

PENGARUH PENGHILANGAN KULIT CANAI TERHADAP SIFAT MEKANIS BAJA TULANGAN BETON

Mahendra Idris¹, Alex Kurniawandy², Warman Fatra³

¹Jurusan Teknik Sipil, Program S-1, Fakultas Teknik Universitas Riau

²Staff Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Riau

³Staff Pengajar Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru
Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

E-mail: mahendraidris2910fm@gmail.com

ABSTRACT

According to SNI 07-2052-2002 in tensile test on concrete reinforcing steel rolled skin should not be removed, so it is not profitable for institutions that provide services because does not have the tensile test machine with a large capacity. This study was conducted to find out the effect if the diameter of the specimen is reduced in tensile testing. This test compares the applicable standard SNI 07-2052-2002 with the following diameter rebars SNI 07-2529-1991 and ASTM E8 M, to find a comparison the value of the yield and tensile specimens. SNI 07-2052-2002 mention that yield value for U 40 can not be less than 390 N/mm² and tensile values for U 40 is not less than 500 N/mm². Based on research, the use of standard SNI 07-2529-1991 and ASTM E8 M if viewed from the value Yield (390-480 N/mm²) and Tensile (600-688 N/mm²) still resides in the Standard SNI 07-2052-2002 range.

Keywords: tensile test, yield stress, tensile strength.

1. PENDAHULUAN

Baja tulangan beton adalah baja yang digunakan sebagai bagian dari struktur bangunan beton dengan tujuan struktur yang dibuat sanggup menahan gaya tarik dan gaya tekan dari beban yang diterima struktur tersebut. Baja tulangan beton yang diproduksi haruslah sesuai dengan standar-standar yang berlaku untuk menghindari terjadinya kegagalan struktur akibat baja tulangan beton yang tidak sesuai dengan standar yang ada. Ada beberapa standar yang mengatur produksi baja tulangan beton yaitu, SNI (Indonesia), ASTM (USA), JIS (Jepang), DIN (Jerman), dan lain-lain.

SNI 07-2052-2002 merupakan suatu peraturan standar nasional bagi produk baja tulangan beton yang dikeluarkan oleh Badan Standar Nasional (BSN) dengan tujuan mempersempit peluang adanya produk baja tulangan beton non standar yang dikenal dengan istilah baja beton banci. Standar SNI 07- 2052-2002 tentang Baja Tulangan Beton, menyebutkan bahwa untuk pengujian mekanis, **“batang uji tarik dan lengkung harus lurus dan kulit canai tidak boleh dikerjakan (dihilangkan)”**.

Disisi lain, menurut SNI 07-2529-1991 tentang metode pengujian tarik baja beton, jika diameter contoh > 15 mm, atau gaya tarik maksimum melebihi kapasitas mesin tarik, maka bentuk dan dimensi benda uji dapat disesuaikan, dimana diameter uji dapat dikecilkan dengan perbandingan diameter benda uji (Do) adalah 4,0295 B. Konsekuensi dari pengujian tarik jika mengacu kepada SNI 07-2529-1991 ini adalah kulit canai harus dihilangkan.

Hipotesa awal yang ingin dikemukakan oleh penulis kenapa kulit canai tidak boleh dibuang, adalah karena pada proses pengerjaan canai panas (*hot rolling*) dalam temperatur

rekristalisasi, bagian terluar dari baja yang kita sebut kulit canai mengalami proses pendinginan yang lebih cepat dari pada bagian dalam baja tulangan beton. Hal ini mengakibatkan bagian kulit canai akan lebih kuat dari pada bagian dalam baja tulangan beton, sehingga jika bagian kulit canai dibuang maka kekuatannya akan berkurang. Hal ini perlu dibuktikan dengan melakukan penelitian, apakah perubahan dingin yang cepat pada bagian kulit canai berpengaruh besar atau tidak.

Penelitian yang dilakukan meliputi uji komposisi dan uji tarik terhadap baja tulangan beton produksi PT. Putra Baja Deli, Sumatera Utara. Sampel yang digunakan adalah baja tulangan beton diameter 16, 19, 22, 25 dan 29 mm, sedangkan alat uji yang digunakan adalah alat spektrometer dan alat uji tarik kapasitas 400 kN dan 2000 kN milik laboratorium PT. Putra Baja Deli.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan komposisi kimia benda uji, daktilitas, F_y (Kuat Leleh), F_u (Kuat Putus) dan menentukan nilai F_c (Faktor Koreksi), tetapi karena terjadi kesalahan dalam masa penelitian maka yang dapat ditinjau hanya komposisi kimia dan perbedaan nilai F_y dan F_u dari benda uji saja.

2. TINJAUAN PUSTAKA

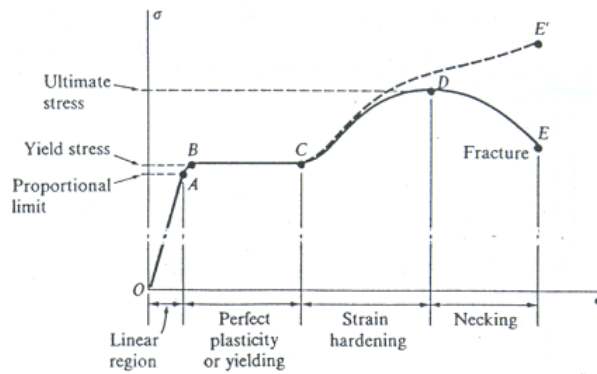
2.1 Baja Tulangan Beton

Prof. Ir. Loa W. Darmawan mendefinisikan baja adalah seluruh macam besi yang dengan tidak dikerjakan terlebih dahulu, sudah dapat ditempa. Baja adalah bahan kebersamaannya (homogenitasnya) tinggi, terdiri terutama dari Fe dalam bentuk kristal dan C. material baja secara umum dapat diklasifikasikan ke dalam 5 jenis, yaitu :

