



ANALISIS KAPASITAS PUNTIR ELEMEN BALOK BETON MUTU TINGGI DENGAN SUBSTITUSI ADITIF, AGREGAT HALUS SERTA AGREGAT KASAR (PENGUNAAN FLY ASH BATU BARA, PASIR POZZOLAN DAN CANGKANG SAWIT)

Geminingsih Nastiti^{a,*}, Teuku Budi Aulia^b, Muttaqin Muttaqin^c

^aMagister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

^{b,c}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

*Corresponding author, email address: gnastiti.sla@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History:

Received 12 July 2018

Received in revised form 14 September 2018

Accepted 20 September 2018

Keywords:

hybrid high performance concrete, torsion capacity, additives, aggregate substitution.

ABSTRACT

Along with the construction development which is not symmetrical and both the column and the beam made small then the torsion load highly affect the building structure. The torsion load often occurs in the building components such as beam, column and the joint of column and beam. The loads of floor plates and small beam will create a torsion moment on the certain beam. Earthquake can cause dangerous torsion force in all elements of building constructions. Like the load outside the center of the mass in which the torsion stress can be very high. This research aims to find out the torsion capacity on hybrid high performance concrete beam element in which the hybrid high performance concrete using additive alternative materials, by using 7 test objects variations, the size of the test objects used is 20 x 25 x 120 cm³ and the test done for 28 days of concrete period. From the test output obtained that the highest torsion moment found out in Test object number 6 (BU6) using pozzolanic fly Ash (10%) + fine aggregate of the sand pozzolan (10%) + coarse aggregate of palm kernel shell (40%) + Nano material filler of iron ore as 10.4 kNm. The highest torsion angle is also created on BU6 as 0,0246 rad. The concrete performance highly affects the torsion strength, the highest concrete performance is found out from BU6 which is 59,48 MPa.

©2018 Magister Teknik Sipil Unsyiah. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Beton mutu tinggi dapat diartikan sebagai beton yang berorientasi pada kekuatan yang tinggi (*high strength concrete*) yang mempertimbangkan keawetan (*durability*) beton serta kemudahan pengerjaan beton (*work-ability*). Seiring dengan berkembangnya konstruksi yang tidak lagi simetris dan kolom serta balok yang dibuat kecil maka beban puntir pun sangat mempengaruhi struktur sebuah bangunan dan sebenarnya beban puntir sering terjadi pada komponen-komponen bangunan seperti balok, kolom dan sambungan kolom balok (Ni Kadek, 2010). Beban-beban dari pelat lantai dan balok anak akan menimbulkan suatu momen puntir tertentu pada balok, sedangkan pada kolom, momen puntir akan terjadi jika ada gaya horizontal (seperti gaya gempa dan gaya angin). Gempa dapat menyebabkan gaya puntir yang

berbahaya dalam semua elemen konstruksi teknik sipil. Hal ini terutama terjadi pada gedung asimetris di mana pusat massa dan kekakuan tidak berimpit.

Didasari oleh penggunaan beton mutu tinggi yang meningkat dengan berbagai material alternatifnya dan puntir yang sering terjadi terutama pada daerah yang rawan gempa, maka hal inilah yang menjadi latar belakang dari penelitian ini. Penelitian ini menggunakan 7 variasi benda uji, dimana material alternatif yang digunakan merupakan material alternatif yang telah diteliti sebelumnya dan telah memperoleh komposisi optimum pada pengujian sifat mekanis beton mutu tinggi untuk setiap variasi alternatifnya. Penelitian ini akan diuji kapasitas puntirnya dengan tambahan nanomaterial bijih besi dan variabel material yang digabungkan.

2. KAJIAN PUSTAKA

Momen-momen puntir menimbulkan tegangan-tegangan geser yang mengakibatkan tegangan-tegangan tarik prinsip miring dengan sudut kira-kira 45° terhadap sumbu memanjang dari bagian konstruksi itu. Retak diagonal terjadi apabila tegangan-tegangan tarik tersebut melampaui kekuatan tarik beton. Retak-retak ini akan berbentuk sebuah spiral mengelilingi bagian konstruksi tersebut (W. H. Mosley dan J. H. Bungey, 1984)

2.1 Perencanaan Penampang Balok dan Tulangan Puntir

Dari SNI-03-2847-2002, pengaruh puntir dalam elemen struktur pada umumnya terjadi secara bersamaan dengan efek geser, maka secara otomatis tulangan puntir bisa digabungkan dengan tulangan geser. Puntir dapat diabaikan bila nilai momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang dari:

Untuk komponen struktur non pratekan:

$$\left[\frac{\phi \sqrt{f_c}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \right] \quad (1)$$

Pada struktur satis tak tentu dimana dapat terjadi pengurangan momen puntir pada komponen strukturnya yang disebabkan oleh redistribusi gaya-gaya dalam akibat adanya keretakan, momen puntir terfaktor maksimum T_u dapat dikurangi menjadi:

$$\phi \frac{\sqrt{f_c}}{3} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \quad (2)$$

