

REDISTRIBUSI MOMEN PADA BALOK MENERUS BETON BERTULANG

Frianto F. Muaja

Marthin D. J. Sumajouw, Ronny E. Pandaleke

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

email: friantomuaja@gmail.com

ABSTRAK

Besarnya momen negatif pada tumpuan balok menerus mengakibatkan banyaknya tulangan yang digunakan sehingga keruwetan penulangan tidak dapat dihindari, sehingga perencanaan menjadi tidak ekonomis. Berdasarkan mekanisme keruntuhan, suatu struktur statis tak tentu belum akan runtuh ketika salah satu penampang mencapai kapasitas maksimumnya tetapi akan mendistribusikan momen ke daerah penampang yang belum mencapai kapasitas maksimumnya. Proses distribusi tersebut dinamakan redistribusi momen.

Analisis ini dilakukan dengan menggunakan program SAP2000 yang mampu melakukan perhitungan struktur statik dan dinamis. Program ini sudah banyak digunakan oleh Engineer Struktur untuk memodelkan dan menganalisis suatu sistem struktur secara keseluruhan maupun suatu elemen struktur. Analisis nonlinear dilakukan pada balok menerus tiga bentang dengan variasi rasio A_{st-}/A_{st+} untuk mengetahui pengaruh rasio A_{st-}/A_{st+} terhadap redistribusi momen yang dapat terjadi pada balok menerus. Dari hasil analisis diperoleh bahwa semakin kecil nilai rasio A_{st-}/A_{st+} maka semakin besar nilai redistribusi momen pada balok menerus.

Kata kunci: Balok Menerus, SAP2000, Redistribusi Momen

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Penggunaan beton sebagai bahan konstruksi bangunan dan berbagai macam infrastruktur saat ini masih umum digunakan. Karena material pembentuk yang mudah didapat, mutu yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan konstruksi serta mudah dibentuk dan ekonomis membuat beton menjadi pilihan sebagai bahan konstruksi.

Sifat beton yaitu kuat untuk menahan tekan tetapi tidak kuat untuk menahan tarik sehingga dapat mengalami retak bahkan runtuh jika beban yang dipikul menimbulkan tegangan tarik yang melebihi kapasitas kuat tariknya. Untuk menahan gaya tarik yang cukup besar maka beton dikombinasikan dengan baja tulangan yang kuat menahan tarik yang disebut beton bertulang.

Balok merupakan elemen konstruksi yang karakteristik utamanya yaitu lentur. Dengan sifat tersebut, balok dapat menahan gaya geser dan momen lentur. Akibat berat sendiri dan beban yang diberikan menimbulkan momen lentur sepanjang bentang balok. Kemampuan balok dalam menahan momen lentur tersebut sangat tergantung pada dimensi penampang balok dan penulangan pada balok tersebut.

Perencanaan balok menerus dengan analisis elastis sering mengasumsikan momen inersia di

sepanjang bentang balok sama. Analisis elastis yang dilakukan dengan mengambil nilai momen inersia sama sepanjang bentang balok akan menghasilkan momen negatif pada tumpuan lebih besar dari pada momen positif pada lapangan sehingga penulangan pada tumpuan balok lebih besar dan keruwetan penulangan pada daerah pertemuan kolom balok dan tidak meratanya tulangan sepanjang bentang balok tidak dapat dihindari sehingga perlu dilakukan redistribusi momen pada tumpuan ke lapangan untuk efisiensi penulangan pada daerah tumpuan.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kapasitas balok beton bertulang yang dimodelkan dan untuk mengetahui pengaruh rasio A_s- dan A_s+ terhadap besar momen yang teredistribusi. Dasar literatur yaitu analisis sebelumnya yang pernah dilakukan Mafizul et al (2002) dengan model penampang balok T. Sebelumnya dilakukan perbandingan hasil analisis dari Mafizul et al dan hasil analisis SAP2000 untuk model yang sama yaitu penampang balok T.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan masalah yaitu perlunya menganalisis pengaruh rasio A_s- dan A_s+ terhadap besar momen yang teredistribusi.

Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Tinjauan yang dilakukan hanya pada balok menerus tiga bentang.
2. Ditentukan panjang tiap bentang balok 6 m.
3. Mutu beton yang digunakan adalah 30 MPa
4. Tulangan baja yang digunakan adalah BJT 40
5. Analisis dilakukan dengan menggunakan program SAP2000
6. Variasi hanya dilakukan pada As- yaitu sebesar As+, 0.83 As+, 0.67 As+, 0.5 As+, 0.33 As+
7. Luas tulangan As+ adalah tetap

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Untuk mengetahui kapasitas penampang balok beton bertulang yang dimodelkan dengan variasi rasio As- dengan nilai As+ yang tetap.
2. Untuk menganalisis pengaruh rasio As- dan As+ terhadap besar momen yang teredistribusi.

Manfaat Penelitian

Penelitian tentang besaran redistribusi momen perlu dilakukan agar :

1. kapasitas penampang balok yang dimodelkan dapat diketahui sehingga adanya kontrol terhadap batas kekuatan balok dan beban yang bekerja.
2. pengaruh rasio As- dan As+ terhadap besar redistribusi momen dapat diketahui sehingga dapat menjadi salah satu pertimbangan dalam desain balok beton bertulang.

