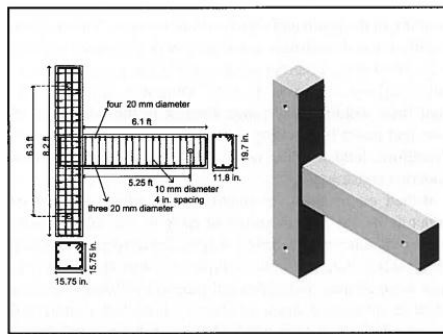


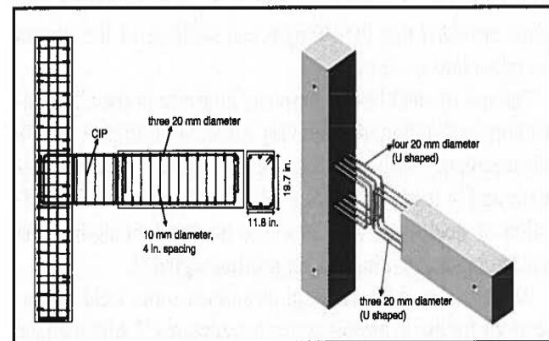
## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### A. Hasil Penelitian Eksperimen Sambungan Balok-Kolom Sistem Pracetak

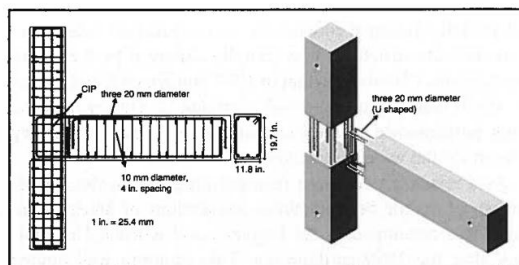
Ertas, dkk (2006) melakukan penelitian tentang sambungan daktail pada struktur rangka pemikul momen pracetak. Penelitian ini menyajikan hasil pengujian dari satu benda uji monolit (M) dan empat jenis sambungan daktail pracetak yaitu *cast in place* pada sambungan balok (CIPB), *cast in place* pada sambungan kolom (CIPC), sambungan komposit (GOK-W), *bolted connection* (Mod-B) benda uji dapat dilihat pada Gambar 2.1 sampai Gambar 2.5. Pada sambungan monolit, retak lentur kecil terjadi pada balok di jarak 250 mm dari muka kolom. Pada sambungan CIPC menunjukkan retak lentur pertama di daerah muka balok-kolom, tidak ada retak diagonal pada inti beton karena telah diperkuat serat baja. Pada sambungan CIPB menunjukkan keretakan antar muka elemen beton pracetak umumnya retak lentur terkonsentrasi pada muka balok-kolom. Pada sambungan komposit (GOK-W) menunjukkan retak lentur pertama terletak 250 mm dari beton pracetak kolom retak lentur pada balok dibagikan secara merata sedangkan retak diagonal terjadi pada konsol kolom. Pada sambungan *bolted connection* (Mod-B) menunjukkan retak lentur pada yang terkonsentrasi pada muka balok-kolom, dan tidak ada retak diagonal pada inti beton. Detail hasil pola retak pada masing-masing benda uji dapat dilihat pada Gambar 2.6 sampai Gambar 2.10. Selama dilakukan pengujian pada benda uji Mod-B tidak terjadi slip antara *steel box* dan beton pada balok. Pelat baja pada balok mencegah hancurnya beton pada *drift ratio*. Dari hasil percobaan dan prediksi kapasitas memberikan suatu hasil, prediksi kapasitas dari sambungan ini sangat penting untuk menentukan kinerja sambungan dalam hal kekuatan lenturnya. Prediksi kapasitas untuk siklus mundur dari benda uji GOK-W adalah kurang dari nilai percobaan yang telah dilakukan, hal ini mungkin karena adanya korbek yang letaknya di akhir ujung balok. Selain itu kapasitas beban benda uji Mod-B yang lebih besar dari nilai yang diperkirakan.