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut:
untuk penampang solid:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d} \right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + \frac{2 \sqrt{f_c}}{3} \right) \quad (3)$$

dapat ditentukan berdasarkan Gambar 1 dan $V_c = \frac{\sqrt{f_c}}{6} b_w d$

Tulangan yang dibutuhkan untuk menahan puntir harus ditentukan dari:

$$\phi T_n \geq T_u \quad (4)$$

dengan T_u adalah momen puntir terfaktor pada penampang yang ditinjau dan T_n adalah kuat momen puntir nominal penampang. Dalam kondisi aktual kuat puntir nominal penampang (T_n) sesungguhnya disumbangkan oleh kuat puntir nominal beton (T_c) dan kuat momen puntir nominal tulangan puntir (T_s), tetapi dengan alasan penyederhaan desain maka besaran T_c diasumsikan sama dengan nol sehingga dapat diabaikan.

Tulangan sengkang untuk puntir harus direncanakan berdasarkan persamaan berikut:

$$T_n = \frac{2A_o A_t f_{yv}}{s} \cot \theta \quad (5)$$

Tulangan transversal didasarkan pada kekuatan momen puntir T_n yang sama dengan $\frac{T_u}{\phi}$.

Dengan :

A_o , kecuali ditentukan berdasarkan analisis, dapat diambil sebesar $0,85A_{oh}$, dan kuat leleh rencana untuk tulangan puntir non-pratekan tidak boleh melebihi 400 MPa.

Nilai θ tidak boleh kurang daripada 30 derajat dan tidak boleh lebih besar daripada 60 derajat. Nilai θ boleh diambil sebesar:

- 45 derajat untuk komponen struktur non-pratekan atau komponen struktur pratekan dengan nilai pratekan yang besarnya tidak melebihi ketentuan pada butir di bawah ini,
- 37,5 derajat untuk komponen struktur pratekan dengan gaya pratekan efektif tidak kurang daripada 40 persen kuat tarik tulangan longitudinal.

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir tidak boleh kurang daripada:

$$A_t = \frac{A_t}{s} P_h \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \cot^2 \theta \quad (6)$$

dengan θ adalah nilai yang sama dengan nilai yang digunakan dalam Pers. (5) dan A_t/s harus dihitung dari Pers. (5).

Tulangan untuk menahan puntir harus disediakan sebagai tambahan terhadap tulangan yang diperlukan untuk menahan gaya-gaya geser, lentur, dan aksial yang bekerja secara kombinasi dengan gaya puntir. Dalam hal ini, persyaratan yang lebih ketat untuk spasi dan penempatan tulangan harus dipenuhi.

Luas minimum tulangan puntir harus disediakan pada daerah dimana momen puntir terfaktor T_u melebihi nilai yang disyaratkan pada Persamaan (1). Bilamana diperlukan tulangan puntir berdasarkan ketentuan di atas, maka luas minimum tulangan sengkang tertutup harus dihitung dengan ketentuan:

$$A_v + 2A_t = \frac{75\sqrt{f'_c}}{1200} \frac{b_w s}{f_{yv}} \quad (7)$$

Namun $(A_v + 2A_t)$ tidak boleh kurang dari $\frac{1}{3} \frac{b_w s}{f_{yv}}$.

sedangkan luas total minimum tulangan puntir longitudinal harus dihitung dengan ketentuan:

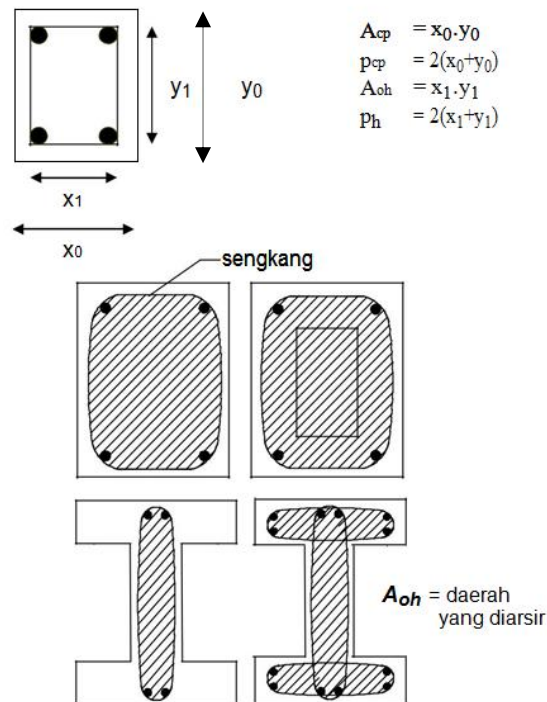
$$A_{t, \min} = \frac{5\sqrt{f'_c}}{12 f_{yt}} - \left(\frac{A_t}{s} \right) p_h \frac{f_{yv}}{f_{yt}} \quad (8)$$

dengan $\frac{A_t}{s}$ tidak kurang dari $b_w / 6 f_{yv}$

Dalam pemasangan tulangan puntir harus diperhatikan ketentuan-ketentuan berikut (SNI-03-2847-2002):

- Spasi tulangan sengkang puntir tidak boleh melebihi nilai terkecil antara $p_h/8$ atau 300 mm.
- Tulangan longitudinal yang dibutuhkan untuk menahan puntir harus didistribusikan di sekeliling perimeter sengkang tertutup dengan spasi tidak melebihi 300 mm. Batang atau tendon longitudinal tersebut harus berada di dalam sengkang. Pada setiap sudut sengkang tertutup harus ditempatkan minimal satu batang tulangan atau tendon longitudinal. Diameter batang tulangan longitudinal haruslah minimal sama dengan 1/24 spasi sengkang, tetapi tidak kurang daripada 10 mm.

