

Konteks_2.pdf

by

Submission date: 23-Aug-2018 09:00AM (UTC+0700)

Submission ID: 992304118

File name: Konteks_2.pdf (1.26M)

Word count: 2302

Character count: 12151

PENERAPAN “STRUT AND TIE MODEL” PADA PERANCANGAN PILE CAP FONDASI TIANG PANCANG

Hermina Gilda Fernandez¹, Ade Lisantono²

¹ Alumni Program Sarjana, Program Studi Teknik Sipil-FT, Universitas Atma Jaya Yogyakarta
² Dosen Program Studi Teknik Sipil-FT, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

ABSTRAK

Distribusi regangan pada struktur beton *pile cap* fondasi tiang pancang merupakan distribusi yang tidak linier dan merupakan daerah teganggu (daerah D). Dengan demikian perancangan dengan asumsi daerah *Bernoulli* (daerah B) sudah tidak rasional lagi. Dalam makalah ini akan dibahas perancangan *pile cap* fondasi tiang pancang dengan menerapkan “*strut and tie model*”. Pemodelan didasarkan pada persyaratan *ACI 318-02*. Bentuk “*strut and tie model*” ditentukan berdasarkan pada trajektori tegangan yang dianalisis berdasarkan metoda elemen hingga dengan program bantu *SAP versi 9.0*. Dipilih elemen solid untuk memodelkan *pile cap* fondasi tiang pancang. Tinjauan akan dilakukan pada *pile cap* yang mendukung 2 tiang, 3 tiang dan 4 tiang. Hasil perancangan berdasarkan “*strut and tie model*” akan dibandingkan dengan perancangan menurut *SNI 03-2847-2002*. Hasil studi menunjukkan bahwa perancangan dengan menerapkan “*strut and tie model*” diperoleh tulangan yang lebih banyak namun dengan distribusi tulangan yang lebih rasional dan diperkirakan mendekati perilaku struktur yang sebenarnya.

Kata kunci: *strut and tie model*, *pile cap* fondasi tiang pancang, daerah D, metoda elemen hingga, elemen solid, trajektori tegangan, perancangan penulangan.

A. PENDAHULUAN

Metoda perancangan penampang elemen struktur beton khususnya pada *pile cap* yang digunakan di Indonesia mengacu pada hipotesa *Bernoulli* yang menganggap bahwa distribusi regangan adalah linier pada seluruh penampang struktur. Dalam kenyataannya distribusi regangan pada penampang tidak selalu linier, sehingga diperlukan suatu metoda analisis dengan asumsi yang lebih mendekati perilaku struktur pada kondisi sebenarnya. Schlaich, Schäfer dan Jennewein (1987) memperkenalkan metoda *Strut and Tie Model (STM)* yang dianggap sebagai metoda yang cukup rasional dan akurat untuk perancangan struktur beton yang tidak linier. Di dalam *ACI 318-02 App.A strut and tie model* didefinisikan sebagai suatu model struktur rangka dari suatu elemen struktural atau dari sebuah *D-Region* dalam elemen tersebut, yang terdiri dari batang-batang desak dan batang-batang tarik yang terhubung pada titik nodal, dan yang mampu meneruskan beban-beban terfaktor ke titik tumpuan atau ke *B-Region* di dekatnya.

Nori dan Tharval (2007) melakukan studi penerapan *strut and tie model* untuk perancangan *pile cap* fondasi tiang pancang, namun terbatas hanya pada *pile cap* yang mendukung 2 tiang serta pemodelannya dengan 2 dimensi. Sedangkan studi dalam makalah ini membahas penerapan *strut and tie model* pada *pile cap* (kepala tiang) fondasi tiang pancang yang mendukung 2, 3, dan 4 tiang serta pemodelannya dengan menggunakan metoda elemen hingga 3 dimensi. Hasil perancangan menurut metoda *strut and tie model* akan dibandingkan dengan hasil perancangan menurut *SNI 03-2847-2002*.

B. TINJAUAN PUSTAKA

Strut and tie model pertama kali diperkenalkan oleh Ritter (1899), Morsch (1902) sebagai *Truss Analog Model* (Lumantarna, 2002). Morsch menggunakan bentuk rangka batang (*truss*) dengan memperhatikan pola retak pada beton bertulang akibat beban. Rangka batang ini terdiri dari batang desak dan batang tarik, sejajar dengan arah memanjang dari balok, batang desak diagonal dan batang tarik vertikal. Berbagai *truss-model* dikembangkan oleh para peneliti yang akhirnya pada tahun 1987 Schlaich, Schafer dan Jenewein mengembangkan suatu model *Truss Analogy* yang lebih umum dan konsisten yang kemudian dikenal dengan *Strut and Tie Model*. Kemudian Schlaich dan Schafer (1991) menerapkan *Strut and Tie Model* untuk desain elemen struktur beton bertulang.