LANDASAN TEORI

Redistribusi Momen

Secara jelas Paulay and Priestley (1992) mengatakan bahwa tujuan diadakan redistribusi momen adalah untuk meningkatkan efisiensi desain elemen dengan :

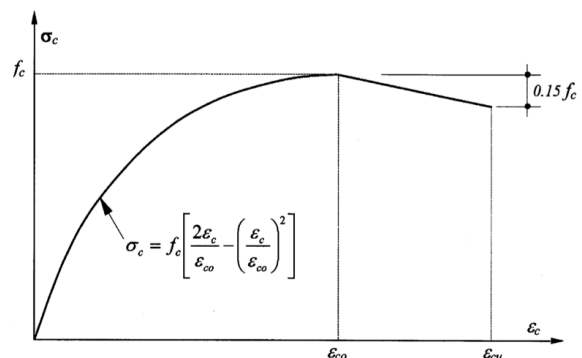
1. Mengurangi momen maksimum absolute (M^-) dengan mengkompresikan ke *uncritical beam* momen (M^+). Dengan cara tersebut maka distribusi *beam require strength* lebih baik dan desain menjadi lebih ekonomis. Redistribusi momen ini bahkan dimungkinkan hampai momen negatif menjadi hampir sama dengan momen positif. Apabila kondisi seperti itu diperoleh maka tulangannya akan simetri antara momen negatif dan momen positif.

2. Memberikan *required strength* untuk momen positif minimal 50% *required strength* momen negatif elemen balok. Hal ini dilakukan karena kebutuhan adanya sifat daktail pada lokasi sendi plastis. Park dan Paulay (1975) mengatakan bahwa berdasarkan analisis tampang, daktilitas potongan akan semakin besar pada pemakaian tulangan desak yang semakin besar. Tulangan desak pada analisis tampang tersebut tidak lain adalah tulangan momen positif pada kondisi ELD (*earthquake load dominate*).
3. Mengefisiensikan Desain Kolom. Apabila redistribusi momen negatif ke momen positif telah dilakukan, maka *beam required strength* akan mengecil. Karena kolom merupakan *partner* balok, maka apabila *required strength* balok menurun, *required strength* kolom pada daerah kritis (M^-) juga akan mengecil. Kolom menjadi lebih efisien.
4. Memakai momen balok dan kolom ditepi/ditempat muka pertemuan. Pada cara konservatif, desain balok didasarkan atas momen di as kolom. Dengan memakai momen pada muka kolom, maka momen efektif akan lebih kecil secara signifikan dibanding dengan gross momen (terutama pada M^-). Pada momen positif kejadian sebaliknya dimungkinkan terjadi.

Hubungan Tegangan Regangan Beton

Hubungan tegangan-regangan beton dapat dinyatakan melalui persamaan Hognestad yaitu :

$$\sigma_c = f'_c \left[2 \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_{co}} \right) - \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_{co}} \right)^2 \right]$$



Gambar 1. Kurva hubungan tegangan-regangan beton

Untuk beton mutu tinggi ($f'_c \geq 40$ MPa) persamaan yang digunakan untuk memodelkan

perilaku beton adalah persamaan Collins et al (1993).

$$f_c = k_3 f'_c \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_{co}} \right) \frac{n}{\left[n - 1 + \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_{co}} \right)^{nk} \right]}$$

dimana:

$$k_3 = \left(0.6 + \frac{10}{\sqrt{f'_c}} \right) \leq 0.85$$

$$\epsilon_{co} = \frac{f'_c n}{E_c n - 1}$$

$$E_c = 3,320 \sqrt{f'_c} + 6900$$

$$n = 0,8 + \frac{f'_c}{17}$$

$$k = 1.0 \quad \epsilon_c \leq \epsilon_{cv}$$

$$= 0,67 + \frac{f'_c}{62} \quad \epsilon_c > \epsilon_{cv}$$

Hubungan Tegangan-Regangan Baja Tulangan

Parameter kurva tegangan-regangan didefinisikan oleh persamaan berikut:

Untuk $\epsilon \leq \epsilon_y$ (wilayah elastis)

$$f = E \epsilon$$

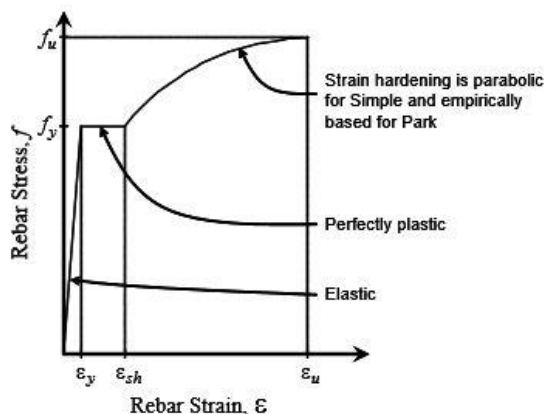
Untuk $\epsilon_y < \epsilon \leq \epsilon_{sh}$ (wilayah plastis sempurna)

$$f = f_y$$

Untuk $\epsilon_{sh} < \epsilon \leq \epsilon_u$ (wilayah perkuatan regangan)

Untuk parametrik kurva Simple :

$$f = f_y + (f_u - f_y) \sqrt{\frac{\epsilon - \epsilon_{sh}}{\epsilon_u - \epsilon_{sh}}}$$