- c) Tulangan puntir harus dipasang melebihi jarak minimal $(b_t + d)$ dimana tulangan puntir dibutuhkan secara teoritis.

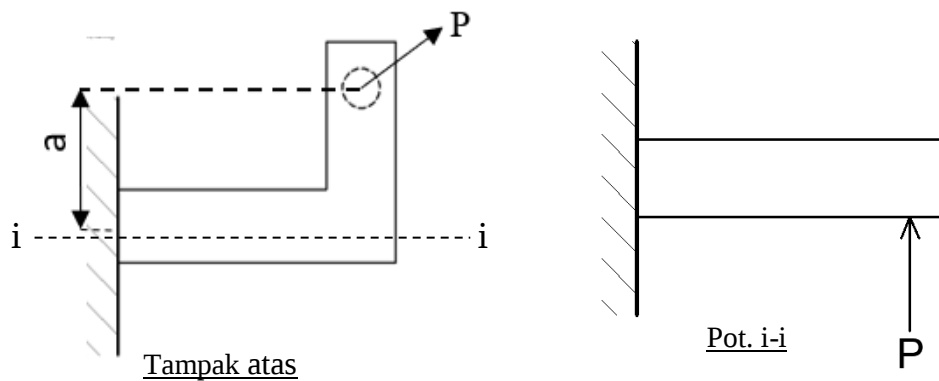


Gambar 1. Nilai A_{oh}
Sumber: SNI-03-2847-2002

2.2 Perhitungan Momen Puntir dan Sudut Puntir

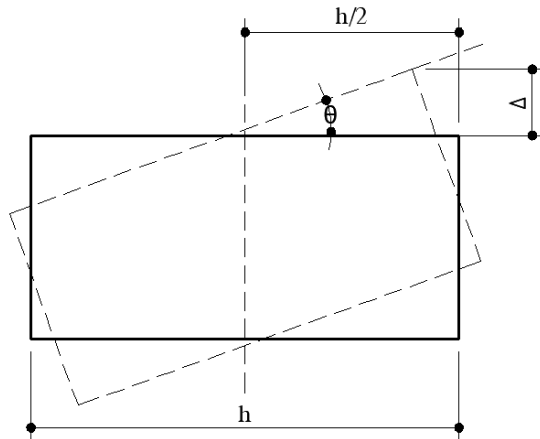
Momen yang diperoleh dari uji puntir, maka dihitung dengan persamaan di bawah ini:

$$T = P \cdot a \quad (9)$$



Gambar 2. Pembebanan pada balok kantilever
Sumber: Timoshenko, 1940

Perhitungan sudut puntir yang terbentuk pada elemen balok beton mutu tinggi dihitung berdasarkan perubahan deformasi yang terjadi.



$$\theta = \frac{\Delta}{h/2} = \frac{2\Delta}{h} \quad (10)$$

Gambar 3. Deformasi akibat puntiran
Sumber: Timoshenko, 1940

3 METODOLOGI PENELITIAN

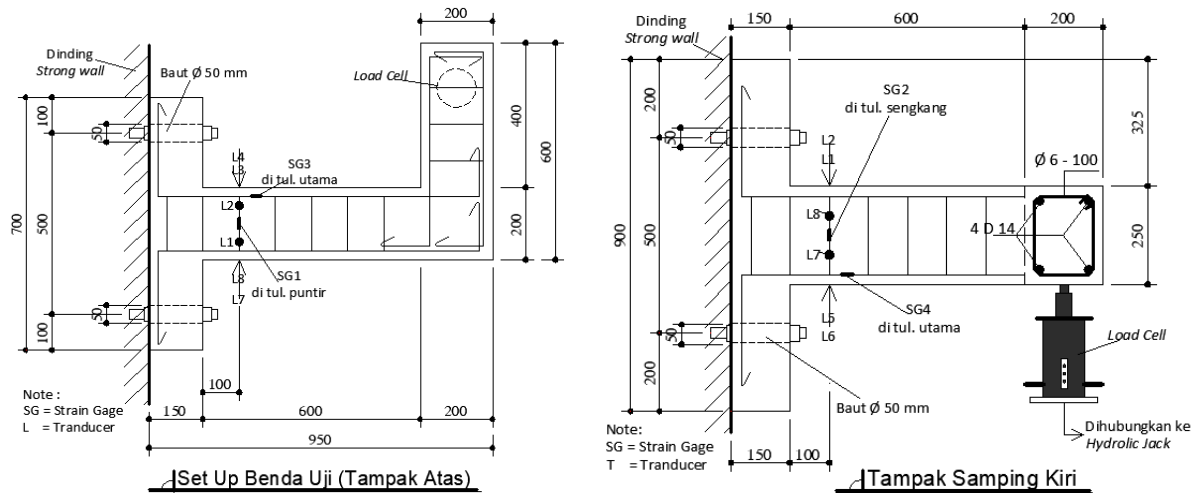
Berdasarkan analisis yang dilakukan untuk mendapatkan benda uji yang gagal menahan puntir maka didapat ukuran dan jumlah tulangan sebagai berikut:

Tabel 1

Ukuran dan Jumlah Tulangan Benda Uji Balok

Kode Benda Uji	Spesifikasi Material	Dimensi Balok	Tul. Utama	Tul. Sengkang	Jumlah
BU1	Beton bertulang mutu tinggi normal	20 x 25 x 120 cm ³	4 D 14 mm	Ø 6 – 100 mm	1
BU2	Beton bertulang mutu tinggi <i>fly ash</i> batu bara + agregat halus pasir pozzolan + agregat kasar bongkahan cangkang sawit + filler nanomaterial bijih besi				1
BU3	Beton bertulang mutu tinggi <i>fly ash</i> batu bara + agregat halus kerak boiler cangkang sawit + agregat kasar bongkahan cangkang sawit + filler nanomaterial bijih besi				1
BU4	Beton bertulang mutu tinggi <i>fly ash</i> abu bakar cangkang sawit + agregat halus pasir pozzolan + agregat kasar bongkahan cangkang sawit + filler nanomaterial bijih besi				1
BU5	Beton bertulang mutu tinggi <i>fly ash</i> abu bakar cangkang sawit + agregat halus kerak boiler cangkang sawit + agregat kasar bongkahan cangkang sawit + filler nanomaterial bijih besi				1
BU6	Beton bertulang mutu tinggi <i>fly ash</i> abu pozzolanik + agregat halus pasir pozzolan + agregat kasar bongkahan cangkang sawit + filler nanomaterial bijih besi				1
BU7	Beton bertulang mutu tinggi <i>fly ash</i> abu pozzolanik + agregat halus kerak boiler cangkang sawit + agregat kasar bongkahan cangkang sawit + filler nanomaterial bijih besi				1

Pembebanan dilakukan dengan memberikan beban disalah satu ujung elemen balok (*cantilever*). Benda uji dibebani secara bertahap hingga mengalami kehancuran. Pada setiap tahap pembebanan dicatat besar beban, lendutan, regangan, dan pola retak. Tahapan yang harus diperhatikan adalah pada saat retak awal balok dan pembebanan dihentikan bila balok mencapai beban ultimit (pembacaan beban mulai menurun). *Set up* pengujian puntir elemen balok dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. *Set up* pembebanan benda uji elemen balok

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Data pendukung yang diperoleh untuk menentukan kapasitas puntir pada benda uji adalah perhitungan uji tarik baja dan perhitungan uji tekan silinder. Hasil perhitungan uji tarik baja dapat dilihat pada Tabel 2 dan hasil uji tekan silinder yang diperoleh untuk tiap benda uji dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2
Hasil Perhitungan Uji Tarik Baja

Benda uji	Beban maks (kg)	Tegangan Ultimit (kg/cm ²)	Regangan Leleh (%)	Tegangan Leleh (kg/cm ²)	Modulus Elastisitas (kg/cm ²)
Ø6	1475	5922,422	0,209	4316,665	2062076
D14	5035	6414,013	0,200	4203,822	2098449

Tabel 3
Hasil Perhitungan Uji Tekan Silinder

Benda uji	BU1	BU2	BU3	BU4	BU5	BU6	BU7
f_c' (MPa)	44,40	51,04	44,67	44,54	51,14	59,48	57,96

Perhitungan sudut puntir yang terbentuk pada elemen balok beton mutu tinggi dihitung dengan Persamaan 10, yaitu dengan menghitung perubahan deformasi yang terjadi di delapan titik elemen balok yang telah dipasang *transducer*.

Sebagai contoh, perhitungan diambil dari data uji puntir BMT BU1 pada saat elemen balok menerima beban (P) = 2 ton.

Menghitung momen puntir yang terjadi (T)

Diketahui :

$$L = 100 \text{ mm}$$

$$a = 0,375 \text{ m}$$

$$\text{maka, } T = P \cdot a$$

$$= 2 \cdot 0,375 \cdot 9,81$$

$$= 7,358 \text{ kNm}$$

Menghitung sudut puntir yang terbentuk (θ)