Metoda *strut and tie model* adalah suatu metoda perancangan struktur beton yang didasari oleh teori plastisitas dimana saat elemen struktur beton sudah mencapai kondisi plastis, maka terjadilah kanalisasi gaya-gaya berupa kumpulan gaya desak dan tarik. Metoda ini biasa digunakan untuk merancang struktur dimana terjadi distribusi regangan non-linier yang diakibatkan oleh diskontinuitas geometri, statika, atau oleh keduanya. Contoh penggunaannya adalah pada perancangan *pile cap*, *deep beam*, ujung balok prategang, balok konsol dan struktur-struktur lainnya.

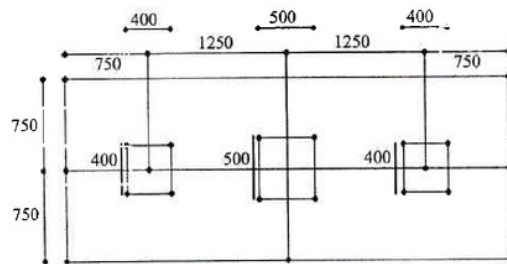
C. PEMODELAN STRUT AND TIE MODEL PADA PILE CAP

Metoda penyebaran tegangan yang digunakan untuk menentukan bentuk *strut and tie model* dari elemen adalah sebagai berikut (Hardjasaputra dan Tumilar, 2002):

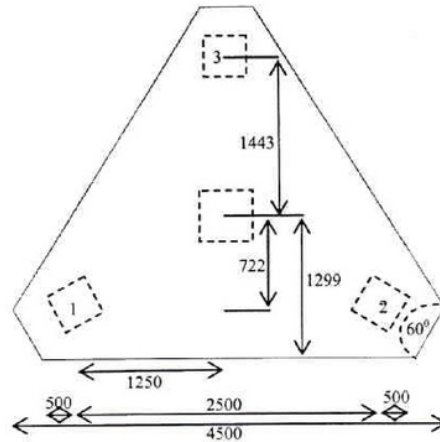
1. Analisis dilakukan pada struktur menggunakan analisis statik bentuk dengan metoda *finite element*
2. Dari analisis tersebut akan didapatkan arah dan distribusi tegangan-tegangan utama (trajektori tegangan) pada struktur.
3. Model *truss strut and tie model* dibuat dengan mengikuti pola penyebaran tegangan utama tarik dan desak yang terkonsentrasi.

Berdasarkan model *strut and tie model* (Gambar 6, 7 dan 8) maka gaya-gaya pada komponen *truss* dapat dihitung menggunakan program *SAP* versi 9,0. Adapun dimensi yang digunakan untuk mengevaluasi komponen *truss* pada dasarnya hanya berupa model sehingga perlu diketahui berapa tegangan efektif sebenarnya yang bekerja pada komponen tersebut.

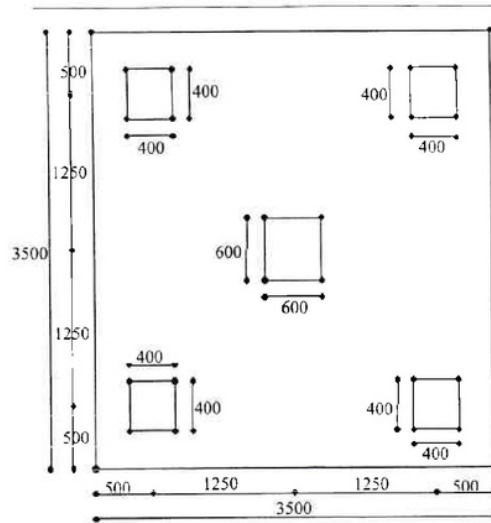
Pile cap direncanakan dengan ketentuan sebagai berikut: *pile cap* dengan 2 tiang pancang : Beban mati, $P = 400$ kN, $M = 200$ kNm, Beban hidup, $P = 300$ kN, $M = 150$ kNm; 3 tiang pancang : Beban mati, $P = 500$ kN, $M = 200$ kNm, Beban hidup, $P = 350$ kN, $M = 150$ kNm; 4 tiang pancang : Beban mati, $P = 800$ kN, $M = 400$ kNm, Beban hidup, $P = 600$ kN, $M = 300$ kNm. Dimensi dan ukuran penampang sebagai berikut :