1. *Carbon Steel* dengan tegangan leleh berkisar antara 33 s/d 36 ksi (228 dan 248 Mpa), yaitu kategori yang beberapa klasifikasinya berdasarkan pada persentase karbon. *Carbon steel* terbagi menjadi empat, yaitu : *low carbon* (kurang dari 0,15%), *mild carbon* (0,15-0,29%), *medium carbon* (0,3-0,59%) dan *high carbon* (0,6-1,7%). Tipe yang umum digunakan untuk jenis ini adalah *grade A36* dan *Fe37*, dengan tegangan leleh normal $f_y = 250$ Mpa.
2. *High Strength Steel* dengan tegangan leleh berkisar antara 105 dan 120 ksi (733 dan 838 Mpa). Contoh kategori ini adalah baja A588.
3. *High Strength Low-Alloy Steel*, baja ini mempunyai tegangan leleh berkisar 40-70 ksi (275-480 Mpa) termasuk pada tipe A242, A441, A572, A588 dan A09.
4. *Quenched and Tempered carbon steel*, dengan tegangan leleh berkisar antara 50 dan 60 ksi (345 dan 414 Mpa) yang termasuk tipe ini adalah A537.
5. *Alloy Steel*, baja jenis ini mempunyai tegangan leleh berkisar 80-110 ksi (550-760 Mpa), termasuk jenis ini tipe A514 dan A913.

Baja Tulangan Beton adalah baja berbentuk batang berpenampang bundar yang digunakan untuk penulangan beton, yang diproduksi dari bahan baku billet dengan cara canai panas (*hot rolling*). Bahan dasar baja tulangan adalah billet yang mengandung campuran bahan kimia, antara lain Karbon (C), Mangan (Mn), Silikon (Si), Fosfor (P), dan Sulfur (S). Untuk mengetahui komposisi kimia dibutuhkan bantuan alat yaitu Spektrometer. Menurut SNI 03-2847-2002, baja tulangan yang tersedia dipasaran ada 2 jenis, yaitu baja tulangan polos (BJTP) dan baja tulangan ulir atau sirip (BJTS).

Properti material sering dideskripsikan dalam bentuk hubungan tegangan regangan yang merupakan karakteristik dari sejumlah baja struktural.



Gambar 1. Kurva tegangan-regangan baja (Oscar Fithrah Nur, 2009)

Dari gambar 1 terlihat 4 zona perilaku yaitu: zona elastis, **flat plateu**, zona **plastik**, zona *strain hardening* dan zona sepanjang peristiwa terjadinya necking serta diakhiri dengan kegagalan (*failure*).

Sifat Mekanis Baja Tulangan Beton

- Bila suatu logam dibebani beban tarik maka akan mengalami deformasi, yaitu perubahan ukuran atau bentuk karena pengaruh beban yang dikenakan padanya. Deformasi ini dapat terjadi secara elastis dan plastis.
- Deformasi elastis, yaitu suatu perubahan yang segera hilang dan kembali ke bentuk awal apabila beban diadakan.
- Deformasi plastis, yaitu suatu perubahan yang akan tetap ukuran dan bentuknya apabila beban diadakan.

Sifat mekanis baja tulangan beton dalam SNI 07-2052-2002.

Tabel 1. Sifat Mekanis

Kelas baja tulangan	Nomor batang uji	Uji tarik			Uji lengkung	
		Batas ulur kgf/mm ² (N/mm ²)	Kuat tarik kgf/mm ² (N/mm ²)	Regangan (%)	Sudut lengkung	Diameter pelengkung
BjTP 24	No. 2	Minimum 24	Minimum 39	20	180 ⁰	3 x d
	No. 3	(235)	(380)	24		
BjTP 30	No. 2	Minimum 30	Minimum 45	18	180 ⁰	d > 16 = 3xd d > 16 = 4xd
	No. 3	(295)	(440)	20		
BjTP 30	No. 2	Minimum 30	Minimum 45	10	180 ⁰	d ≤ 16 = 3xd d > 16 = 4xd
	No. 3	(295)	(440)	18		
BjTP 35	No. 2	Minimum 35	Minimum 50	18	180 ⁰	d ≥ 16 = 3xd 16 < d ≤ 40 = 4xd d ≥ 40 = 5xd
	No. 3	(345)	(490)	20		
BjTP 40	No. 2	Minimum 40	Minimum 57	16	180 ⁰	5 x d
	No. 3	(390)	(500)	18		
BjTP 50	No. 2	Minimum 50	Minimum 57	12	180 ⁰	d ≤ 25 = 5xd d > 25 = 6xd
	No. 3	(490)	(620)	14		
CATATAN		1. Hasil uji lengkung tidak boleh terletak pada sisi luar lengkung 2. Untuk baja tulangan sirip ≥ S.32 nilai renggang dikurangi 2 % Untuk baja tulangan sirip S.40 dan S.50 dikurangi 4 % dari nilai yang tercantum pada tabel 6. 3. 1 kgf/mm ² = 9,81 N/mm ²				

Sumber : SNI 07-2052-2002

Cara pembuatan baja ada dengan 2 cara, yaitu dengan pencairan dan tanpa pencairan. Pembuatan baja dengan pencairan yaitu dengan cara mencor baja cair kedalam cetakan sesuai dengan bentuk cetakan yang diinginkan. Pembuatan baja tanpa pencairan dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu canai panas (*hot rolling*) dan canai dingin (*cold rolling*).