Diketahui deformasi yang dihasilkan *transducer* :

$$L1 = -1,540 \text{ mm}$$

$$L5 = -0,255 \text{ mm}$$

$$L2 = -1,430 \text{ mm}$$

$$L6 = -0,660 \text{ mm}$$

$$L3 = 0,620 \text{ mm}$$

$$L7 = -0,525 \text{ mm}$$

$$L4 = 0,840 \text{ mm}$$

$$L8 = -0,835 \text{ mm}$$

Maka dihitung rata-ratanya:

$$L1 \& L6 = (-1,540 + (-0,660))/2$$

$$= -1,100 \text{ mm}$$

$$L2 \& L5 = (-1,430 + (-0,255))/2$$

$$= -0,843 \text{ mm}$$

$$L3 \& L8 = 0,620 + (-0,835)/2$$

$$= -0,108 \text{ mm}$$

$$L4 \& L7 = 0,840 + (-0,525)/2$$

$$= -0,843 \text{ mm}$$

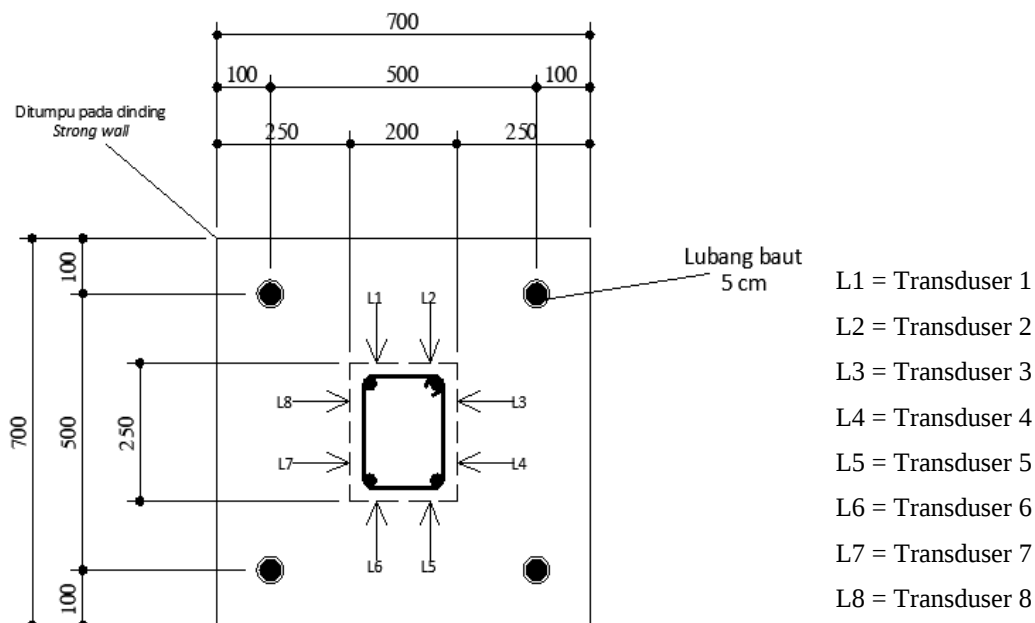
Nilai θ_y diperoleh dari:

$$\frac{L1;L6 + L2;L5}{2} = 0,0026 \text{ rad}$$

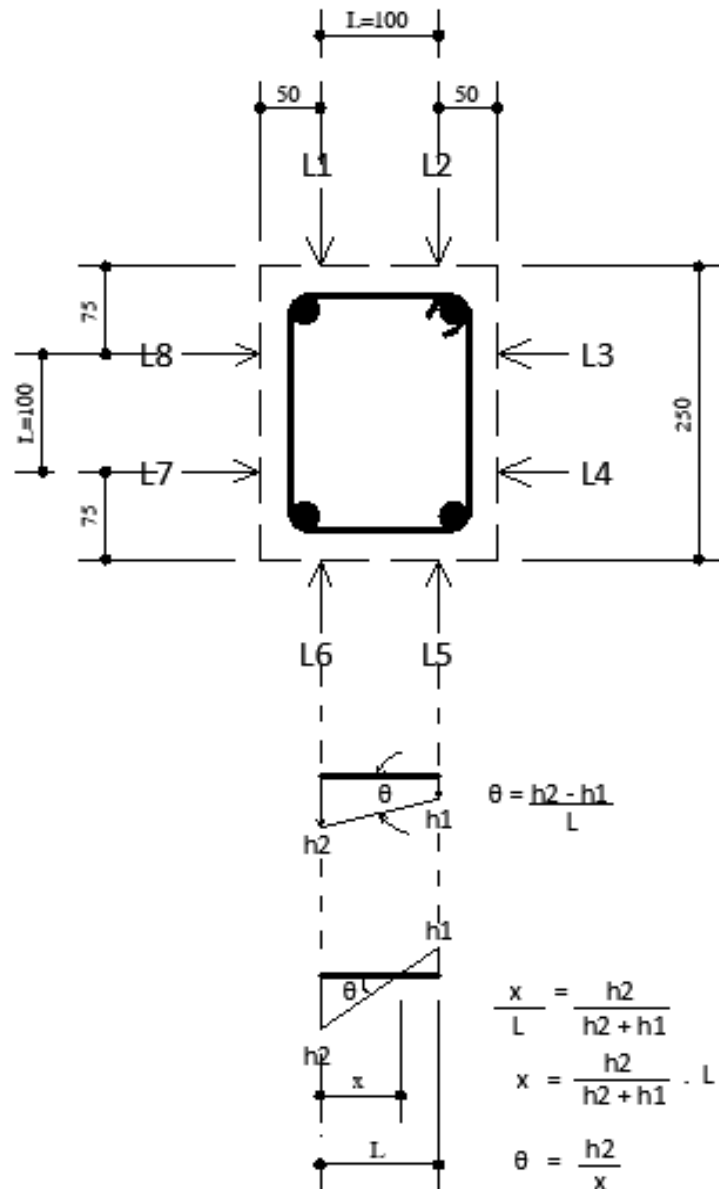
Nilai θ_x diperoleh dari:

$$\frac{L3;L8 + L4;L7}{2} = 0,0027 \text{ rad}$$

Maka nilai θ adalah = $\frac{(\theta_y + \theta_x)}{2} = 0,0026 \text{ rad}$



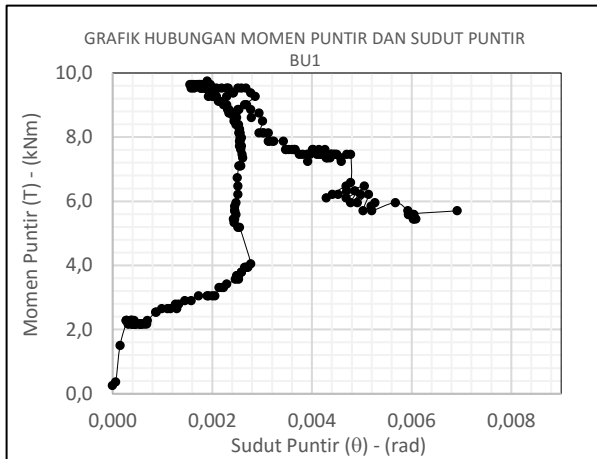
Gambar 5. Potongan melintang benda uji puntir



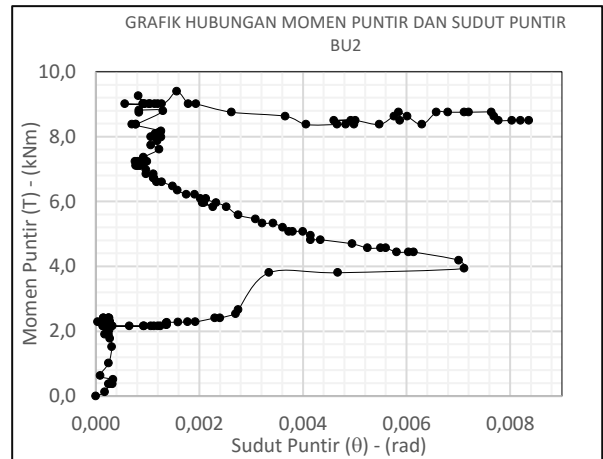
Gambar 6. Perhitungan sudut puntir dari deformasi

Momen puntir pada elemen balok dihitung dengan persamaan 9. Sudut puntir dan momen puntir yang telah dihitung diplot ke dalam sebuah grafik. Hubungan antara momen puntir dan sudut puntir dapat dilihat pada Gambar 1 sampai dengan Gambar 10.

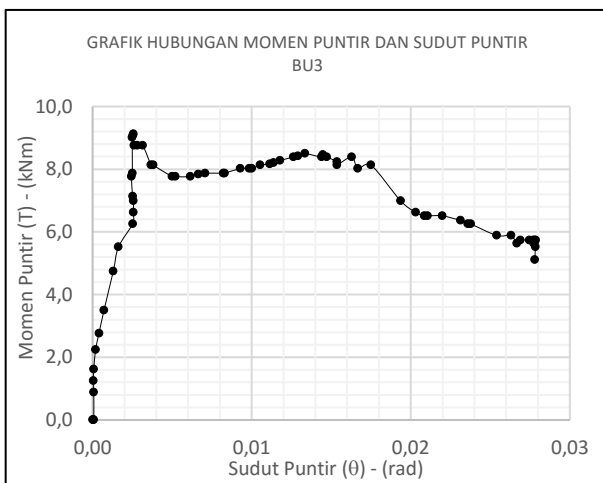
Diantara ketujuh variasi benda uji, benda uji 6 (BU6) merupakan benda uji yang memiliki kapasitas puntir terbesar yaitu dapat menahan momen puntir sebesar 10,4 kNm dengan sudut puntir yang terjadi sebesar 0,0246 rad. Benda uji 1 (BU1) yang merupakan benda uji normal dapat menahan momen puntir sebesar 9,749 kNm dengan sudut puntir 0,0069 rad kemudian disusul oleh BU2 yang dapat menahan momen puntir sebesar 9,388 kNm dengan sudut puntir 0,0084 rad. Sedangkan BU7 dapat menahan momen sebesar 9,381 kNm dengan sudut puntir 0,0088 rad, BU3 dapat menahan momen puntir sebesar 8,498 kNm dengan sudut puntir yang terjadi 0,0238 rad dan BU5 terjadi momen puntir sebesar 8,388 kNm dengan sudut puntir 0,0225 rad. Pada BU4 momen puntir yang terjadi 7,983 kNm dengan sudut puntir sebesar 0,0019 rad.