Gambar 1. Penampang Fondasi dengan 2 Tiang Pancang

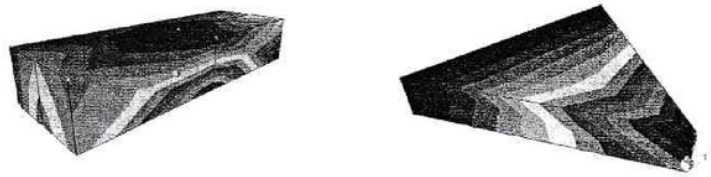


Gambar 2. Penampang Fondasi dengan 3 Tiang Pancang



Gambar 3. Penampang Fondasi dengan 4 Tiang Pancang

Berdasarkan dimensi dan pembebanan di atas, maka untuk mengetahui trajektori tegangan pada *pile cap* dengan 2, 3 dan 4 tiang pancang maka struktur tersebut dianalisis dengan asumsi elemen *solid* struktur 3 dimensi. Trajektori tegangan hasil program SAP 2000 versi 9.0 dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5 di bawah ini :

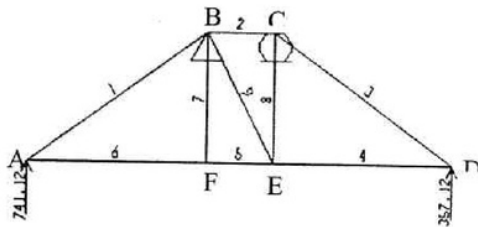


Gambar 4. Trajektori Tegangan *Pile Cap* 2 Tiang dan 3 Tiang

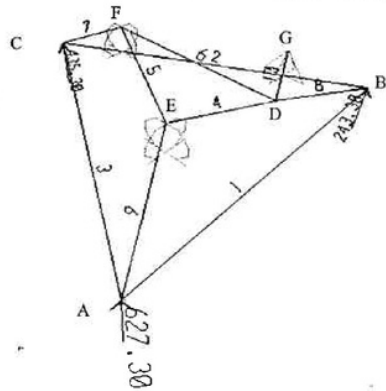


Gambar 5. Trajektori Tegangan *Pile Cap* 4 Tiang

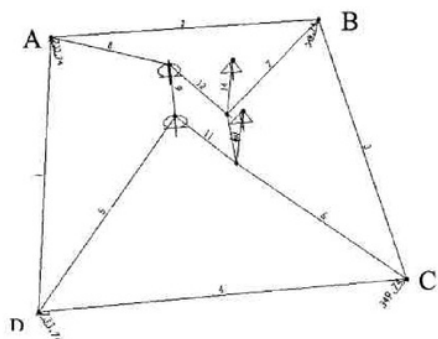
Dari trajektori tegangan tersebut dapat dibuat sebuah rangka batang (*truss*) sebagai berikut (lihat Gambar 6,7 dan 8) :



