungan Pengujian Impact Spesimen yang Tidak Mengalami Pembakaran Pada Batang besi pejal KSJI Ø 12 mm

Pengujian	P (kg)	D (m)	α	φ	E <sub>1</sub> (Joule)	E <sub>2</sub> (Joule)	E (Joule)
1	25,68	0,6490	130	60	268,58	81,88	186,69
2	25,68	0,6490	130	68	268,58	102,24	166,33
3	25,68	0,6490	130	62	268,58	86,73	181,84
4	25,68	0,6490	130	65	268,58	94,39	174,18



**Tabel 10.** Hasil Perhitungan Pengujian Impact Spesimen Yang Mengalami Pembakaran Pada Batang besi pejal KSTI Ø 8 mm

Pengujian	P (N)	D (m)	$\alpha$	$\phi$	E <sub>1</sub> (Joule)	E <sub>2</sub> (Joule)	E (Joule)
1	25,68	0,6490	120	115	268,50	232,59	35,98
2	25,68	0,6490	120	118	268,50	240,23	28,32
3	25,68	0,6490	120	122	268,50	250,13	18,49
4	25,68	0,6490	120	122	268,50	250,13	18,49

**Tabel 11.** Hasil Perhitungan Pengujian Impact Spesimen yang Mengalami Pembakaran Pada Batang Besi Pejal KSJI Ø 10 mm

Pengujian	P (kg)	D (m)	$\alpha$	$\phi$	E <sub>1</sub> (Joule)	E <sub>2</sub> (Joule)	E (Joule)
1	25,68	0,6490	130	114	268,58	229,99	38,58
2	25,68	0,6490	130	112	268,58	224,74	43,83
3	25,68	0,6490	130	118	268,58	240,25	28,32
4	25,68	0,6490	130	115	268,58	232,59	35,98

**Tabel 12.** Hasil Perhitungan Pengujian Impact Spesimen yang Mengalami Pembakaran Pada Batang Besi Pejal KSJI Ø 12 mm

Pengujian	P (kg)	D (m)	$\alpha$	$\phi$	E <sub>1</sub> (Joule)	E <sub>2</sub> (Joule)	E (Joule)
1	25,68	0,6490	130	83	268,58	143,57	125,01
2	25,68	0,6490	130	80	268,58	135,10	133,47
3	25,68	0,6490	130	81	268,58	137,91	136,66
4	25,68	0,6490	130	80	268,58	135,10	133,47

Kekuatan Impak yang diperlukan untuk mematahkan spesimen uji impak yang tidak mengalami pembakaran untuk Ø 8 mm berkisar antara 18,49 joule sampai dengan 35,98 joule, untuk Ø 10 mm berkisar antara 35,98 joule sampai dengan 76,69 joule, sedangkan untuk Ø 12 mm berkisar antara 166,33 joule sampai dengan 186,69 joule. Untuk batang besi pejal yang mengalami pembakaran energi yang diperlukan untuk mematahkan spesimen uji impak dengan Ø 8 mm berkisar antara 18,49 joule sampai dengan 35,98 joule, untuk Ø 10 mm berkisar antara 28,32 joule sampai dengan 43,83 joule, sedangkan untuk Ø 12 mm berkisar antara 125,01 joule sampai dengan 136,66 joule.

Terjadi penurunan nilai kekuatan impak dari spesimen yang mengalami pembakaran. Hal tersebut disebabkan oleh fasa perlit yang mendominasi yang menyebabkan besi batang besi pejal menjadi lebih getas dan rapuh.