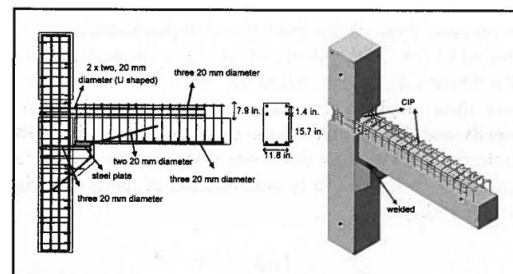
Gambar 2.1 Benda uji monolit (Ertas, 2006)



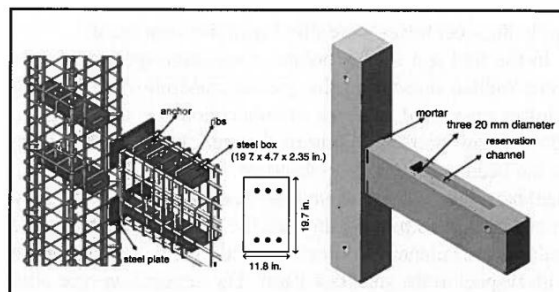
Gambar 2.2 Benda uji CIPB (Ertas, 2006)



Gambar 2.3 Benda uji CIPC (Ertas, 2006)



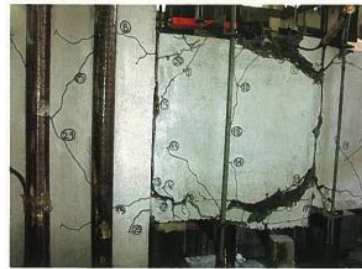
Gambar 2.4 Benda uji GOK-W (Ertas, 2006)



Gambar 2.5 Benda uji Mod-B (Ertas, 2006)



Gambar 2.6 Pola retak Benda uji monolit (Ertas, 2006)



Gambar 2.7 Pola retak Benda uji CIPB (Ertas, 2006)



Gambar 2.8 Pola retak Benda uji CIPC (Ertas, 2006)



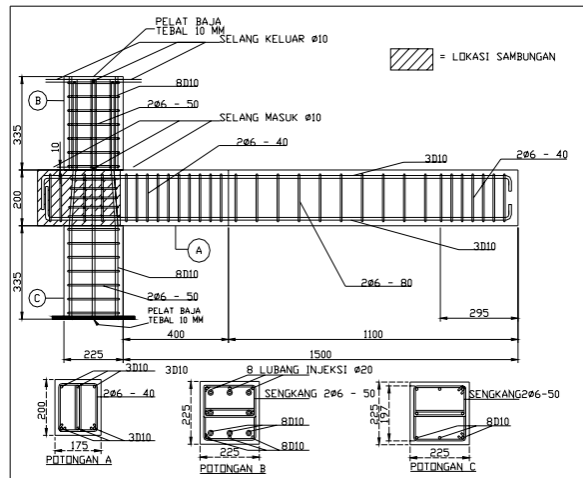
Gambar 2.9 Pola retak Benda uji GOK-W (Ertas, 2006)



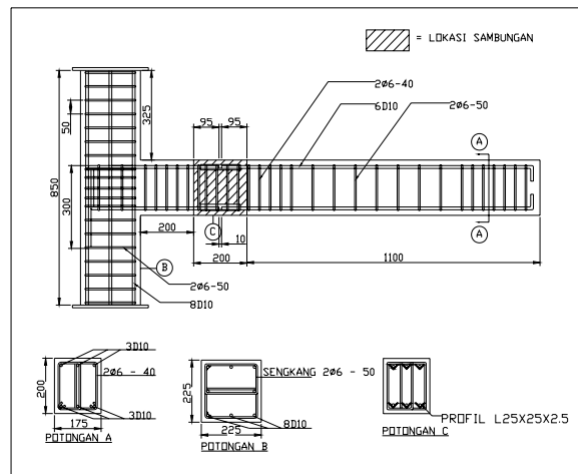
Gambar 2.10 Pola retak Benda uji Mod-B (Ertas, 2006)

Tjahjono dan Purnomo (2004) melakukan studi eksperimental terhadap pengaruh penempatan penyambungan terhadap perilaku rangkaian balok-kolom struktur portal beton pracetak yang diberikan beban siklik. Empat benda uji dengan skala 1:2 telah diuji. Tiga benda uji, penempatan penyambungannya berada pada daerah pertemuan balok-kolom dan satu benda uji penempatan penyambungan berada di daerah potensi sendi plastis balok. Pola retak, kekuatan, kekakuan, dan daktilitas dari keempat benda uji dibandingkan, detail benda uji dapat dilihat pada Gambar 2.11 sampai Gambar 2.14. Hasil hubungan antara beban lendutan dapat terlihat pada Tabel 2.1, dari data