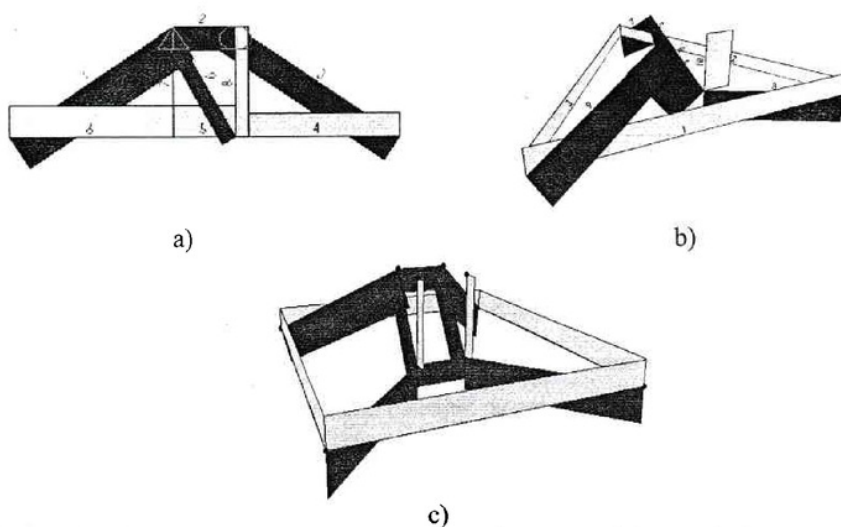
Gambar 6. *Truss Pile Cap* 2 Tiang



Gambar 7. *Truss Pile Cap* 3 Tiang



Gambar 8. Truss Pile Cap 4 Tiang



Gambar 9. Diagram Gaya Batang dan Node pada Truss : a) dengan 2 tiang pancang; b) dengan 3 tiang pancang dan c) dengan 4 tiang pancang

D. PERANCANGAN DAN PERBANDINGAN

Perancangan Penulangan Lentur Menurut SNI 03-2847-2002

Besarnya momen terfaktor yang dipergunakan untuk penentuan jumlah tulangan fondasi data ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$M_u = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot b \cdot l^2 \dots\dots\dots(1)$$

$$M_u = \sum P_{iu} \cdot l \dots\dots\dots(2)$$

$$= 1 \times 741,12 \dots\dots\dots$$

$$= 741,12 \text{ m} \dots\dots\dots$$

$$M_u = \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot z ; \text{ dengan } \phi = 0,80 \dots\dots\dots(3)$$

$$A_s = \rho \cdot B \cdot d$$

$$= 0,0035 \cdot 1500 \cdot 700$$

$$= 3675 \text{ mm}^2$$

Digunakan D_{25} , $= \frac{3675}{\frac{1}{4}\pi \cdot 25^2} = 7,49$ buah ; digunakan $8D_{25}$ ($A_s = 3925 \text{ mm}^2$)

Perancangan Penulangan Lentur Menurut STM (Tie)

Perancangan Tie

Dasar perancangan menurut *ACI 318-2002* adalah :

$$\phi \cdot F_u \geq F'_u \text{ dengan } F'_u = A_u \cdot f_y \dots\dots\dots (4)$$

Tulangan lentur direncanakan dengan gaya tarik pada tie terbesar yaitu : $F_6 = 1384,729 \text{ kN}$ untuk pile dengan 2 tiang pancang, $F_8 = 805,111 \text{ kN}$ untuk pile dengan 3 tiang pancang dan $F_{14} = 1648,507 \text{ kN}$ untuk pile dengan 4 tiang pancang.

Hasil perancangan menggunakan *SNI 03-2847-2002 (SNI) dan Strut and Tie Model (STM)* menghasilkan dimensi dan tulangan utama yang dapat disajikan dalam tabel 5.1 sebagai berikut :

Tabel 5.1. Tabel Hasil Perancangan Fondasi Pile Cap

Tipe Fondasi	B (m)	L (m)	d (mm)	Ø tulangan	Tulangan Arah X		Tulangan Arah Y	
					STM	SNI	STM	SNI
Pile cap 2 tiang	4.5	1.5	700	D25	10	8	20	20
Pile cap 3 tiang	3.5	3.464	500	D25	7	13	7	12
Pile cap 4 tiang	3.5	3.5	600	D25	24	15	24	15

Berdasarkan tabel tersebut di atas dapat diketahui persentase selisih kebutuhan tulangan yang disajikan dalam tabel 5.2. sebagai berikut :

Tabel 5.2. Tabel Persentase Selisih Tulangan Hasil Perancangan

Tipe Fondasi	% selisih tulangan	
	Arah X (%)	Arah Y (%)
pile cap 2 tiang	20	0
pile cap 3 tiang	-	-
pile cap 4 tiang	37.5	37.5

Perancangan Strut

Kuat desak nominal dari batang desak tanpa tulangan memanjang harus diambil dari nilai terkecil (*ACI 318-2002*) :

$$F_m = f_{cu} \cdot A_c \dots\dots\dots (5)$$

Kuat desak nominal dari batang desak tanpa tulangan memanjang harus diambil dari nilai terkecil (*ACI 318-2002*) :

Untuk pile cap dengan 2 tiang pancang : Ø. $f_{cu} = 11,475 \text{ MPa}$

Untuk pile cap dengan 3 tiang pancang : Ø. $f_{cu} = 19,125 \text{ MPa}$

Untuk pile cap dengan 4 tiang pancang : Ø. $f_{cu} = 19,125 \text{ MPa}$

Hasil Perancangan Lebar strut dapat dilihat pada tabel 5.3 berikut ini :