**Tabel 13.** Hasil Perhitungan Kekerasan Vickers Pada Spesimen Yang Mengalami Pembakaran Pada Batang Besi Pejal KSTI Ø 8 mm

Pengujian	Titik	Diagonal (mm)			VHN
		D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D	
Spesimen I	1	0,540	0,533	0,5365	143,25
	2	0,525	0,536	0,530	147,69
	3	0,553	0,558	0,559	180,29
Spesimen II	1	0,553	0,580	0,565	174,24
	2	0,556	0,570	0,563	175,51
	3	0,589	0,560	0,5695	171,50
Spesimen III	1	0,571	0,578	0,574	168,54
	2	0,574	0,566	0,57	171,34
	3	0,568	0,573	0,565	173,32
Spesimen IV	1	0,575	0,579	0,577	167,53
	2	0,575	0,578	0,5775	168,23
	3	0,582	0,586	0,584	163,10
<b>Σ Rata-Rata VHN</b>					<b>167,045</b>

**Tabel 14.** Hasil Perhitungan Kekerasan Vickers Pada Spesimen Yang Tidak Mengalami Pembakaran Pada Batang Besi Pejal KSJI Ø 10 mm

Pengujian	Titik	Diagonal (mm)			VHN
		D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D	
Spesimen I	1	0,523	0,538	0,5305	197,65
	2	0,528	0,523	0,5253	201,44
	3	0,520	0,511	0,5155	209,31
Spesimen II	1	0,519	0,529	0,520	205,36
	2	0,516	0,518	0,517	208,15
	3	0,511	0,529	0,530	205,69
Spesimen III	1	0,528	0,531	0,529	198,43
	2	0,552	0,558	0,555	186,58
	3	0,538	0,529	0,535	195,43
Spesimen IV	1	0,528	0,520	0,524	204,47
	2	0,538	0,554	0,546	186,58
	3	0,538	0,522	0,530	198,65
<b>Σ Rata-Rata VHN</b>					<b>199,811</b>

**Tabel 15.** Hasil Perhitungan Kekerasan Vickers Pada Spesimen Yang Tidak Mengalami Pembakaran Pada Batang besi pejal KSJI Ø 12 mm

Pengujian	Titik	Diagonal (mm)			VHN
		D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D	
Spesimen I	1	0,556	0,575	0,5655	173,97
	2	0,561	0,567	0,5695	171,50
	3	0,558	0,551	0,5595	180,9
Spesimen II	1	0,548	0,596	0,597	185,84
	2	0,578	0,561	0,565	179,72
	3	0,570	0,568	0,569	172,02
Spesimen III	1	0,566	0,542	0,554	181,23
	2	0,545	0,565	0,555	180,58
	3	0,546	0,552	0,549	184,53
Spesimen IV	1	0,558	0,568	0,563	175,51
	2	0,570	0,555	0,555	183,86
	3	0,562	0,576	0,567	172,73
<b>Σ Rata-Rata VHN</b>					<b>178,532</b>

**Tabel 16.** Hasil Perhitungan Kekerasan Vickers Pada Spesimen Yang Tidak Mengalami Pembakaran Pada Batang besi pejal KSJI Ø 8 mm

Pengujian	Titik	Diagonal (mm)			VHN
		D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D	
Spesimen I	1	0,566	0,562	0,564	174,90
	2	0,568	0,572	0,570	171,19
	3	0,567	0,570	0,5685	172,49
Spesimen II	1	0,567	0,562	0,5645	174,57
	2	0,577	0,581	0,579	165,93
	3	0,589	0,584	0,5865	161,73
Spesimen III	1	0,567	0,564	0,565	173,97
	2	0,568	0,561	0,565	174,57
	3	0,565	0,571	0,568	172,41
Spesimen IV	1	0,589	0,577	0,573	169,10
	2	0,567	0,577	0,572	170,03
	3	0,568	0,580	0,574	168,85
<b>Σ Rata-Rata VHN</b>					<b>170,811</b>

**Tabel 17.** Hasil Perhitungan Kekerasan Vickers Pada Spesimen Yang Mengalami Pembakaran Pada Batang besi pejal KSJI Ø 10 mm