2.2 Uji Komposisi

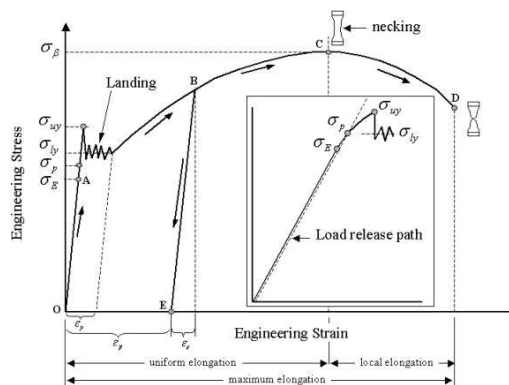
Spektrometer adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengamati spektrum cahaya yang terurai setelah melewati suatu medium sehingga membentuk suatu spektrum. Spektrometer adalah alat untuk mengukur spektrum. Uji komposisi adalah untuk mengidentifikasi bahan-bahan yang terkandung dalam suatu material. Dengan menggunakan alat spektrometer dapat diketahui komposisi campuran dari bahan dasar penyusun baja tulangan beton, komposisi campuran akan menentukan karakteristik baja, sehingga komposisinya diatur oleh Standar Nasional Indonesia.



Gambar 2. Alat uji komposisi (spektrometer) dan data hasil pengujian

2.3 Uji Tarik

Uji tarik adalah pemberian gaya atau tegangan tarik kepada material dengan maksud untuk mengetahui atau mendeteksi kekuatan dari suatu material. Tegangan tarik yang digunakan adalah tegangan aktual eksternal atau perpanjangan sumbu benda uji. Uji tarik dilakukan dengan cara penarikan uji dengan gaya tarik secara terus menerus, sehingga bahan (perpanjangannya) terus menerus sampai putus, dengan tujuan menentukan nilai tarik. Untuk mengetahui kekuatan tarik suatu bahan dalam pembebanan tarik, garis gaya harus berhimpit dengan garis sumbu bahan sehingga pembebanan terjadi beban tarik lurus. Tetapi jika gaya tarik sudut berhimpit maka yang terjadi adalah gaya lentur. Hasil uji tarik tersebut mencatat fenomena hubungan antara tegangan dan regangan yang terjadi selama proses uji tarik dilakukan.



Gambar 3. Proses Uji Tarik



Gambar 4. Mesin Uji Tarik

Rumus – rumus dalam pengujian tarik berdasarkan SNI 07-2529-1991.

- Tegangan tarik maksimal, F_s di mana, P_{maks} = kuat tarik putus
 $f_s = \frac{P_{maks}}{A_{so}}$ f_s = tegangan tarik putus, Mpa
- Tegangan tarik leleh, f_y P_y = Kuat tarik leleh
 $f_s = \frac{P_y}{A_{so}}$ L_u = Panjang baja tulangan beton setelah dilakukan uji tarik
- Regangan maksimum, ε_{maks} L_o = Panjang awal baja tulangan beton
 $\varepsilon_{maks} = \frac{L_u - L_o}{L_o} \times 100\%$
- Persen Pertambahan Panjang A_{s_o} = Luas penampang awal
 $\%EL = \frac{\text{pertambahan panjang ukur}}{\text{panjang ukur awal}} \times 100\%$ A_{s_u} = Luas penampang setelah pengujian
- Kontraksi penampang, S ε_{maks} = Regangan maksimum setelah
 $S = \frac{A_{s_o} - A_{s_u}}{A_{s_o}} \times 100\%$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium PT. Putra Baja Deli. Pengujian yang dilakukan adalah uji komposisi dan uji tarik. Pada penelitian ini akan menggunakan Baja Tulangan Beton Ulir Kelas 40 (U-40) dengan diameter 16 mm, 19 mm, 22 mm, 25 mm, dan 29 mm.

3.1 Uji Tarik

Langkah – langkah yang dilakukan didalam penelitian ini adalah dengan melakukan beberapa tahap, yaitu tahap persiapan, pelaksanaan, dan terakhir pengolahan data.

3.1.1 Persiapan

1. Mengambil sampel batang baja tulangan beton ulir dengan diameter 16 mm – 29 mm kelas 40 sebagai bahan uji.
2. Mengambil masing – masing 3 sampel dari batang baja tulangan beton yang berbeda untuk dilakukan pengujian dengan standar SNI 07-2052-2002.
3. Mengambil masing – masing 3 sampel dari batang baja tulangan beton yang sama dengan yang digunakan dalam pengujian SNI 07-2052-2002 untuk dilakukan pengujian menggunakan Standar 07-2529-1991.
4. Mengambil masing-masing 1 sampel dari batang baja yang sama dengan yang digunakan dalam pengujian SNI 07-2052-2002 untuk dilakukan pengujian menggunakan Standar ASTM E8 M.

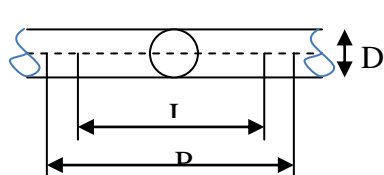
Tabel 2. Jumlah sampel penelitian.

Diameter (mm)	Jumlah sampel (buah)		
	Baja tulangan ulir / sirip (BJTS)		
	SNI 07-2052-2002	SNI 07-2529-1991	ASTM E8 M
16	3	3	1
19	3	3	1
22	3	3	1
25	3	3	1
29	3	3	1

Sumber : Data Penelitian (2013)

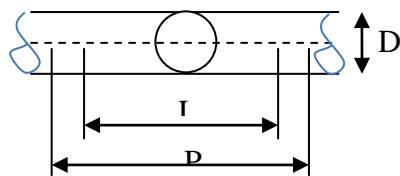
3.1.2 Pelaksanaan

1. Untuk pengujian menggunakan Standar SNI 07-2052-2002 dilakukan berdasarkan benda uji no.2 (berdiameter < 25 mm) dan benda uji no.3 (berdiameter > 25 mm).