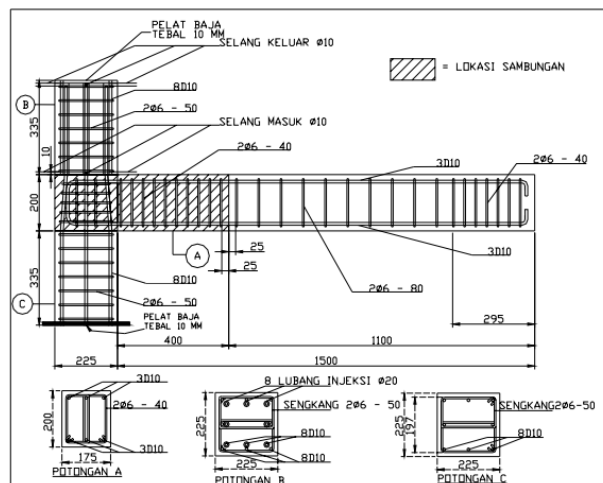
tersebut terlihat bahwa sambungan tipe I dapat mencapai beban maksimum yang lebih tinggi dibandingkan dengan ketiga tipe sambungan yang lain, hal ini disebabkan daerah sambungan basah yang lebih panjang dibandingkan dengan tipe lainnya. Kurva pada Gambar 2.15 terlihat bahwa keempat tipe sambungan memiliki kekakuan yang sama pada awal pembebanan sampai retak pertama terjadi (yaitu pada saat pembebanan mencapai setengah lendutan *yield* teoritis atau pada siklus ketiga), ini terlihat dari kemiringan keempat kurva yang hampir berimpit. Setelah retak pertama terjadi, mulai terlihat adanya degradasi kekakuan dari keempat sambungan terutama pada tipe Y yaitu sebesar 52%, sedangkan tipe A, B, I, masih memiliki kekakuan yang hampir sama sampai lendutan mencapai 1,5 kali lendutan *yield* teoritis, walaupun ketiga tipe sambungan ini telah mengalami degradasi kekakuan sebesar 29,3%. Setelah lendutan melampaui 1,5 kali lendutan *yield* (13,5 mm), sambungan Tipe I mengalami degradasi kekakuan yang lebih besar dibandingkan dengan tipe A dan B yaitu sebesar 39,9%, sedangkan sambungan tipe A dan B mengalami degradasi kekakuan sebesar 30,8% setelah melampaui lendutan 18,34 mm (2 kali lendutan *yield* teoritis). Tabel 2.2 menunjukkan nilai rasio daktilitas yaitu rasio dari lendutan pada akhir percobaan (tidak lebih kecil dari 80% beban maksimum) terhadap lendutan *yield* (leleh). Pola Keretakan tipe I (Gambar 2.18) dimana sambungan sejarak 2 kali tinggi balok dari muka kolom, retak pertama terjadi di muka kolom, daerah sendi plastis (sejarak tinggi balok dari muka kolom) dan daerah sambungan beton lama dan baru. Pola retak awal yang terjadi merupakan retak lentur dan sebaran retaknya cukup merata di sepanjang balok. Hal ini juga terjadi pada sambungan tipe B (Gambar 2.17) yang menggunakan sambungan las pada tulangan utama, dari pola retak yang terjadi dapat disimpulkan bahwa sambungan tipe B ini menyalurkan gaya dengan baik. Pada daerah *joint* (pertemuan balok-kolom) retak geser terjadi pada sambungan tipe A (Gambar 2.16) dan tipe I, sedangkan tipe B dan Y (Gambar 2.19) hanya retak lentur yang terjadi pada daerah join, ini menandakan bahwa tulangan pada daerah join telah memadai.



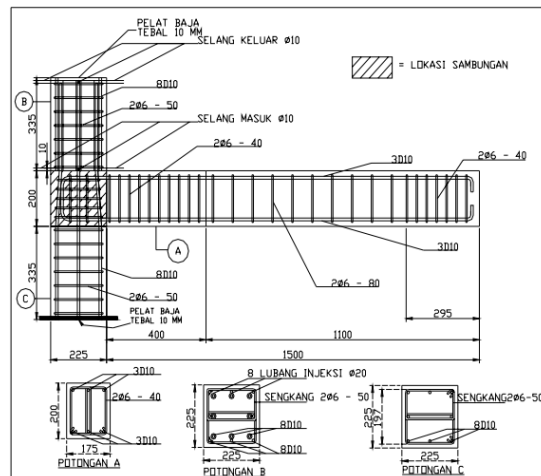
Gambar 2.11 Sambungan tipe A (Tjahjono dan Purnomo, 2004)