Gambar 2. Kurva hubungan tegangan regangan baja tulangan

Kurva tegangan regangan Simple dan Park memiliki opsi untuk menggunakan nilai standar Caltrans untuk kurva. Nilai-nilai awal tersebut tergantung pada ukuran tulangan. Dengan A_s adalah luas tulangan, regangan standar Caltrans yang digunakan oleh program adalah:

$$\epsilon_u = 0.090 \text{ untuk } A_s \leq 1.40 \text{ in}^2$$

$$\epsilon_u = 0.060 \text{ untuk } A_s > 1.40 \text{ in}^2$$

$$\epsilon_{sh} = 0.0150 \text{ untuk } A_s \leq 0.85 \text{ in}^2$$

$$\epsilon_{sh} = 0.0125 \text{ untuk } 0.85 < A_s \leq 1.15 \text{ in}^2$$

$$\epsilon_{sh} = 0.0115 \text{ untuk } 1.15 < A_s \leq 1.80 \text{ in}^2$$

$$\epsilon_{sh} = 0.0075 \text{ untuk } 1.80 < A_s \leq 3.00 \text{ in}^2$$

$$\epsilon_{sh} = 0.0050 \text{ untuk } A_s > 3.00 \text{ in}^2$$

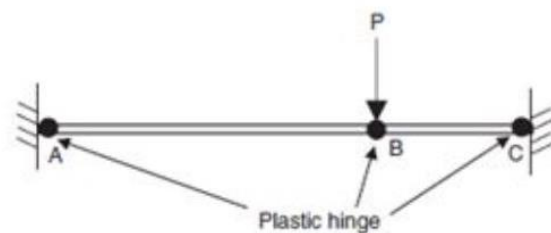
Hubungan Momen Kelengkungan

Momen dan kurvatur merupakan dua parameter yang dapat digunakan untuk menentukan nilai daktilitas balok. Nilai daktilitas suatu balok dapat ditentukan dengan membagi nilai kurvatur saat leleh dengan momen. Untuk melihat besarnya beban kurvatur dan daktilitas melibatkan beberapa variabel yaitu diameter tulangan lentur (tulangan tekan dan tulangan tarik), mutu beton.

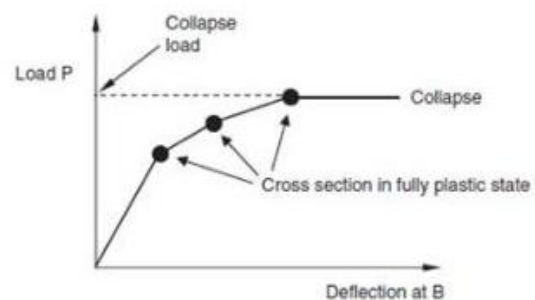
Analisa perhitungan momen dan kurvatur juga akan menentukan besarnya nilai tegangan regangan mengingat eratnya kaitan antara momen-kurvatur terhadap tegangan-regangan.

Sendi Plastis

Sendi plastis merupakan kondisi dimana terjadi rotasi secara terus-menerus akibat adanya penambahan beban pada struktur tersebut dan pada kondisi ini nilai momen tidak mengalami perubahan. Pada saat timbulnya sendi plastis pada suatu struktur maka momen yang semula dihitung dengan cara elastis harus dihitung kembali sesuai dengan perubahan sifat konstruksi yang timbul oleh adanya sendi plastis tersebut.



Gambar 3. mekanisme runtuh balok fixed-end akibat sendi plastis



Gambar 4. kurva beban-defleksi pada balok fixed-end

METODOLOGI PENELITIAN

Gambaran Penelitian

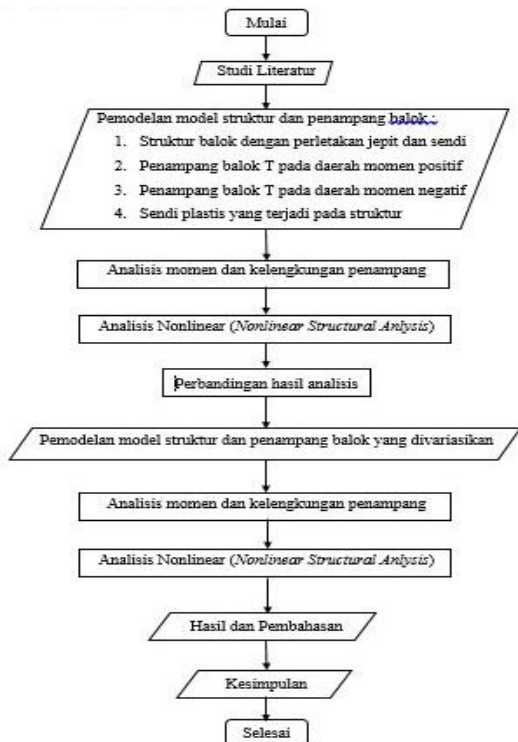
Analisis pada penelitian ini dilakukan dengan bantuan program SAP2000 yang mampu melakukan perhitungan struktur statik dan dinamis. Sebelum melakukan analisis pada model, pertama-tama dilakukan validasi untuk mengetahui kebenaran dari analisis yang dilakukan menggunakan program SAP2000.