Pengujian	Titik	Diagonal (mm)			VHN
		D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D	
Spesimen I	1	0,546	0,522	0,534	195,08
	2	0,529	0,513	0,521	204,95
	3	0,518	0,520	0,5175	207,69
Spesimen II	1	0,529	0,501	0,525	201,81
	2	0,538	0,510	0,524	202,59
	3	0,513	0,528	0,502	205,31
Spesimen III	1	0,512	0,528	0,52	201,23
	2	0,528	0,516	0,519	206,53
	3	0,525	0,532	0,5285	199,14
Spesimen IV	1	0,526	0,510	0,516	207,30
	2	0,515	0,532	0,523	202,30
	3	0,502	0,513	0,520	205,31
<b>Σ Rata-Rata VHN</b>					<b>203,27</b>

**Tabel 18.** Hasil Perhitungan Kekerasan Vickers Pada Spesimen Yang Mengalami Pembakaran Pada Batang besi pejal KSJI Ø 12 mm

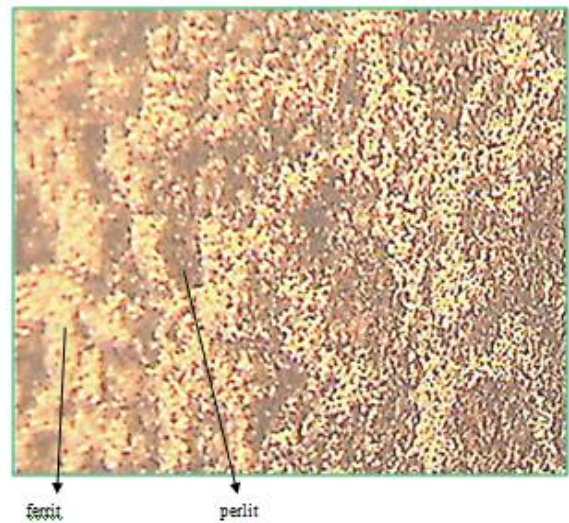
Pengujian	Titik	Diagonal (mm)			VHN
		D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D	
Spesimen I	1	0,535	0,526	0,530	197,65
	2	0,513	0,529	0,521	205,23
	3	0,513	0,520	0,519	206,26
Spesimen II	1	0,526	0,516	0,521	204,93
	2	0,537	0,529	0,520	194,56
	3	0,526	0,536	0,531	197,30
Spesimen III	1	0,524	0,519	0,521	204,56
	2	0,518	0,523	0,525	205,21
	3	0,526	0,519	0,522	203,72
Spesimen IV	1	0,549	0,558	0,5533	181,58
	2	0,547	0,549	0,548	185,26
	3	0,549	0,559	0,5515	182,96
<b>Σ Rata-Rata VHN</b>					<b>197,435</b>

Untuk batang besi pejal Ø 8 mm yang tidak mengalami pembakaran, VHN rata-rata adalah 167,045, untuk Ø 10 mm adalah 199,811, untuk Ø 12 mm adalah 178,532.

Sedangkan VHN rata-rata untuk spesimen yang mengalami pembakaran, untuk Ø 8 mm adalah 170,811, untuk Ø 10 mm adalah 203,27, untuk Ø 12 mm adalah 197,435.

Terjadi kenaikan nilai VHN pada batang besi pejal yang mengalami pembakaran. Hal ini disebabkan besi batang besi pejal dipanaskan mencapai temperatur 557°C dimana pada fasa tersebut banyak terdapat fasa perlit yang bersifat keras sehingga terjadi kenaikan nilai kekerasan VHN.

