JURNAL BANGUNAN: KONSTRUKSI & DESAIN

Vol.4 No.1 Maret 2026

Website: http://jbkd.ft.unand.ac.id

ANALISIS PENAMPANG KOLOM BETON BERTULANG TERHADAP VARIASI MUTU BAJA TULANGAN

RIZA ARYANTI

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

Corresponding Author: ✉ riza@eng.unand.ac.id

Naskah diterima: 24 Februari 2026. Disetujui : 12 Maret 2026. Diterbitkan : 31 Maret 2026

ABSTRAK

Konstruksi beton bertulang adalah konstruksi yang banyak digunakan pada struktur gedung karena biayanya murah, pengerjaannya mudah, dan perawatannya juga mudah. Salah satu elemen pada struktur gedung adalah kolom yang menahan momen lentur dan beban aksial. Kolom harus direncanakan dengan baik agar memiliki kapasitas yang memadai untuk menahan momen lentur dan beban aksial. Salah satu faktor yang memengaruhi kapasitas kolom adalah mutu baja tulangan. Pada penelitian ini dianalisis 6 kolom dengan ukuran dan mutu beton yang sama, tetapi dengan variasi mutu baja tulangan yang berbeda. Enam variasi mutu baja tulangan digunakan dalam penelitian ini, yaitu 300 MPa, 350 MPa, 400 MPa, 450 MPa, 500 MPa, dan 550 MPa. Analisis dilakukan dengan bantuan software RCCSA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan mutu baja tulangan meningkatkan kapasitas lentur hingga 26,45% dan kapasitas aksial hingga 19,03%. Kurvatur mengalami penurunan hingga 43,33%. Nilai eksentrisitas meningkat 16,35%.

Kata kunci: kolom, beton bertulang, variasi mutu baja, RCCSA, kurva diagram interaksi kolom

1. PENDAHULUAN

Kolom merupakan elemen struktur vertikal yang berfungsi menyalurkan beban dari elemen struktur atas menuju fondasi. Sebagai elemen tekan utama, kolom berperan penting dalam menjaga kestabilan dan keamanan struktur bangunan. Kegagalan kolom dapat menyebabkan keruntuhan parsial maupun keruntuhan progresif yang berdampak pada keseluruhan sistem struktur (Darwin dkk., 2021). Oleh karena itu, perencanaan kolom beton bertulang harus memperhatikan kapasitas aksial dan kapasitas lentur, serta interaksi gaya dalam yang bekerja pada penampang.

Beton merupakan material yang memiliki kapasitas tekan tinggi, namun relatif lemah terhadap gaya tarik. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, beton dikombinasikan dengan tulangan baja yang memiliki kapasitas tarik dan daktilitas tinggi, sehingga membentuk sistem komposit beton bertulang yang mampu bekerja secara efektif dalam menahan

DOI : 10.25077/jbkd.4.1.71-79.2026
Attribution-NonCommercial 4.0 International. Some rights reserved

kombinasi beban aksial dan momen lentur (Park & Paulay, 1975). Perilaku penampang kolom beton bertulang dipengaruhi oleh berbagai parameter, antara lain dimensi penampang, mutu beton, rasio tulangan longitudinal, konfigurasi penulangan transversal, serta mutu baja tulangan (Mander dkk., 1988).

Mutu baja tulangan merupakan salah satu parameter penting dalam desain kolom karena secara langsung berkaitan dengan nilai tegangan leleh (fy) yang menentukan kontribusi tulangan terhadap kapasitas nominal penampang. Penggunaan baja tulangan dengan mutu lebih tinggi berpotensi meningkatkan kapasitas aksial dan momen serta mengurangi kebutuhan luas tulangan longitudinal (ACI Committee 318, 2019). Namun demikian, peningkatan mutu baja tidak selalu memberikan peningkatan kapasitas yang linier, karena perubahan tegangan leleh turut memengaruhi distribusi regangan, kedalaman blok tegangan tekan beton ekuivalen, posisi garis netral, serta kondisi balanced failure pada penampang (Wight & MacGregor, 2011).

Di Indonesia, perencanaan elemen beton bertulang mengacu pada ketentuan dalam SNI 2847:2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung yang mengatur desain kapasitas aksial dan lentur kolom, persyaratan rasio tulangan longitudinal, detailing tulangan transversal, serta ketentuan batas regangan dan faktor reduksi kekuatan. Dalam standar tersebut, mutu baja tulangan menjadi salah satu parameter desain yang berpengaruh terhadap evaluasi kapasitas penampang melalui diagram interaksi aksial-momen. Oleh karena itu, pemahaman mengenai pengaruh variasi mutu baja terhadap perilaku penampang kolom penting untuk memastikan desain yang memenuhi aspek kekuatan, daktilitas, dan efisiensi material sesuai ketentuan nasional.