Model balok yang divalidasi yaitu model balok T yang dianalisis oleh Mafizul et al (2002) dan hasil yang divalidasi yaitu hubungan momen-kelengkungan penampang balok T yang dimodelkan dan besar redistribusi momen pada struktur balok yang dimodelkan.

Analisis selanjutnya yaitu analisis untuk tiap model balok yang divariasikan tulangan pada daerah momen negatif (A_{s-}) dengan luas tulangan pada daerah momen positif (A_{s+}) yang tetap. Hasil dari analisis berupa kurva momen-kelengkungan penampang pada daerah momen negatif dan momen positif, momen pada struktur balok menerus dan besar redistribusi momen yang terjadi.

Bagan Alir Penelitian

Urutan langkah penelitian digambarkan pada began berikut:

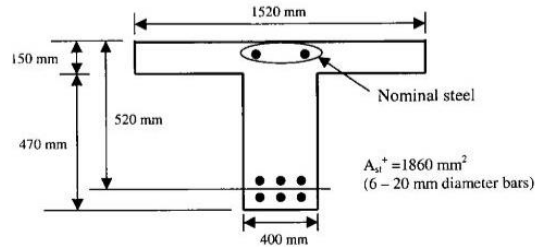


Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

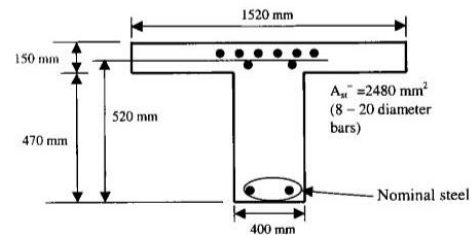
Data Material

Data sifat material yang digunakan untuk analisis sebagai berikut: Kuat tekan beton, $f'_c = 40$ MPa, Tegangan leleh tulangan baja, $f_y = 500$ MPa, Tegangan ultimit tulangan baja, $f_u = 540$ MPa, Modulus elastisitas tulangan baja, $E_s = 200000$ MPa, dan Regangan ultimit baja, $\epsilon_{su} = 0.05$

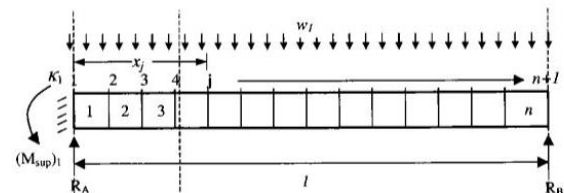
Data dimensi penampang pada daerah momen positif maksimal dan daerah momen negatif maksimal sebagai berikut:



Gambar 5. Potongan melintang penampang di daerah momen positif



Gambar 6. Potongan melintang penampang di daerah momen negatif maksimal

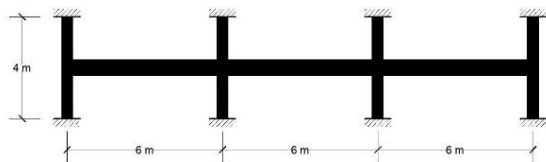


Gambar 7. Model struktur balok

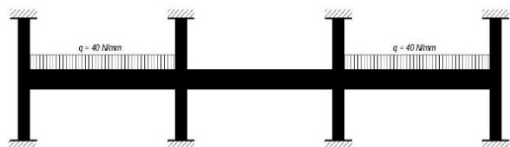
Setelah hasil analisis tervalidasi maka dilanjutkan dengan model variasi balok yang akan diteliti.

Dalam penelitian ini diambil kasus elemen balok beton bertulang tiga bentang, mutu normal dengan variasi rasio tulangan pada momen positif A_{st-} dan momen negatif A_{st+} , dengan dimensi balok 300 mm x 600 mm dan panjang bentang $L_1 = L_2 = L_3 = 6000$ m.

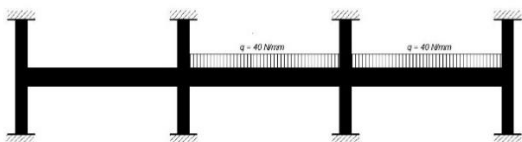
Balok ditumpu pada kolom dengan dimensi 400 mm x 400 mm dan tinggi 4 m. Kemudian dibebani dengan model pembebanan seperti pada Gambar 8. Berikut.



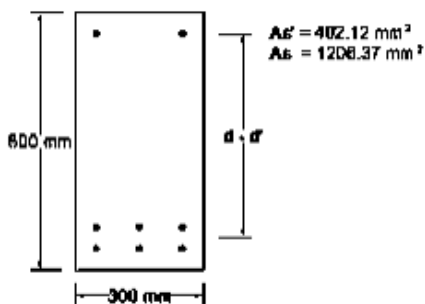
Gambar 8. Model struktur balok menerus



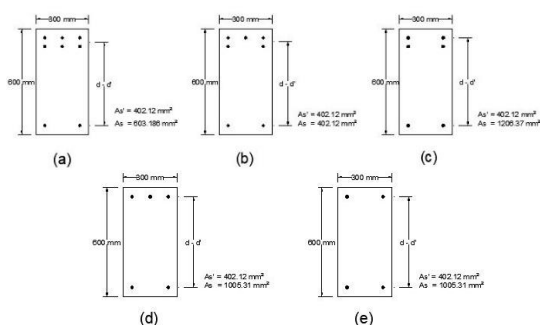
Gambar 9. Model pembebanan balok (1)



Gambar 10. Model pembebanan balok (2)