$D < 25 \text{ mm}$
 D : Diameter
 L_0 : $8D$
 P : $8D + 2D$

Gambar 5. Benda Uji No. 2



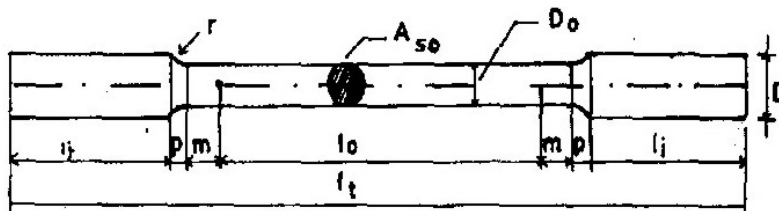
$D \geq 25 \text{ mm}$
 D : Diameter
 L_0 : $8D$
 P : $8D + 2D$

Gambar 6. Benda uji no. 3

2. Dilakukan uji tarik menggunakan masing – masing 3 sampel dari baja tulangan beton yang akan diuji dengan mempertahankan bentuk aslinya.
3. Untuk pengujian menggunakan Standar SNI SNI 07-2529-1991, pengujian dilakukan dengan memodifikasi bentuk beda uji.
4. Diameter dari masing – masing benda uji diperkecil sesuai dengan rumus yang terdapat dalam SNI 07-2529-1991,

$$D_0 = 4,0295 \times B$$

Dimana, D_0 : diameter benda uji (mm)
 B : berat benda uji persatuan panjang (kg/m)



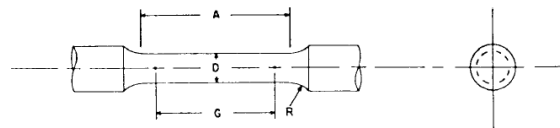
Gambar 7. Benda uji tarik pengujian SNI 07-2529-1991

Tabel 3. Parameter benda uji SNI 07-2529-1991

Do	D min	lj min	m	p	r	Batang percobaan dp. 5			Batang percobaan dp. 10		
						lo	Lo+2m	Lt. min	lo	Lo+2m	Lt. min
6	8	25	3	2,5	3	30	36	91	60	66	121
8	10	30	4	3	4	40	48	114	80	88	154
10	12	35	5	3	5	50	60	136	100	110	186
12	15	40	6	4	6	60	72	160	132	132	220
14	17	45	7	4,5	7	70	84	183	154	154	253
16	20	50	8	5,5	8	80	96	207	176	176	287
18	22	55	9	8	8	90	108	230	198	198	320
20	24	60	10	10	10	100	120	252	220	220	352
25	30	70	12,5	12,5	12,5	125	150	305	275	275	430

Sumber : SNI 07-2529-1991

- Untuk pengujian menggunakan Standar ASTM E8 M, pengujian dilakukan dengan memodifikasi seluruh diameter benda uji menjadi diameter 12,5 mm, seperti gambar dibawah ini.



Gambar 38. Benda uji tarik pengujian ASTM E8 M

Tabel 4. Diameter benda uji tarik ASTM E8 M

		Dimensi , mm
G	Gage length	62,5 ± 0,1
D	Diameter	12,5 ± 0,2
R	Radius of fillet, min	10
A	Length of reduce section	75

Sumber : ASTM E8 M

- Dilakukan uji tarik menggunakan mesin yang sama di PT. PBD untuk mendapatkan hasil perbandingan data yang sesuai dengan pengujian SNI 07-2052-2002.

3.1.3 Pengolahan Data

- Mengumpulkan data hasil pengujian dari pengujian SNI 07-2052-2002, Pengujian SNI 07-2529-1991 dan pengujian ASTM E8 M.
- Data uji tarik diolah berdasarkan hasil pengujian, yaitu untuk mendapatkan Fy, Fu dan regangan dari masing – masing sampel benda uji.
- Dilakukan perhitungan untuk mendapatkan perbandingan nilai Fy, Fu, regangan dan mendapatkan nilai Fc dari hasil pengujian yang dilakukan.

3.2 Uji komposisi

3.2.1 Persiapan

- Mengambil sampel yang sama dari baja tulangan beton yang akan dilakukan uji tarik dari semua diameter benda uji yang disediakan.
- Memotong baja tulangan beton menjadi lebih kecil untuk dilakukan uji komposisi.

3.2.2 Pelaksanaan

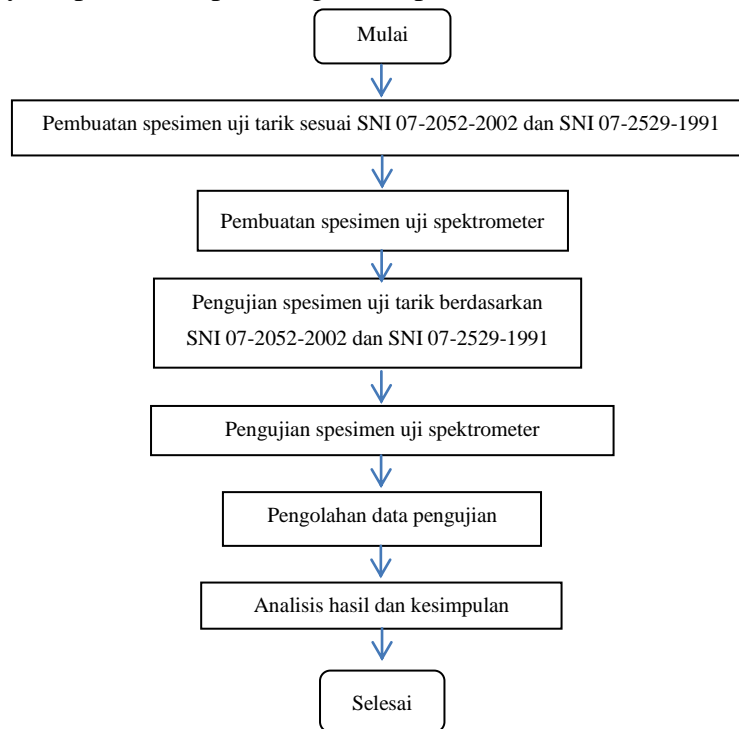
- Meletakkan benda uji pada tempat yang tersedia pada alat spektrometer.
- Melakukan uji komposisi terhadap benda uji.
- Melakukan uji komposisi sebanyak 3 kali dalam 1 benda uji.