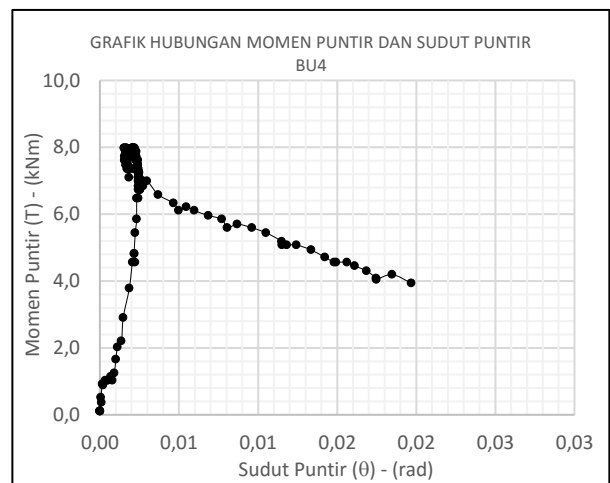
Gambar 7 Hub. Momen puntir dan sudut puntir BU1



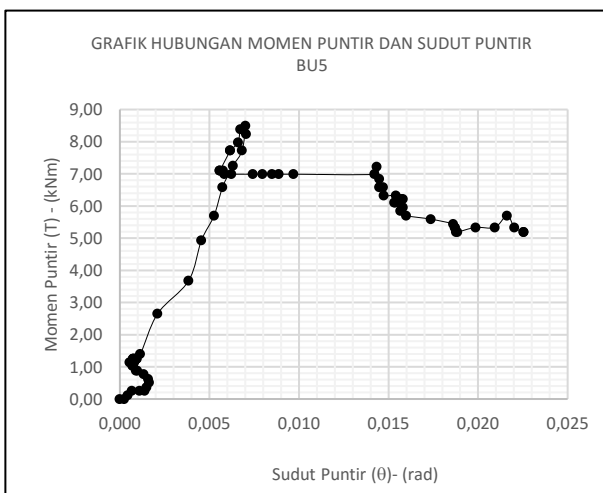
Gambar 8 Hub. Momen puntir dan sudut puntir BU2



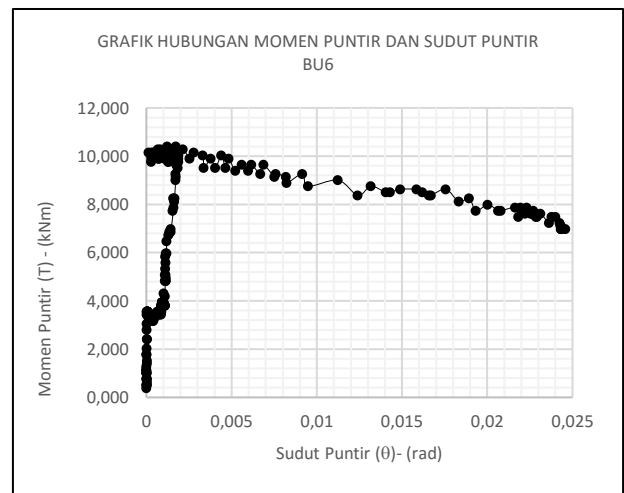
Gambar 9 Hub. Momen puntir dan sudut puntir BU3



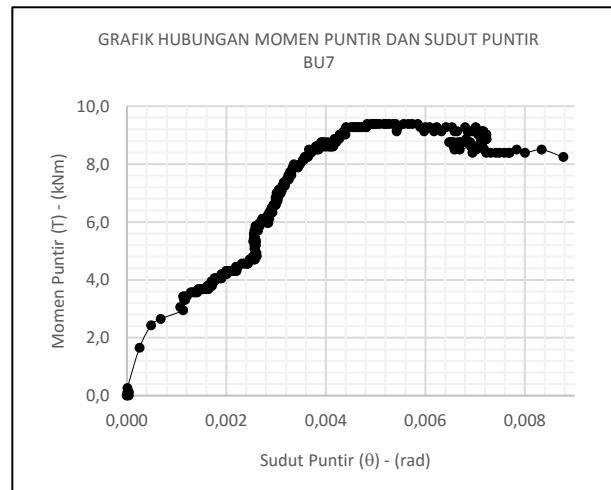
Gambar 10 Hub. Momen puntir dan sudut puntir BU4



Gambar 11 Hub. Momen puntir dan sudut puntir BU5



Gambar 12 Hub. Momen puntir dan sudut puntir BU6



Gambar 13 Hub. Momen puntir dan sudut puntir BU7

Hasil yang diperoleh dari uji puntir ditampilkan pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4

Hasil Uji Puntir Elemen Balok Beton Mutu Tinggi Hybrid

Kode Balok	f_y (tul utama) (MPa)	f_y (senggang) (MPa)	f'_c (MPa)	P_{maks} (t)	θ_{maks} (rad)	T_{maks} (kNm)
BU1	420,382	431,667	44,4	2,650	0,0069	9,749
BU2	420,382	431,667	51,04	2,552	0,0084	9,388
BU3	420,382	431,667	44,67	2,310	0,0238	8,498
BU4	420,382	431,667	44,54	2,170	0,0197	7,983
BU5	420,382	431,667	51,14	2,280	0,0225	8,388
BU6	420,382	431,667	59,48	2,827	0,0246	10,400
BU7	420,382	431,667	57,96	2,550	0,0088	9,381