Penelitian terdahulu umumnya lebih banyak membahas pengaruh mutu beton, rasio tulangan longitudinal, serta detailing sengkang terhadap perilaku kolom beton bertulang (Tavio dkk., 2022). Thamrin (2015) meneliti distribusi tegangan pada penampang kolom beton bertulang dengan variasi rasio tulangan dan mutu beton. Aryanti (2024) dalam penelitiannya membahas pengaruh variasi mutu baja tulangan pada penampang balok beton bertulang. Kajian yang secara spesifik mengevaluasi pengaruh variasi mutu baja terhadap respons penampang kolom, khususnya dalam kaitannya dengan perubahan diagram interaksi aksial-momen , momen-kurvatur, kapasitas momen maksimum, dan eksentrisitas, beban aksial maksimum dan eksentrisitas, masih relatif terbatas, terutama dalam konteks penerapan parameter desain berdasarkan SNI 2847:2019.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi mutu baja tulangan pada penampang kolom beton bertulang terhadap momen, beban aksial, eksentrisitas dan kurvatur.

Penelitian ini diharapkan dapat membantu dalam desain komponen struktur kolom beton bertulang yang lebih aman dan efisien dan bisa menjadi pedoman dan rekomendasi dalam pemilihan mutu baja tulangan terhadap kekuatan kolom beton bertulang.

2. METODA PENELITIAN

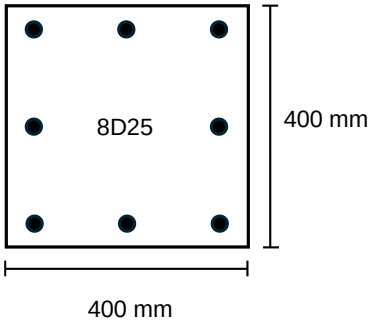
Penampang kolom yang dianalisis adalah penampang kolom beton bertulang berbentuk segi empat, dengan ukuran 400 mm x 400 mm. Mutu beton (fc') yang digunakan adalah 30 MPa dan mutu baja (fy) yang digunakan bervariasi, yaitu 300 MPa, 350 MPa, 400 MPa, 450 MPa, 500 MPa, dan 550 MPa. Diameter tulangan yang digunakan 25 mm. Jumlah tulangan longitudinal yang digunakan adalah 8 dan menghasilkan rasio tulangan 2,4%, sesuai dengan yang disyaratkan oleh SNI 2847:2019 bahwa rasio tulangan harus berada dalam rentang 1% sampai 6%.

Detail penampang kolom ditampilkan pada **Tabel 1**

Tabel 1. Detail Penampang Kolom

Elemen Struktur	Ukuran Kolom (mm2)	Mutu Beton f'c (MPa)	Jumlah Tulangan	Mutu Baja fy (Mpa)
Kolom	400 x 400	30	8D25	300
				350
				400
				450
				500
				550

Detail tulangan penampang kolom ditampilkan pada **Gambar 1**.



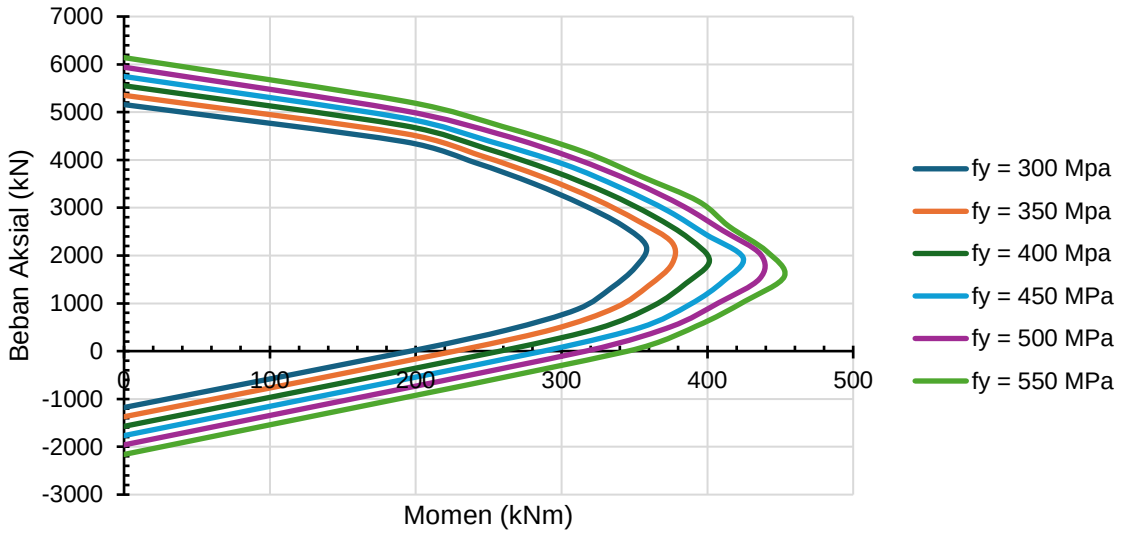
Gambar 1. Detail Tulangan pada Penampang Kolom