Gambar 11. Penampang balok pada daerah momen positif



Gambar 12. Penampang balok pada daerah momen negatif dengan berbagai variasi penulangan

Data material properties yang digunakan untuk analisis yaitu:
 Kuat tekan beton, $f'_c = 30 \text{ MPa}$

Tulangan baja yang digunakan yaitu BJT 40
 Tegangan leleh tulangan baja, $f_y = 295 \text{ MPa}$
 Tegangan ultimit tulangan baja, $f_u = 440 \text{ MPa}$
 Modulus elastisitas tulangan baja, $E_s = 200000 \text{ MPa}$

HASIL ANALISIS

Hasil Perbandingan Analisis

Dari hasil analisis Mafizul et al, didapat besar beban runtuh 90.47 kN/m yang terjadi karena hancurnya beton pada tumpuan ujung jepit ketika regangan beton $\epsilon_c = 0.0065$ dan regangan baja $\epsilon_s = 0.017$ yang nilainya lebih kecil dari ϵ_{su} . Pada saat itu juga besar momen positif = 458.55 kN-m yang nilainya lebih kecil dari momen positif ultimit, $M_{u+} = 523.37 \text{ kN-m}$ sehingga keruntuhan balok yang terjadi adalah keruntuhan tekan *overreinforced* pada tumpuan ujung jepit.

Saat runtuh, besar momen pada tumpuan ujung jepit, $M_{u-} = 586.36 \text{ kN-m}$. Besar momen berdasarkan analisis elastis, $M_{EL} = 723.76 \text{ kN-m}$. Sehingga besar redistribusi momen pada tumpuan ujung jepit, $\beta = \left(\frac{723.76 - 586.36}{723.76} \right) \times 100\% = 18.98 \%$.

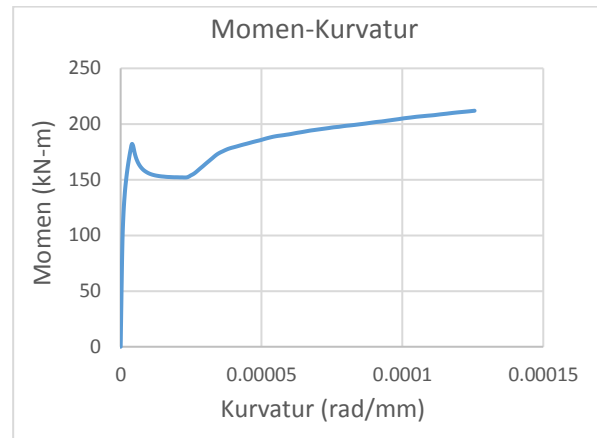
Dari hasil analisis nonlinear program SAP2000 didapat nilai beban ketika terbentuknya sendi plastis pertama yaitu 79 kN dengan besar momen pada lokasi sendi plastis pertama (pada tumpuan jepit) 627.6 kN.m . Beban terbentuknya sendi plastis kedua yaitu 103.6 kN (beban runtuh) dengan besar momen pada lokasi sendi plastis kedua (momen maksimum positif pada bentang) 542.851 kN .

Hasil analisis linear dengan program SAP didapat momen akibat beban runtuh pada lokasi sendi plastis pertama (pada tumpuan jepit) 823.456 kN , sehingga diperoleh besar redistribusi momen yaitu $\beta = \left(\frac{823.456 - 627.6}{823.456} \right) \times 100\% = 23.7 \%$.

Berdasarkan Tabel 1. dapat dilihat bahwa kapasitas penampang balok berdasarkan analisis SAP2000 sedikit lebih besar dari pada kapasitas penampang balok analisis Mafizul et al. Hal ini disebabkan karena beberapa parameter yang tidak diketahui yang diasumsikan dalam analisis SAP2000 yaitu jarak antar tulangan dan model kurva hubungan tegangan-regangan beton dan baja yang digunakan. Redistribusi momen hasil analisis SAP2000 sedikit lebih besar dari redistribusi momen hasil analisis Mafizul et al. Perbedaan tersebut disebabkan karena perbedaan kapasitas penampang balok dan pemodelan sendi plastis yang dilakukan.

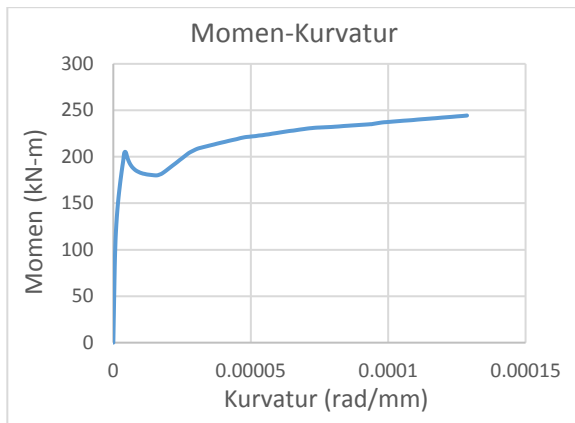
Tabel 1. Perbandingan hasil analisis

	Mafizul et al	FEM
Momen maksimum tumpuan, M_{u+}	526.54 kN	536.4 kN
Momen maksimum lapangan, M_{u-}	586.36 kN	631.6 kN
Kelengkungan maksimum tumpuan, ϕ_{u+}	0.0000997 rad/mm	0.00009702 rad/mm
Kelengkungan maksimum lapangan, ϕ_{u-}	0.0000457 rad/mm	0.00007073 rad/mm
Regangan beton saat momen maksimum lapangan, (ϵ_c)	0.0038	0.00293
Regangan beton saat momen maksimum tumpuan, (ϵ_c)	0.0065	0.0065
Regangan baja saat momen maksimum lapangan, (ϵ_s)	0.05	0.05
Regangan baja saat momen maksimum tumpuan, (ϵ_s)	0.017	0.0309
Besar redistribusi momen, β	18.98%	23.44%