3.2.3 Pengolahan Data

- Mengumpulkan data hasil pengujian spektrometer
- Data uji komposisi diolah untuk mencari komposisi kimia dari bahan uji.

3.3 Bagan Alir Penelitian

Pada pelaksanaan penelitian ini terdiri atas tahapan yang telah dijelaskan di atas dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada bagan alir penelitian di bawah ini.



Gambar 9. Bagan alir (*Flowchart*) metode penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji Komposisi

Tabel 5. Hasil pengujian Baja tulangan ulir diameter 16 mm

No	Unsur	%	No	Unsur	%	No	Unsur	%	No	Unsur	%
1	Fe	98.2	11	Sn	0.016	21	Ce	<0.002	31	Alins	0.0007
2	Mn	0.64	12	Mo	0.014	22	La	0.0017	32	B	<0.0002
3	C	0.303	13	As	0.0079	23	Zr	<0.0015	33	PIMS	0.000
4	Cu	0.239	14	Ta	0.0072	24	Bi	<0.0015			
5	Si	0.225	15	W	<0.007	25	Pb	<0.001			
6	Ni	0.103	16	Zn	0.0069	26	Nb	<0.001			
7	Cr	0.076	17	P	0.0045	27	V	<0.001			
8	Se	0.027	18	Al	0.0043	28	Co	<0.001			
9	N	>0.019	19	Alsol	0.0036	29	Ca	0.0008			
10	S	0.016	20	Sb	0.0025	30	Ti	0.0007			

Tabel 6. Hasil pengujian Baja tulangan ulir diameter 19 mm

No	Unsur	%	No	Unsur	%	No	Unsur	%	No	Unsur	%
1	Fe	98.4	11	Ta	0.012	21	Co	0.0026	31	La	<0.0003
2	Mn	0.67	12	Sn	0.011	22	Ce	<0.002	32	B	<0.0002
3	C	0.282	13	Mo	0.011	23	Zr	0.0018	33	PIMS	0.000
4	Cu	0.182	14	As	0.0091	24	Bi	<0.0015			
5	Si	0.182	15	Zn	0.0091	25	Alins	0.0011			
6	Ni	0.103	16	P	0.0083	26	Pb	<0.001			
7	Cr	0.054	17	W	<0.007	27	Nb	<0.001			
8	Se	0.032	18	Al	0.0051	28	V	<0.001			
9	N	>0.019	19	Sb	0.0049	29	Ca	0.001			
10	S	0.017	20	Alsol	0.004	30	Ti	0.0007			

Tabel 7. Hasil pengujian Baja tulangan ulir diameter 22 mm

No	Unsur	%	No	Unsur	%	No	Unsur	%	No	Unsur	%
1	Fe	98.2	11	Mo	0.016	21	Alins	0.0045	31	La	<0.0003
2	Mn	0.58	12	Sn	0.014	22	Zr	0.0021	32	B	<0.0002
3	C	0.316	13	P	0.013	23	Alsol	0.0021	33	PIMS	0.000
4	Cu	0.313	14	As	0.012	24	Ca	0.002			
5	Si	0.193	15	Zn	0.0027	25	Ce	<0.002			
6	Ni	0.135	16	Ta	0.01	26	Bi	<0.0015			
7	Cr	0.113	17	W	<0.007	27	Pb	<0.001			
8	Se	0.04	18	Sb	0.0068	28	Nb	<0.001			
9	S	0.023	19	Al	0.0066	29	V	<0.001			
10	N	>0.019	20	Co	0.0045	30	Ti	0.001			

Tabel 8. Hasil pengujian Baja tulangan ulir diameter 25 mm

No	Unsur	%	No	Unsur	%	No	Unsur	%	No	Unsur	%
1	Fe	98.4	11	As	0.011	21	Co	0.0037	31	La	<0.0003
2	Mn	0.54	12	Ta	0.011	22	Alsol	0.0029	32	B	<0.0002
3	C	0.315	13	P	0.01	23	Zr	0.0022	33	PIMS	0.000
4	Si	0.184	14	Mo	0.0099	24	Ce	<0.002			
5	Cu	0.169	15	Sn	0.0089	25	Bi	<0.0015			
6	Ni	0.092	16	Zn	0.0087	26	Ca	0.0011			
7	Cr	0.054	17	Al	0.0075	27	Ti	0.0016			
8	Se	0.041	18	W	<0.007	28	Pb	<0.001			
9	S	0.021	19	Sb	0.006	29	V	<0.001			
10	N	>0.019	20	Alins	0.0046	30	Nb	<0.001			