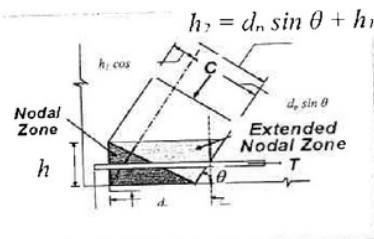
Tabel 5.3 Hasil Perancangan Lebar strut

No. btng	strut					
	Pile cap 2 tiang		Pile cap 3 tiang		Pile cap 4 tiang	
	F(kN)	lebar (mm)	F(kN)	lebar (mm)	F(kN)	lebar (mm)
1	1664,285	96,6905	-	-	-	-
2	1261,651	73,2985	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-
4	-	-	1161,127	246,3991	-	-
5	-	-	574,845	171,3703	2252,985	343,2246
6	-	-	884,418	215,0444	2252,985	343,2246
7	-	-	927,94	220,2720	2521,320	363,0891
8	-	-	903,317	217,3298	2521,320	363,0891
9	674,046	39,1603	1153,028	245,5383	1917,842	316,6691
10	-	-	-	-	1917,842	316,6691
11	-	-	-	-	1837,333	318,2742
12	-	-	-	-	1817,842	308,3027

Perancangan Nodal

Cek node bawah (Node CCT)

Hitungan tiang berbentuk persegi $d_p = 400$ mm



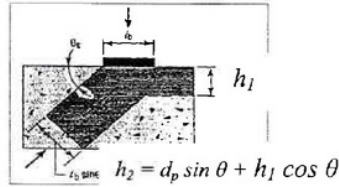
Gambar 10. Node Bawah

Hasil perhitungan disajikan dalam Tabel 5.4 di bawah ini :

Tabel 5.4 Hasil Hitungan Node Bawah

Type Pile	Strut	Node	F(kN)	θ	ϕ_{fcu}	h1(mm)	h2(mm)
2 tiang pancang	1	A	1164,285	30	15,3	82,6919	271,9420
	3	D	1261,651	30	15,3	7,0714	206,1521
	9	A	1553,028	18,98	14,475	128,0926	251,2044
3 tiang pancang	8	E	903,317	18,98	11,475	196,8010	-
	7	E	927,94	18,98	11,475	202,1655	-
	8	A	2521,320	19,6	11,475	440,6190	549,3072
4 tiang pancang	5	A	2252,985	19,6	11,475	413,344	-

❑ Cek node atas



Gambar 11. Node Atas

Hasil perhitungan untuk masing-masing joint pada *pile cap* 2 tiang, 3 tiang dan 4 tiang berturut-turut dapat dilihat dalam Tabel 5.5 ; 5.6; dan 5.7 sebagai berikut :

Tabel 5.5. Hitungan Node Atas *Pile Cap* 2Tiang

Strut	Node	F(kN)	$\emptyset.fcu$	h1(mm)	h ₂ (mm)
1	B	1664,285	19.13	174,0429	200,0733
2	B	1050,048	19.13	109,8127	126,8045
9	B	674,049	19.13	70,4888	81,3958
2	C	1153,028	15,3	137,2659	158,5056
3	C	1261,651	15,3	164,9217	190,4408

Tabel 5.6. Hitungan Node Atas *Pile Cap* 3 Tiang

Strut	Node	F(kN)	$\emptyset.fcu$	h ₂ (mm)	θ	h ₃ (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ .h ₃ (mm ²)
4	E	1161.1270	19.13	246.3669	45.00	174.2060	174.2127	42918.6044
6	F	884.4180	19.13	215.0163	45.00	152.0380	152.0438	32690.6413
7	F	927.9400	19.13	220.2432	22.00	82.5031	204.204	18170.7435
9	E	1153.0280	19.13	245.5062	18.98	79.8386	232.173	19600.8733
Luas yang diperlukan E+ F+G = 62519,4776 + 50861,3848 + 2500 =								175880.862

Tabel 5.7. Hitungan Node Atas *Pile Cap* 4 Tiang

Strut	node	F(kN)	$\emptyset.fcu$	h ₂ (mm)	θ	h ₃ (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ .h ₃ (mm ²)
7	G	2521.32	19.125	363,0891	19,6	121,7988	342,0508	44223,8167
8	H	2521.32	19.125	363,0891	19,6	121,7988	342,0508	44223,8167
9	H	1917.842	19.125	316.6691	45	223.919	240.111	70908.197
10	G	1917.842	19.125	316.6691	45	223.919	240.111	70908.197
Luas yang diperlukan G + H + I + J = 115132,01 + 115132,01 + 75000								305264,03