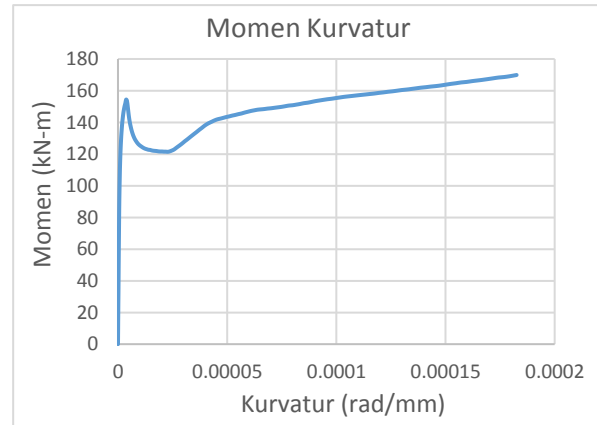


Gambar 15. Kurva momen kelengkungan penampang pada daerah momen negatif variasi (b)

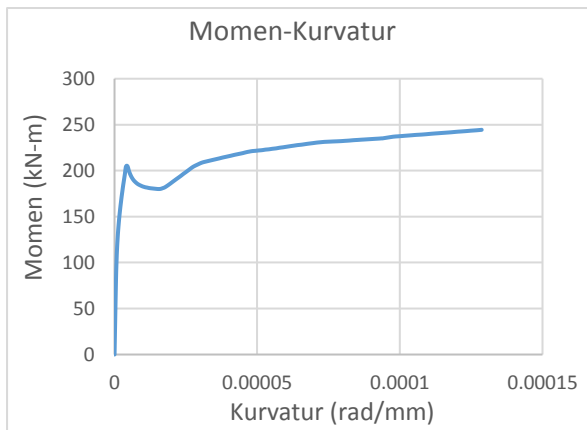
Hasil Analisis Momen dan Kelengkungan Penampang dan Pembahasan



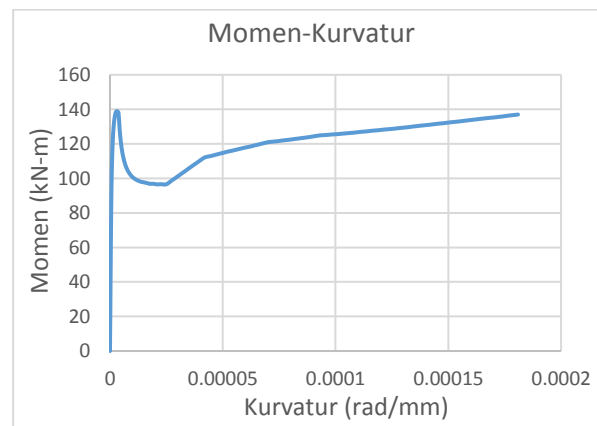
Gambar 13. Kurva momen kelengkungan penampang pada daerah momen positif



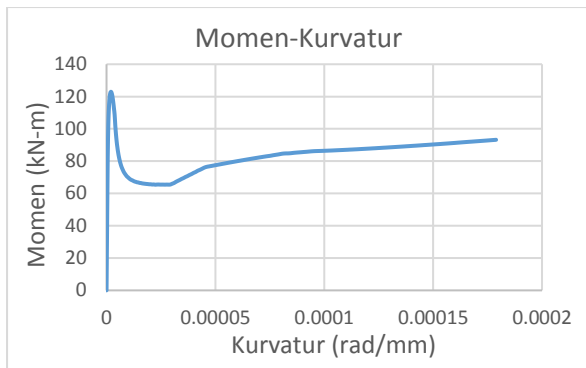
Gambar 16. Kurva momen kelengkungan penampang pada daerah momen negatif variasi (c)



Gambar 14. Kurva momen kelengkungan penampang pada daerah momen negatif variasi (a)



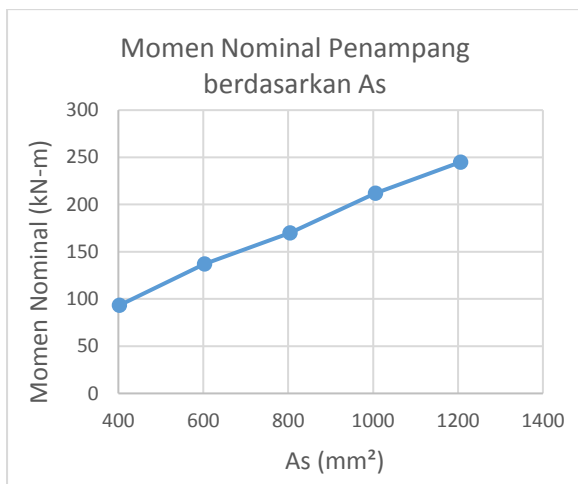
Gambar 17. Kurva momen kelengkungan penampang pada daerah momen negatif variasi (d)



Gambar 18. Kurva momen kelengkungan penampang pada daerah momen negatif variasi (e)

Kapasitas atau kemampuan suatu penampang balok dapat dilihat dari hubungan momen–kelengkungan penampang tersebut. Grafik pada Gambar 18. diatas menunjukkan hubungan momen kelengkungan penampang dengan berbagai variasi jumlah tulangan tarik (diameter 16mm) dengan mempertahankan ukuran penampang dan jumlah tulangan tekan.