Tabel 9. Hasil pengujian Baja tulangan ulir diameter 29 mm

No	Unsur	%	No	Unsur	%	No	Unsur	%	No	Unsur	%
1	Fe	98.1	11	N	>0.019	21	Zr	0.0021	31	La	<0.0003
2	Mn	0.65	12	Ta	0.013	22	Bi	<0.0015	32	B	<0.0002
3	Cu	0.334	13	As	0.011	23	Zn	0.0014	33	PIMS	0.000
4	C	0.297	14	Sn	0.01	24	Ca	0.0013			
5	Ni	0.164	15	Al	0.0092	25	W	<0.007			
6	Si	0.158	16	Sb	0.0072	26	Ce	<0.002			
7	Cr	0.118	17	Co	0.0057	27	Ti	0.001			
8	Se	0.04	18	Alins	0.0051	28	Pb	<0.001			
9	P	0.035	19	Alsol	0.0041	29	V	<0.001			
10	S	0.03	20	Mo	0.0033	30	Nb	<0.001			

Berdasarkan hasil uji komposisi yang dilakukan, didapat komposisi kimia dari baja tulangan beton yang diuji. Dari hasil pengujian diatas didapat unsur-unsur yang mendominasi dari baja tulangan beton, yaitu: Fe (besi) ,Mn (mangan), Cu (tembaga), C (karbon), Ni (Nikel), Si (silikon), Cr (krom), Se (selenium), P (fosfor), dan S (belerang). Dari hasil uji komposisi, dapat diklasifikasikan baja tulangan beton berdasarkan persen C (karbon) yang terkandung didalamnya, seperti tabel dibawah ini.

Tabel 10. Klasifikasi Baja berdasarkan Carbon

Diameter (mm)	Persen C (karbon) (%)	Klasifikasi
16	0.303	Medium carbon
19	0.300	Medium carbon
22	0.316	Medium carbon
25	0.315	Medium carbon
29	0.300	Medium carbon

Sumber : Data Penelitian (2013)

4.2 Uji Tarik

Uji tarik dilakukan dengan menggunakan 3 standar yang berlaku, yaitu:

- SNI 07-2052-2002 dengan menggunakan diameter sebenarnya tanpa merubah sebanyak 3 sampel.
- SNI 07-2529-1991 dengan menggunakan rumus : $Do = 4,0295 \times B$, dimana B adalah berat benda uji persatuan panjang (kg/m), sebanyak 3 sampel

Tabel 11. Diameter benda uji SNI 07-2529-1991

Diameter (mm)	Berat benda uji persatuan panjang (Kg/m)	Do (diameter benda uji) (mm)
16	1.58	6.4
19	2.23	9
22	2.98	12
25	3.85	15.5
29	5.18	20.9

Sumber : Data Penelitian (2013)

- ASTM E 8 M dengan merubah diameter sebenarnya menjadi diameter 12.5 mm untuk seluruh diameter benda uji, sebanyak 1 sampel.

Terjadi kesalahan dalam penelitian yang dilakukan di laboratorium PT. Putra Baja Deli, yaitu :

- Sampel uji yang mengikuti standar SNI 07-2529-1991 dan ASTM E8 M tidak dibentuk seperti ketentuan yang telah ditetapkan oleh masing- masing standar.
- Dalam penelitian yang dilakukan, sampel dibubut untuk semua bagian menjadi diameter yang diinginkan, yang seharusnya kedua ujung benda sampel harus ditinggalkan seperti ketentuan yang telah berlaku.
- Dalam menentukan elongasi uji tarik, terjadi kesalahan dalam penentuan panjang ukur benda uji, sehingga hasil yang didapat tidak sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Hal ini menyebabkan perhitungan perbedaan daktilitas dan elongasi tidak bisa dijadikan kesimpulan.

Untuk menganalisis kesalahan yang terjadi maka dilakukan kembali pengujian dilaboratorium mesin Universitas Riau, dengan membandingkan hasil pengujian tarik ASTM E8 M sesuai standar dan baja tulangan bubut berdiameter 12,5 mm, seperti sampel yang diuji di laboratorium PT. Putra Baja Deli.

Berdasarkan hasil uji tarik yang telah dilakukan, dapat dilihat perbedaan dari sampel ASTM E8 M standar dan baja tulangan bubut berdiameter 12,5 mm, seperti dibawah ini.

Tabel 12. Hasil rata-rata pengujian.

Spesimen	Area (mm ²)	Yield Load (KN)	Max Force (KN)	Yield Stress (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Ratio (tensile/yield)	Elongation (%)
Standar	122,72	53,7	75,81	437,6	617,8	1.408	31,05
Non standar	122,72	49,7	74,2	404,99	604,6	1.492	25,2

Sumber : Data Penelitian (2013)

Dilihat dari hasil diatas, perbedaan yang terjadi pada nilai *Yield* dan *Tensile* tidak terlalu jauh dan hasil pengujian masih dalam batas ketentuan yang berlaku yaitu berada pada range kelas 40 dalam SNI 07-2052-2002. Hasil pengujian ini dapat membuktikan bahwa tidak terlalu berpengaruh hasil pengujian jika ujung-ujung sampel juga dibubut, tetapi sangat berpengaruh jika panjang ukur benda uji tidak disamakan. Dari penelitian yang dilakukan di laboratorium mesin UR, hasil pengujian di laboratorium PT. Putra Baja Deli dapat digunakan untuk menganalisis pengaruh dari penghilangan canai terhadap sifat mekanisnya yaitu terfokus pada *Yield Stress* dan *Tensile Strength*.

Berdasarkan hasil uji tarik yang telah dilakukan, dapat dilihat perbedaan dari F_y (kuat leleh) benda uji yang tidak dibubut (SNI 07-2052-2002), dibubut menjadi diameter mengikuti SNI 07-2529-1991 dan ASTM E8 M, seperti dibawah ini.