5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian uji puntir yang menggunakan *fly ash* batu bara, cangkang sawit, pasir pozzolan, sebagai substitusi semen, agregat halus dan agregat kasar serta penambahan filler nanomaterial bijih besi diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kuat tekan beton sangat mempengaruhi kuat puntir
2. BU6 memperlihatkan bahwa elemen balok dengan variasi abu pozzolan + agregat halus pasir pozzolan + agregat kasar cangkang sawit + *filler* nanomaterial bijih besi, dapat menahan momen puntir sebesar 10,4 kNm dengan pembebanan maksimum sebesar 2,827 ton. Sedangkan untuk BU1 dapat menahan momen puntir sebesar 9,749 kNm dengan pembebanan maksimum 2,65 ton.
3. Besarnya sudut puntir maksimum terjadi pada BU3 dengan variasi *fly ash* batu bara + agregat halus kerak boiler cangkang sawit + agregat kasar bongkahan cangkang sawit + *filler* nanomaterial bijih besi sebesar 0,0278 rad. Sedangkan untuk BU1 sudut puntir maksimum sebesar 0,0069.

5.2 Saran

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat berguna dalam pengembangan ilmu bahan bangunan dan menjadi bahan pertimbangan salah satu material alternatif sebagai substitusi agregat alam untuk

memanfaatkan limbah industri yang ada. Semoga penelitian ini dapat dilanjutkan lagi oleh para peneliti lain, oleh karena itu disarankan sebagai berikut :

1. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan penambahan material alternatif dengan jumlah persentase lain, penambahan zat tambahan *superplasticizer* dengan persentase berbeda-beda, serta jumlah FAS yang dibuat bervariasi.
2. Dapat menggunakan material alternatif lain yang banyak mengandung silika sebagai bahan pengikat campuran beton, sehingga beton lebih daktil dan menambah kuat puntir
3. Dapat dilakukan uji puntir lain dengan penyusunan sengkang yang variatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2004, *Annual Book of American Society for Testing and Materials Standard (ASTM Standard)*, New York, USA.
- Anonim, 2008, American Concrete Institute, *Building Codes Requirement for Structural Concrete and Commentary*, ACI Committee.
- Astariani, 2010, *Pengaruh Torsi Pada Bangunan*, GaneC Swara edisi khusus Vol. 4 No. 3, Fakultas Teknik Universitas Ngurah Rai, Denpasar.
- Badan Standardisasi Nasional, 2002, Standar Nasional Indonesia 03-2847-2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (Beta Version)*, Bandung.
- Merriza, 2016, *Analisis Kapasitas Geser Beton Bertulang Mutu Tinggi Variasi Aditif dan Substitusi Agregat*, Tesis Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Timoshenko, S., 1940, *Strength of Materials, Elementary Theory and Problems Part I*, D. Van Nostrand Company, Inc., New York.

DAFTAR NOTASI

- ϕ = Faktor reduksi torsi; 0,75
- f'_c = Kuat tekan beton, MPa
- A_{cp} = Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton, mm²
- P_{cp} = Keliling luar penampang beton, mm
- f_{pc} = Tegangan tekan pada beton pada titik berat penampang yang menahan beban luar atau pada pertemuan antara badan dan flens jika titik berat penampang berada dalam flens, MPa
- b = Lebar muka tekan pada komponen struktur, mm
- b_w = Lebar badan balok, atau diameter penampang bulat, mm
- b_t = Lebar bagian penampang yang dibatasi oleh sengkang tertutup yang menahan puntir, mm
- h_f = Tinggi total komponen struktur, mm
- T_u = Momen puntir terfaktor pada penampang, kNm
- T_n = Kuat momen puntir nominal, kNm
- T = Momen punter total, kNm
- d = Jarak dari serat tekan terluar ke titik berat tulangan tarik longitudinal, mm
- P_h = Keliling dari garis pusat tulangan sengkang torsi terluar, mm
- A_{oh} = Luas daerah yang dibatasi oleh garis pusat tulangan sengkang torsi terluar, mm²
- V_c = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton, N
- V_u = Gaya geser terfaktor pada penampang, N
- A_o = Luas bruto yang dibatasi oleh lintasan aliran geser, mm²
- A_t = Luas satu kaki sengkang tertutup yang menahan puntir dalam daerah sejarak s , mm²
- f_{yv} = Kuat leleh tulangan sengkang torsi, MPa
- f_{yl} = Kuat leleh tulangan torsi longitudinal, MPa
- s = Spasi tulangan geser atau puntir dalam arah paralel dengan tulangan longitudinal, mm

x_0 = Lebar balok, mm
 x_1 = Lebar sengkang, mm
 y_0 = Tinggi balok, mm
 y_1 = Tinggi sengkang, mm