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa nilai semakin besar nilai A_s maka semakin besar nilai momen nominal penampang. Besar kenaikan momen nominal ditunjukkan pada grafik berikut:

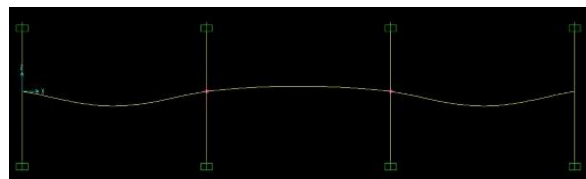


Gambar 19. Kurva momen nominal penampang berdasarkan kenaikan A_s

Dari grafik pada Gambar 19. dapat dilihat bahwa kenaikan akan mengakibatkan kenaikan momen nominal yang signifikan dan semakin besar momen nominal penampang maka semakin besar pula kapasitas penampang tersebut.

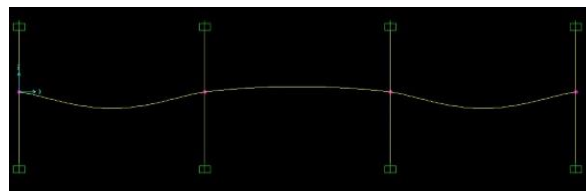
Hasil Analisis Redistribusi Momen dengan Variasi Rasio Tulangan A_{st-}/A_{st+} dan Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis dengan program SAP2000 untuk kondisi pembebanan (1) dengan variasi (a) dimana $A_{st-}/A_{st+} = 1$, diamati bahwa awal terbentuknya sendi plastis yaitu balok pada di tumpuan kolom interior yaitu pada kordinat $x = 6000$ mm dan $x = 12000$ mm dengan besar beban saat sendi plastis pertama tercapai yaitu 94 N/mm dan besar momen pada balok di tumpuan kolom interior yaitu 242.700 N-mm.



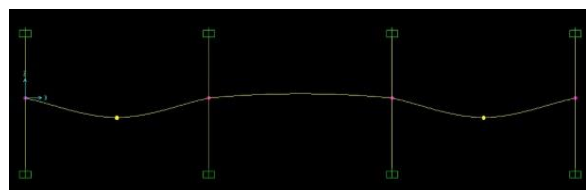
Gambar 20. Sendi plastis balok di tumpuan kolom interior

Sendi plastis kedua terbentuk pada kordinat $x = 0$ mm dan $x = 18000$ mm yaitu pada balok di tumpuan kolom eksterior dengan besar beban saat sendi plastis kedua dicapai yaitu 99.6 N/mm dan besar momen pada balok di tumpuan kolom eksterior yaitu 242.702 N-mm.



Gambar 21. Sendi plastis balok di tumpuan kolom

Sendi plastis ketiga terbentuk pada kordinat $x = 3000$ mm dan $x = 15000$ mm yaitu pada balok di daerah lapangan dengan besar beban saat sendi plastis ketiga dicapai yaitu 108 N/mm (beban runtuh balok) dan besar momen pada balok di lokasi sendi plastis yaitu 241.606.



Gambar 22. Sendi plastis balok ketika mencapai keruntuhan

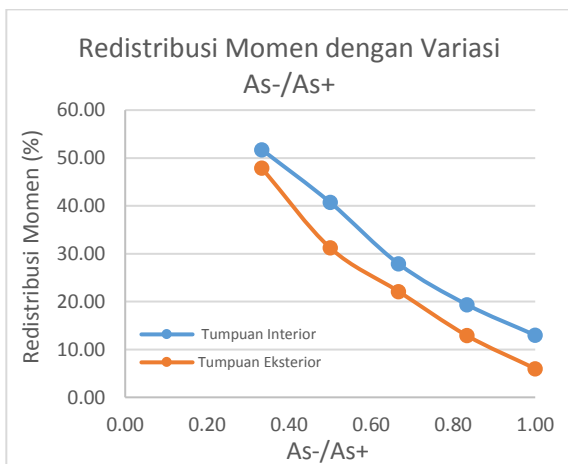
Berdasarkan analisis elastis untuk beban runtuh balok 108 N/mm diperoleh momen pada balok di tumpuan interior sebesar 278.891 N/mm dan pada balok di tumpuan eksterior sebesar 258.174 N/mm maka diperoleh besar redistribusi momen pada balok di tumpuan interior sebesar $\beta = \left(\frac{278.891-242.700}{278.891}\right) \times 100\% = 12.97\%$ dan besar redistribusi momen pada balok di tumpuan eksterior sebesar $\beta = \left(\frac{258.174-242.700}{258.174}\right) \times 100\% = 5.99\%$.