Tabel 13. Kuat leleh hasil penelitian

Diameter (mm)	Fy (kuat leleh) Yield Stress (N/mm ²)		
	SNI 07-2052-2002	Dibubut (Diameter mengikuti SNI 07-2529-1991)	Dibubut (Diameter mengikuti ASTM E8 M)
16	459 ± 2,65	481.7 ± 17,9	430
19	466.7 ± 30,5	427 ± 4,6	404
22	469 ± 5,2	423.7 ± 19,5	406
25	472.3 ± 5,2	414.67 ± 5,2	399
29	444 ± 4	390.7 ± 10,4	388

Sumber : Data Penelitian (2013)

Kesimpulan, tidak ada perbedaan yang nyata antara ketiga perlakuan uji tarik terhadap Kuat lelehnya (F_y).

Berdasarkan hasil uji tarik yang telah dilakukan, dapat dilihat perbedaan dari F_u (kuat putus) benda uji yang tidak dibubut (SNI 07-2052-2002), dibubut (SNI 07-2529-1991), dan ASTM E8 M, seperti dibawah ini.

Tabel 14. Kuat putus hasil penelitian

Diameter (mm)	Fu (kuat putus) Tensile Strength (N/mm ²)		
	SNI 07-2052-2002	Dibubut (diameter mengikuti SNI 07-2529-1991)	Dibubut (diameter mengikuti ASTM E8 M)
16	615.7 ± 2,5	688.7 ± 28,2	610
19	617.3 ± 12,3	614.7 ± 21,6	601
22	629.3 ± 12,6	614.3 ± 26,5	582
25	628 ± 4	665.33 ± 17,2	656
29	609 ± 10,6	608.7 ± 12,4	619

Sumber : Data Penelitian (2013)

Kesimpulan, tidak ada perbedaan yang nyata antara ketiga perlakuan uji tarik terhadap Kuat maksimalnya (F_u).

Di dalam ACI dan UBC yang merupakan peraturan International dijelaskan bahwa rasio Tensile Strength dan Yield Stress tidak kurang dari 1.25 (Morales, E.M). Berdasarkan hasil penelitian yang didapat, Pengujian yang dilakukan masih termasuk dalam ijin yang diperbolehkan, seperti tabel dibawah ini.

Tabel 15. Ratio *tensile / yield* hasil penelitian

Diameter (mm)	Ratio (tensile/yield)		
	SNI 07-2052-2002	Dibubut (diameter mengikuti SNI 07-2529-1991)	Dibubut (diameter mengikuti ASTM E8 M)
16	1.341 ± 0,009	1.429 ± 0,005	1.419
19	1.325 ± 0,063	1.440 ± 0,066	1.488
22	1.317 ± 0,017	1.450 ± 0,009	1.433
25	1.331 ± 0,007	1.605 ± 0,06	1.644
29	1.371 ± 0,006	1.558 ± 0,01	1.595

Sumber : Data Penelitian (2013)

Kesimpulan, tidak ada perbedaan yang nyata antara ketiga perlakuan uji tarik terhadap *ratio tensile and yield*.

Berdasarkan hasil uji tarik yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa pengujian yang dilakukan terhadap sampel yang tidak dibubut dan dibubut masih berada didalam standar SNI 07-2052-2002, dilihat dari *Yield Stress* dan *Tensile Strength*.

Tabel Sifat mekanis

Kelas baja tulangan	Nomor batang uji	Uji tarik			Uji lengkung	
		Batas ulur kgf/mm ² (N/mm ²)	Kuat tarik kgf/mm ² (N/mm ²)	Regangan (%)	Sudut lengkung	Diameter pelengkung
BjTP 24	No. 2	Minimum 24	Minimum 39	20	180 ⁰	3 x d
	No. 3	(235)	(380)	24		
BjTP 30	No. 2	Minimum 30	Minimum 45	18	180 ⁰	d > 16 = 3xd d > 16 = 4xd
	No. 3	(295)	(440)	20		
BjTP 30	No. 2	Minimum 30	Minimum 45	10	180 ⁰	d ≤ 16 = 3xd d > 16 = 4xd
	No. 3	(295)	(440)	18		
BjTP 35	No. 2	Minimum 35	Minimum 50	18	180 ⁰	d ≥ 16 = 3xd 16 < d ≤ 40 = 4xd d ≥ 40 = 5xd
	No. 3	(345)	(490)	20		
BjTP 40	No. 2	Minimum 40	Minimum 57	16	180 ⁰	5 x d
	No. 3	(390)	(500)	18		
BjTP 50	No. 2	Minimum 50	Minimum 67	12	180 ⁰	d ≤ 25 = 5xd d > 25 = 6xd
	No. 3	(490)	(620)	14		
CATATAN		1. Hasil uji lengkung tidak boleh terletak pada sisi luar lengkungan 2. Untuk baja tulangan sirip ≥ S.32 nilai renggang dikurangi 2 % Untuk baja tulangan sirip S.40 dan S.50 dikurangi 4 % dari nilai yang tercantum pada tabel 6. 3. 1 kgf/mm ² = 9,81 N/mm ²				

a. Diameter 16 mm

Diameter (mm)	Yield Stress (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	SNI 07-2052-2002
tidak dibubut	456 - 461	607 - 620	Yield (min 390), Tensile (min 500)
dibubut (6.4 mm)	462 - 497	657 - 711	Yield (min 390), Tensile (min 500)
dibubut (12.5 mm)	430	610	Yield (min 390), Tensile (min 500)

b. Diameter 19 mm

Diameter (mm)	Yield Stress (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	SNI 07-2052-2002
tidak dibubut	432 - 489	604 - 628	Yield (min 390), Tensile (min 500)
dibubut (9 mm)	423 - 432	590 - 630	Yield (min 390), Tensile (min 500)
dibubut (12.5 mm)	404	601	Yield (min 390), Tensile (min 500)