Gambar 2.12 Sambungan tipe B (Tjahjono dan Purnomo, 2004)



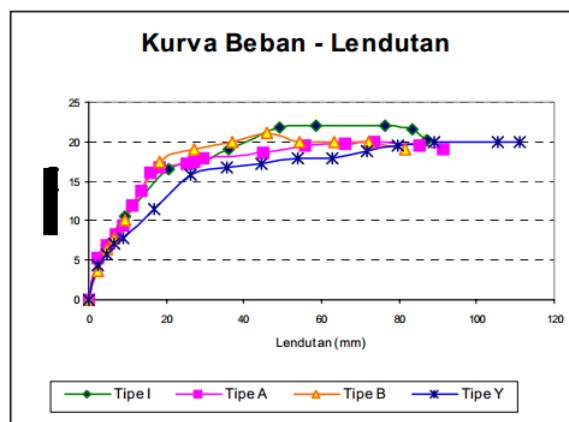
Gambar 2.13 Sambungan tipe I (Tjahjono dan Purnomo, 2004)



Gambar 2.14 Sambungan tipe Y (Tjahjono dan Purnomo, 2004)

Tabel 2.1 Beban-Lendutan hasil pengujian (Tjahjono dan Purnomo, 2004)

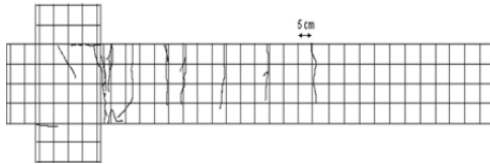
Benda Uji	Kondisi leleh teoritis	Kondisi Maksimum	Kondisi akhir percobaan
A	$P_y = 9,5 \text{ kN}$ $\delta_y = 9,08 \text{ mm}$	$P_m = 20 \text{ kN}$ $\delta_m = 73,37 \text{ mm}$	$P_a = 19 \text{ kN}$ $\delta_a = 91,39 \text{ mm}$
B	$P_y = 10 \text{ kN}$ $\delta_y = 9,19 \text{ mm}$	$P_m = 21 \text{ kN}$ $\delta_m = 45,72 \text{ mm}$	$P_a = 16,4 \text{ kN}$ $\delta_a = 89,77 \text{ mm}$
I	$P_y = 10,6 \text{ kN}$ $\delta_y = 9,29 \text{ mm}$	$P_m = 22 \text{ kN}$ $\delta_m = 58,61 \text{ mm}$	$P_a = 20,25 \text{ kN}$ $\delta_a = 87,36 \text{ mm}$
Y	$P_y = 7,9 \text{ kN}$ $\delta_y = 9,04 \text{ mm}$	$P_m = 20 \text{ kN}$ $\delta_m = 88,88 \text{ mm}$	$P_a = 20 \text{ kN}$ $\delta_a = 111,06 \text{ mm}$



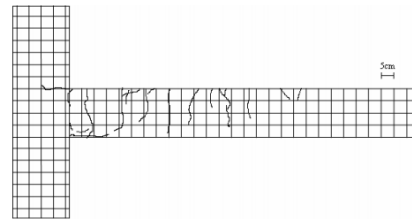
Gambar 2.15 Kurva beban-lendutan (Tjahjono dan Purnomo,2004)

Tabel 2.2 Nilai rasio daktilitas benda uji (Tjahjono dan Purnomo, 2004)

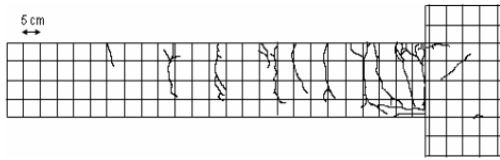
Benda uji	A	B	I	Y
$\delta a$ (mm)	91,39	89,77	87,36	111,06
$\delta y$ (mm)	19,8	20,8	27,6	32,04
Rasio daktilitas	4,61	4,32	3,17	3,43



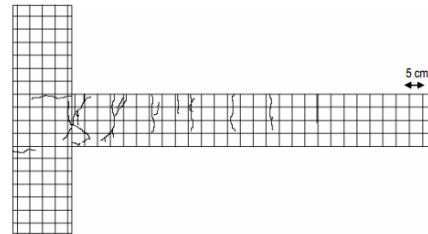
Gambar 2.16 Pola retak sambungan Tipe A (Tjahjono dan Purnomo, 2004)