Panjang Penjangkaran

Panjang penjangkaran pada masing-masing node dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8. Hitungan Node Atas *Pile Cap*

Type Pile	Tie	Node	$AS_{perlu}/AS_{tersedia}$	l_{di} (mm)
2 tiang pancang	6	A	0,9403	300
	8	A	0,9403	300
	4	A	0,9403	300
	5	E	0,9403	300
3 tiang pancang	1	A	0,7814	300
	3	A	0,7814	300
	2	B	0,7814	300
4 tiang pancang	1	B	0,9329	300
	2	B	0,9329	300

E. KESIMPULAN

Hasil studi menunjukkan bahwa perancangan dengan menerapkan "strut and tie model" diperoleh tulangan yang lebih banyak namun dengan distribusi tulangan yang lebih rasional dan diperkirakan mendekati perilaku struktur yang sebenarnya.

F. DAFTAR PUSTAKA

- 1) ACI Committee 318, 1992, Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-02) and Commentary (ACI 318R-02), American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan.
- 2) ASCE-ACI Committee 445, 1998, "Recent Approaches to Shear Design of Structural Concrete," Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 124, No. 12, December 1998, pp. 1375-1417
- 3) Brown M.D. and Bayrak O., 2005, Design For Shear In Reinforced Concrete Using Strut-and-Tie Models, diakses tanggal 15 Januari 2008, [http://www.uritc.uri.edu/media/strut-and-tie model summary](http://www.uritc.uri.edu/media/strut-and-tie%20model%20summary)
- 4) C. C. Fu, 2001, The Strut and Tie Model of Concrete Structures, The Maryland State Highway Administration, University of Maryland
- 5) Hardjasaputra dan Tumilar, 2002, Model Penunjang dan Pengikat (Strut and Tie Model pada Perancangan Struktur Beton), Jakarta : Universitas Pelita Harapan-press, Jakarta
- 6) Lumantarna, B., 2002, Merencanakan Beton Bertulang Secara Rasional dari Strut and Tie sampai Modified Compression Field, Prosiding Seminar 2002 Jurusan Teknik Sipil UPH, Menuju Peraturan Beton Terkini Melalui Pemodelan yang Konsisten dalam Analisis, Desain dan Pendetailan, Tangerang
- 7) Nori V. V and Tharval, M.S., 2007, Design Of Pile Caps – Strut and Tie Model Methods, diakses tanggal 15 Januari 2008, [http:// www. Strut and Tie Methods/engineering/ Design of Pile Caps.pdf](http://www.Strut%20and%20Tie%20Methods/engineering/Design%20of%20Pile%20Caps.pdf)
- 8) Panitia Teknik Konstruksi dan Bangunan, 2002, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002), Badan Standarisasi Indonesia.
- 9) Schlaich, J.; Schäfer, K; and Jennewein, M., 1987, Towards a Consistent Design of Reinforced Concrete Structures, PCI Journal, Vol. 32, No.3, May-June 1987.
- 10) Schlaich, J. and Schäfer, K., 1991, "Design and Detailing of Structural Concrete Using Strut-and-Tie Models," The Structural Engineer, Vol. 69, No. 6, March 1991, pp. 113-125
- 11) Strut and Tie Resource Web, Strut and Tie Methods, 2002, University of Illinois, Urbana Champaign, diakses 25 Juni 2007, [http:// www. Strut and Tie Methode/engineering/ CSA/AFEM.C h31.d/ AFEM.Ch31.pdf](http://www.Strut%20and%20Tie%20Methods/engineering/CSA/AFEM.Ch31.d/AFEM.Ch31.pdf)

Konteks_2.pdf

ORIGINALITY REPORT

9%

SIMILARITY INDEX

9%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

eprints.umm.ac.id

Internet Source

4%

2

core.ac.uk

Internet Source

3%

3

dokumen.tips

Internet Source

1%

4

docplayer.com.br

Internet Source

1%

5

agro-bucuresti.ro

Internet Source

<1%

6

digilib.its.ac.id

Internet Source

<1%

Exclude quotes Off

Exclude matches < 8 words

Exclude bibliography On