c. Diameter 22 mm

Diameter (mm)	Yield Stress (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	SNI 07-2052-2002
tidak dibubut	466 - 475	616 - 641	Yield (min 390), Tensile (min 500)
dibubut (12 mm)	410 - 446	593 - 544	Yield (min 390), Tensile (min 500)
dibubut (12.5 mm)	406	582	Yield (min 390), Tensile (min 500)

d. Diameter 25 mm

Diameter (mm)	Yield Stress (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	SNI 07-2052-2002
tidak dibubut	468 - 478	625 - 633	Yield (min 390), Tensile (min 500)
dibubut (15.5 mm)	409 - 419	647 - 681	Yield (min 390), Tensile (min 500)
dibubut (12.5 mm)	399	656	Yield (min 390), Tensile (min 500)

e. Diameter 29 mm

Diameter (mm)	Yield Stress (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	SNI 07-2052-2002
tidak dibubut	438 - 450	598 - 619	Yield (min 390), Tensile (min 500)
dibubut (20.9 mm)	379 - 399	595 - 619	Yield (min 390), Tensile (min 500)
dibubut (12.5 mm)	388	619	Yield (min 390), Tensile (min 500)

Melihat dari tabel diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa uji tarik yang menggunakan standar SNI 07-2529-1991 dan ASTM E8 M masih bisa dilakukan karena masih dalam range Standar yang berlaku untuk saat ini, yaitu SNI 07-2052-2002. Sehingga untuk malakukan uji tarik, dapat dilakukan pembubutan diameter agar bisa diuji di mesin uji tarik dengan kapasitas yang kecil.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang dilakukan di PT. Putra Baja Deli, dapat ditarik kesimpulan, yaitu :

- Karena persentase C (karbon) yang terkandung didalam baja tulangan beton berada pada range yang mendekati (0.3-0.59%), maka secara keseluruhan sampel uji adalah *medium carbon*. Hasil ini sesuai dengan sampel uji yang merupakan baja tulangan beton produksi PT. Putra Baja Deli (diameter 16, 19, 22, dan 25 mm) dan produksi PT. Krakatau Steel (diameter 29 mm), yang menjelaskan bahwa hasil produksinya merupakan Baja karbon (*Carbon Steel/low alloy*).

- Uji tarik yang menggunakan diameter yang mengikuti diameter dengan standar SNI 07-2529-1991 dan ASTM E8 M masih bisa dilakukan karena masih dalam range Standar yang berlaku untuk saat ini, yaitu SNI 07-2052-2002. Untuk melakukan uji tarik, dapat dilakukan pembubutan diameter agar bisa diuji di mesin uji tarik dengan kapasitas yang kecil. Walaupun nilai *Yield Stress* dan *Tensile Strength* didalam penelitian yang didapat masih dalam range standar, tetapi hasilnya tidak bisa digunakan karena penelitian yang dilakukan tidak sesuai dengan standar yang berlaku.
- Tidak ada perbedaan yang nyata antara ketiga perlakuan uji tarik terhadap Kuat lelehnya (F_y) dan kuat maksimalnya (F_u).
- Di dalam ACI dan UBC yang merupakan peraturan International dijelaskan bahwa rasio *Tensile Strength* dan *Yield Stress* tidak kurang dari 1.25 (Morales, E.M). Berdasarkan hasil penelitian yang didapat, Pengujian yang dilakukan masih termasuk dalam ijin yang diperbolehkan.
- Elongasi tidak dapat dihitung karena terjadi perbedaan dalam cara penentuan panjang ukur benda uji sehingga tidak bisa ditarik kesimpulan.

Saran

- Pengujian yang dilakukan haruslah mengikuti standar yang telah ditentukan, sehingga hasil pengujian yang dilakukan dapat dipertanggung-jawabkan.
- Penulis harus paham dan mengerti dengan penelitian yang ingin dilaksanakan agar tidak terjadi kesalahan-kesalahan dalam pengolahan data.

6. DAFTAR PUSTAKA

ASM Handbook (1992),” *Mechanical Testing*”, New York: ASM International.

ASTM, E8 “ *standar Test Methods of Tension Testing of Metallic Materials* “, America Society for Testing and Materials, vol. 3.01.

Frick, heinz & koemartadi, ch (1999). “*Ilmu bahan bangunan*”. Yogyakarta : kanisius.

George Winter & Arthur H. Nilson, (1993), “*Perencanaan Struktur Beton Bertulang* ”, Pradnya Paramita, Jakarta.

Morales, Emilio M, “Significance of the ratio of tensile strength to yield stress (TS/YS) of Reinforcing bars”.

Nur, oscar fithrah (2009), “*Analisa pengaruh penambahan tulangan tekan terhadap daktilitas kurvatur balok beton bertulang*” Jurnal Rekayasa Sipil, Vol. 5 No. 1.

Oentoeng. (1999), “*Konstruksi Baja*”. Edisi Kedua. Yogyakarta : Andi.

Paulay, T, Priestley, M.J.N.,(1992), “Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Building” ,New York.

Prof. Loa w. Darmawan (1984), “ *konstruksi baja I*” jakarta. Dpu, Bagian Sipil Institut Teknologi Bandung.

SNI 03-2847-2002 “*Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung* “.

SNI 07-2052-2002 “ *Baja Tulangan Beton* “.

SNI 07-2529-1991 “ *Metode Pengujian Tarik Baja Beton* “.

Sugiharti , dan Sudarmanto (2006). “ *Penelitian Baja Tulangan Deform Dari Produk Pabrik* “.