Gambar 2.17 Pola retak sambungan Tipe B (Tjahjono dan Purnomo, 2004)



Gambar 2.18 Pola retak sambungan Tipe I (Tjahjono dan Purnomo, 2004)



Gambar 2.19 Pola retak sambungan Tipe Y (Tjahjono dan Purnomo, 2004)

## B. Analisis Sambungan Balok Kolom

Wiranata, dkk (2014) melakukan studi analisis sambungan balok-kolom dengan sistem pracetak pada Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang dengan hasil analisis hubungan balok kolom setelah terjadi komposit dengan beban yang bekerja di atasnya seperti beban hidup, plat dan atap, baik di tengah dan dipinggir struktur, aman terhadap lentur dan geser. Hal ini dibuktikan dengan analisis kapasitas momen pada daerah tengah menghasilkan momen nominal sebesar 1323,9 kNm lebih besar dari momen ultimatenya sebesar 270,7 kN. Sehingga perhitungan dapat dikatakan aman.

Kurniawan (2014) melakukan analisis numerik sambungan balok-kolom pracetak dengan hasil pengujian menunjukkan bahwa beban lateral maksimum benda uji sebesar 4,4 kN. Kekakuan benda uji pada saat leleh sebesar 0,54 kN/mm. Daktilitas

benda uji sebesar 1,09. Disipasi energi sebesar 19,61 kNmm atau sebesar 14% yang merupakan nilai terendah dibandingkan disipasi energi rerata beton yang umumnya 14-20 %.

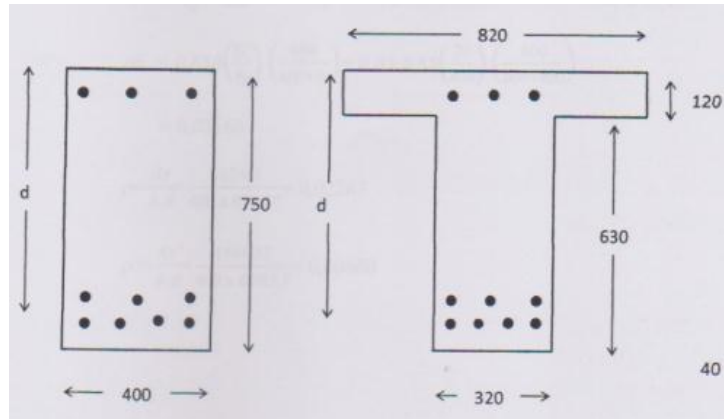
### **C. Hasil Penelitian Kekuatan Balok Persegi dan Balok T**

Simanjuntak (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh penampang balok (bentuk persegi dan bentuk T) dengan luas penampang, jumlah tulangan, mutu beton dan mutu baja yang sama terhadap beban maksimum yang dapat dipikul balok. Perbandingan kekuatan momen pikul balok T dan balok persegi dilakukan dengan menggunakan perhitungan teoritis. Sehingga dari penelitian ini akan diperoleh bentuk penampang balok yang paling optimal di antara keduanya. Terdapat tiga kasus yang berbeda dalam melakukan penelitian ini, ketiga kasus ini bisa dilihat pada Gambar 2.20 sampai Gambar 2.22. Dengan luas penampang yang sama, luas tulangan yang sama, mutu beton dan mutu baja yang sama diperoleh bahwa momen nominal Balok T lebih besar dari Balok Persegi. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.3, dapat dilihat bahwa momen nominal dari balok T lebih besar dibandingkan dengan balok persegi. Perbedaan momen nominal antara balok T dan balok persegi diakibatkan oleh:

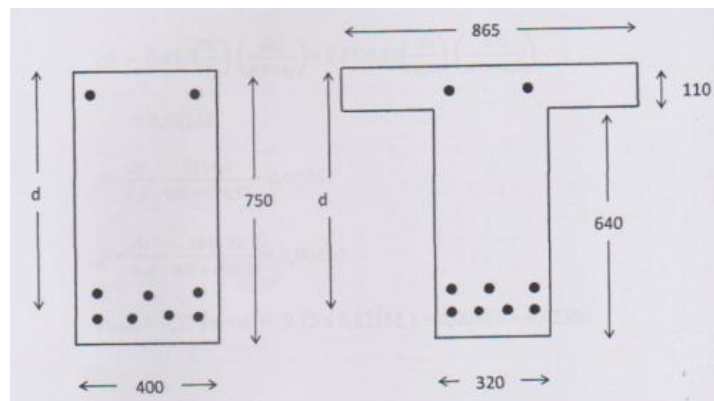
1. Lebar balok hanya mempengaruhi gaya pada tekan beton atau dengan kata lain lebar balok diperhitungkan ikut memikul beban diatas garis netral. Dimensi lebar balok dibawah garis netral tidak ikut diperhitungkan memikul beban, dengan kata lain beban tarik diambil ahli tulangan. Luas penampang pada daerah beton tarik tidak dapat dimanfaatkan untuk mendukung beban. Akibat hal ini tersebut maka dimensi lebar balok dibawah garis netral dapat dikurangi.
2. Perbedaan tinggi blok tekan beton ekuivalen atau yang disebut  $a$ . Pada balok T yang memiliki dimensi  $b$  yang lebih besar dari balok persegi mengakibatkan nilai  $a$  menjadi kecil. Sebaliknya pada balok persegi dengan dimensi  $b$  yang lebih kecil mengakibatkan  $a$  yang lebih besar. Dengan semakin besarnya  $a$ , maka , maka lengan momen ( $z$ ) yaitu jarak antara resultan gaya beton dengan gaya tarik



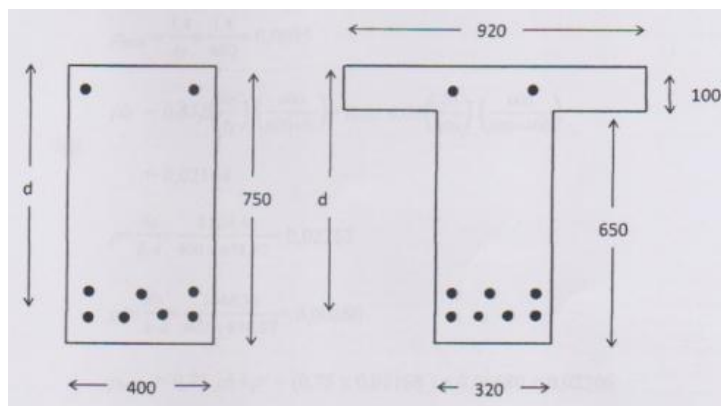
tulangan akan semakin kecil. Nilai  $z$  yang merupakan hasil dari  $d$  dikurang setengah  $a$  mengakibatkan  $z$  semakin kecil jika  $a$  semakin besar.



Gambar 2.20 Kasus 1 (Simanjuntak, 2016)



Gambar 2.21 Kasus 2 (Simanjuntak, 2006)



Gambar 2.22 Kasus 3 (Simanjuntak, 2016)

Tabel 2.3 Hasil Perhitungan dengan tulangan rangkap (Simanjuntak, 2016)

Tulangan Rangkap		Kasus 1		Kasus 2		Kasus 3	
		Balok Persegi	Balok T	Balok Persegi	Balok T	Balok Persegi	Balok T
b	$b_e$	400	820	400	865	400	920
	$b_w$		320		320		320
h	$h_f$	750	120	750	110	750	100
	$h-h_f$		630		640		650
f		300000	300000	300000	300000	300000	300000
As total		6154,4	6154,4	6154,4	6154,4	6154,4	6154,4
As'		1846,32	1846,32	1846,32	1846,32	1846,32	1846,32
fc'		20	20	20	20	20	20
fy		400	400	400	400	400	400
a		253,41647	123,61779	253,41647	117,186807	253,41647	110,18107
d		678,57	678,57	678,57	678,57	678,57	678,57
$A_{sf}$		-	2550	-	2547,875	-	2550
$M_{nf}$		-	630,94286	-	635,512821	-	641,14286
$M_{nw}$		-	431,73954	-	432,206375	-	431,73954
$M_{ns}$		464,2176	464,2176	464,2176	464,2176	464,2176	464,2176
$M_{nc}$		950,98831	-	950,98831	-	950,98831	-
$M_n$		1415,20591	1526,89999	1415,205914	1531,9368	1415,205914	1537,1
$M_r$		1132,16473	1221,52	1132,164731	1225,54944	1132,164731	1229,67999
Selisih		<b>7,89</b>		<b>8,25</b>		<b>8,61</b>	