Struktur Mikro adalah pengujian yang bertujuan untuk melihat struktur mikro pada material. Pengujian Struktur Mikro pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Mikroskop Meiji T.365.92.001 dengan perbesaran 40x yang terdapat pada Laboratorium Teknik PT Pupuk Sriwijaya. Struktur Mikro Pada Batang Besi pejal yang tidak mengalami pembakaran



**Gambar 8.** Struktur Mikro batang besi pejal KSTI Ø 8 mm yang tidak mengalami Pembakaran dengan Perbesaran 40x

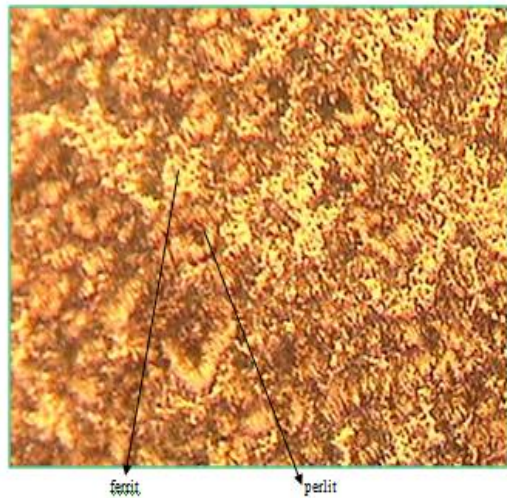


**Gambar 9.** Struktur Mikro batang besi pejal KSJI Ø 10 mm yang tidak mengalami Pembakaran dengan Perbesaran 40x





**Gambar 10.** Struktur Mikro batang besi pejal KSJI Ø 12 mm yang tidak mengalami Pembakaran dengan Perbesaran 40x



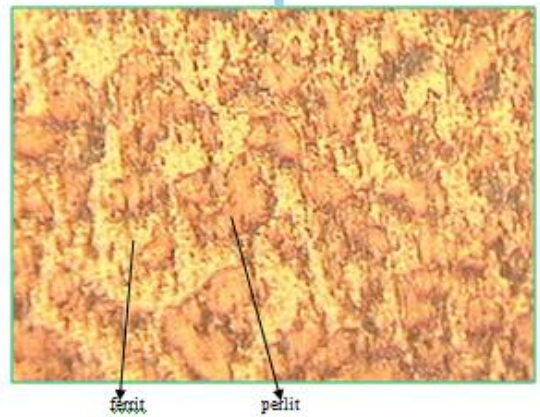
**Gambar 11.** Struktur Mikro batang besi pejal KSTI Ø 8 mm yang mengalami Pembakaran dengan Perbesaran 40x

Dari pengambilan gambar Struktur mikro spesimen batang besi pejal Ø 8 mm, Ø 10 mm, dan Ø 12 mm yang tidak mengalami pembakaran, terdapat dua fasa. Yaitu fasa ferrit dan fasa perlit yang berwarna gelap. Fasa ferrit berwarna lebih terang, sedangkan fasa perlit berwarna lebih gelap. Fasa ferrit bersifat lunak dan ulet karena memiliki kadar carbon yang rendah. Sedangkan fasa perlit bersifat lebih kuat dan keras karena memiliki kandungan karbon yang tinggi dibanding fasa ferrit. Pada penelitian dilihat perbandingan fasa ferrit dan fasa perlit dari batang besi pejal Ø 8 mm, Ø 10 mm, dan Ø 12 mm yang tidak mengalami pembakaran dengan batang besi pejal Ø 8 mm, Ø 10 mm, dan Ø 12 mm yang mengalami pembakaran.

Struktur Mikro Pada Besi Batang besi pejal yang mengalami pembakaran



**Gambar 12.** Struktur Mikro batang besi pejal KSJI Ø 10 mm yang mengalami Pembakaran dengan Perbesaran 40x



**Gambar 13.** Struktur Mikro batang besi pejal KSJI Ø 12 mm yang mengalami Pembakaran dengan Perbesaran 40x

Dari hasil pengambilan gambar struktur mikro spesimen yang mengalami pembakaran, fasa perlit lebih mendominasi dari pada fasa ferrit. Ferrit dan perlit terjadi karena pembakaran tidak maksimum, diatas 723<sup>0</sup>C. Hal ini menyebabkan penurunan kekuatan tarik dan kekuatan dampak, tetapi kekerasannya meningkat. Penurunan kekuatan tarik dan kekuatan dampak terjadi karena karbon yang ada lebih rapat struktur mikronya, sehingga membuat perlit lebih mendominasi dibandingkan ferrit.