Tabel 2. Redistribusi momen dengan berbagai variasi As-/As+ untuk kondisi pembebanan (1)

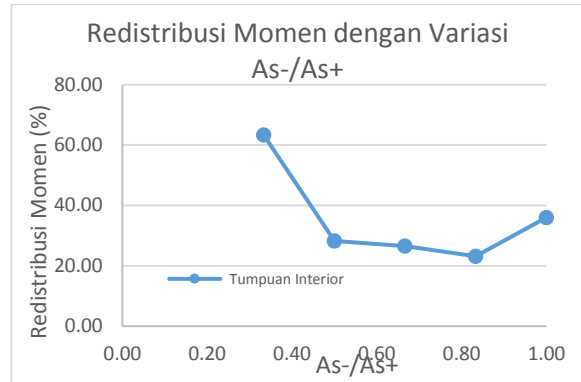
	As-/As+	Redistribusi Momen	
		Tumpuan Interior %	Tumpuan Eksterior %
Variasi (a)	1.00	12.98	5.99
Variasi (b)	0.83	19.37	12.90
Variasi (c)	0.67	27.90	22.12
Variasi (d)	0.50	40.71	31.22
Variasi (e)	0.33	51.74	63.89

Tabel 3. Redistribusi momen dengan berbagai variasi As-/As+ untuk kondisi pembebanan (2)

	As-/As+	Tumpuan Interior %
Variasi (a)	1.00	35.98
Variasi (b)	0.83	23.17
Variasi (c)	0.67	26.56
Variasi (d)	0.50	28.21
Variasi (e)	0.33	63.36



Gambar 23. Kurva Redistribusi momen dengan variasi As-/As+ untuk kondisi pembebanan (1)



Gambar 24. Kurva Redistribusi momen dengan variasi As-/As+ untuk kondisi pembebanan (2)

Dari hasil analisis diperoleh bahwa penurunan rasio As-/As+ mengakibatkan naiknya nilai redistribusi momen pada balok, kenaikan tersebut dipengaruhi oleh kapasitas penampang balok pada daerah momen negatif karena menurunnya nilai As-.

PENUTUP

Kesimpulan

Penelitian ini memodelkan balok menerus dengan variasi jumlah tulangan tarik pada daerah momen negatif sehingga memberikan nilai rasio A_{st-}/A_{st+} . Beberapa hal yang dapat menjadi kesimpulan dari penelitian ini yaitu:

1. Jumlah tulangan mempengaruhi nilai As dan semakin besar nilai As maka semakin besar kapasitas penampang balok untuk menahan momen lentur.
2. Nilai As- mempengaruhi kapasitas penampang pada daerah momen negatif. Semakin kecil nilai Ast- maka semakin kecil nilai rasio A_{st-}/A_{st+} dan semakin besar nilai redistribusi momen pada balok menerus sehingga peningkatan nilai redistribusi momen dipengaruhi oleh rasio As-/As+ dan kapasitas penampang pada daerah momen negatif.

Saran

1. Melakukan analisis redistribusi momen dengan variasi nilai rasio tulangan tarik ρ pada balok menerus untuk mengetahui pengaruh rasio tulangan tarik ρ pada besar redistribusi momen balok menerus.
2. Melakukan analisis redistribusi momen dengan variasi nilai rasio A_s'/A_s pada balok menerus untuk mengetahui pengaruh rasio A_s'/A_s pada besar redistribusi momen balok menerus.

DAFTAR PUSTAKA

- Armeyn, 2012. *Analisa Dan Kajian Hubungan Momen - Kurvatur pada Balok Beton Bertulang*, Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Padang.
- Badan Standarisasi Nasional, SNI 03-2847:2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*”.
- Badan Standarisasi Nasional, SNI 2847:2013, *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta
- CSI, Analysis Reference Manual for SAP2000, ETABS, and SAFE
- CSI, GETTING STARTED with SAP2000
- CSI, SAP2000 Basic Analysis Reference Manual
- Handoko Sugiharto dan Stefanus B. Liangkey, 2001. *Redistribusi Momen pada Balok Komposit Menerus dengan Memperhatikan Pengaruh Momen Inersia Negatif*. Dimensi Teknik Sipil Vol.3 No.2. Surabaya
- Holzer et al., 1975. SINDER. *A Computer Code for General Analysis of Two-Dimensional Reinforced Concrete Structures*. Report. AFWL-TR74-228 Vol. 1. Air Force Weapons Laboratory, Kirtland, AFB, New Mexico.
- Imran Iswandi, dan Zulfikli Ediansjah, 2014. *Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang*, ITB, Bandung.
- Mafizul M., 2002. *Moment Redistribution in Concrete Beams and One-Way Slabs Using 500 MPa Steel*, Thesis Curtin University of Technology.
- Mander, J. B., M. J. N. Priestley, and R. Park, 1984. *Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete*. Journal of Structural Engineering. ASCE. 114(3). 1804-1826.
- McCormac, Jack C., 2001. *Desain Beton Bertulang-Edisi Kelima-Jilid I*, Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Paulay, T., Priestley, M. J. N., 1992. *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Building*”. ISBN 0-471-54915-0, John Wiley & Sons, New York.
- Satyarno Imam, 2013. *Pemodelan Non-linear Elemen Beton Bertulang dalam Analisis Struktur*. Short Course HAKI, Yogyakarta

Halaman ini sengaja dikosongkan