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian, setelah diolah dan di analisa maka dapat disimpulkan :

Hasil dari pengujian tarik sebanyak empat kali terhadap batang besi pejal KSTI Ø 8 mm yang tidak mengalami pembakaran berkisar antara 42,29 Kgf/mm sampai dengan 43,39 Kgf/mm. Setelah dibakar kekuatan tariknya berkisar antara 40,29 Kgf/mm sampai dengan 41,89 Kgf/mm. Pada batang besi pejal KSJI Ø 10 mm yang tidak mengalami pembakaran berkisar antara 38,59 Kgf/mm sampai dengan 45,98 Kgf/mm. Setelah dibakar kekuatan tariknya berkisar antara 38,77 Kgf/mm sampai dengan 41,83 Kgf/mm. Pada batang besi pejal KSJI Ø 12 mm yang tidak mengalami

Uji Mekanik Batang Besi Pejal KSTI 8 mm, KSJI 10 mm Dan KSJI 12 mm Dalam Coran Beton Yang Dipanaskan...



pembakaran berkisar antara 41,82 Kgf/mm sampai dengan 45,54 Kgf/mm. Setelah dibakar kekuatan tariknya berkisar antara 39,80 Kgf/mm sampai dengan 43,25 Kgf/mm. Dari pengujian tersebut dapat dilihat penurunan tegangan tarik dari material yang mengalami pembakaran. Kekuatan impak batang besi pejal yang tidak mengalami pembakaran Ø 8 mm adalah 18,49 joule sampai dengan 35,98 joule, untuk Ø 10 mm adalah 35,98 joule sampai dengan 76,69 joule, Ø 12 mm adalah 125,01 joule sampai dengan 136,66 joule. Untuk batang besi pejal yang mengalami pembakaran energi yang diperlukan untuk mematahkan spesimen uji impak dengan Ø 8 mm adalah 18,49 joule sampai dengan 35,98 joule, untuk Ø 10 mm adalah 28,32 joule s.d 43,83 joule, Ø 12 mm adalah 125,01 joule s.d 136,66 joule. VHN rata-rata batang besi pejal yang tidak mengalami pembakaran, adalah 167,045, untuk Ø 10 mm adalah 199,811, untuk Ø 12 mm adalah 178,532. VHN rata-rata untuk spesimen yang mengalami pembakaran, untuk Ø 8 mm adalah 170,811, untuk Ø 10 mm adalah 203,27, Ø 12 mm adalah 197,435. Pembakaran batang besi pejal di dalam coran beton ternyata dapat menurunkan kekuatan tarik, menaikkan kekerasan dan menurunkan kekuatan impak

#### DAFTAR RUJUKAN

- [1] Anonim, (1998), "Material Teknik", Kantor Pusat PT Pupuk Sriwidjaja (Persero), Palembang
- [2] Anonim, "Heat Treatment", [http://www.globalmetals.com.au/pdf/metallurgical\\_overview/section\\_3.pdf](http://www.globalmetals.com.au/pdf/metallurgical_overview/section_3.pdf), diunduh tanggal 24 April 2012
- [3] Juliasyah, Riki, (2011), "Uji Mekanik Logam Begel Polos KSTY 19 Di Dalam Coran Beton Yang Dipanaskan Dalam Tungku Bakar", Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya, Inderalaya
- [4] Novyanto, Oksatria, "Mengenal Perlakuan Panas (Heat Treatment) Pada Baja", <http://oksatria.blogspot.com/2008/08/mengenal-perlakuan-panas-heat-treatment.html>, diunduh tanggal 24 April 2012