Analisis dilakukan dengan bantuan software RCCSA V4.3. yang merupakan program komputer berbasis bahasa FORTRAN yang dirancang untuk menganalisis penampang kolom atau balok beton bertulang. Metode diskritisasi penampang digunakan pada software ini, di mana penampang beton bertulang dibagi menjadi beberapa lapis elemen yang sejajar dengan tinggi penampang. Hasil analisis meliputi respons diagram interaksi momen dan beban aksial, momen-kurvatur, serta eksentrisitas (Thamrin, 2015b). Diagram interaksi yang diperoleh dari analisis penampang ini adalah kapasitas nominal penampang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

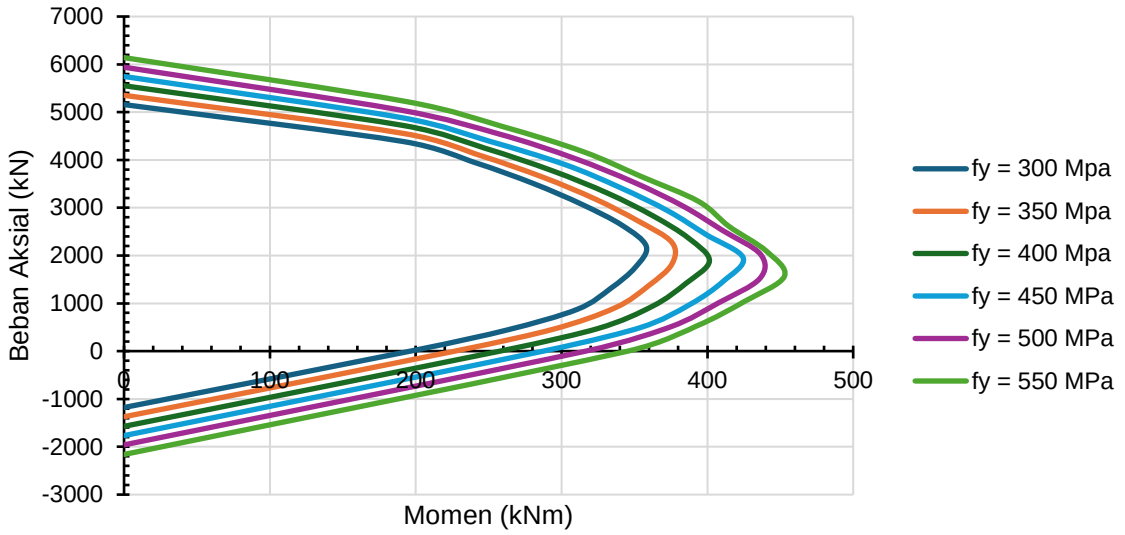
3.1. Diagram Interaksi Kolom

Dari hasil analisis dengan bantuan software RCCSA, diperoleh diagram interaksi kolom untuk keenam variasi mutu baja tulangan. Diagram interaksi kolom merupakan hubungan antara momen dan beban aksial yang menunjukkan kapasitas kolom dalam menahan momen lentur dan beban aksial.



Gambar 2 memperlihatkan diagram interaksi P–M (*Axial Load–Moment Interaction Diagram*) untuk kolom beton bertulang dengan variasi mutu baja tulangan fy 300–550 MPa. Setiap kurva menunjukkan kombinasi beban aksial dan momen maksimum yang masih dapat ditahan oleh kolom untuk setiap mutu baja tulangan. Semakin tinggi mutu baja tulangan (fy), kapasitas kolom meningkat; terlihat kurva bergeser ke kanan dan sedikit ke atas saat fy naik dari 300 MPa menjadi 550 MPa. Baja dengan fy lebih tinggi memiliki tegangan leleh yang lebih besar, sehingga tulangan dapat menahan gaya tarik yang lebih besar sebelum leleh. Semakin besar fy, semakin besar kontribusi tulangan terhadap gaya dalam.

Bagian atas kurva merupakan region yang dikendalikan oleh kompresi. Pada bagian atas (beban aksial tinggi, momen kecil): kapasitas aksial maksimum terjadi saat momen hampir nol. Kondisi ini mendekati pure compression. Ini menunjukkan kontribusi beton yang dominan; pengaruh peningkatan fy ada, tetapi tidak terlalu drastis dibandingkan dengan daerah lentur. Makanya selisih antarkurva di bagian atas relatif kecil.



Gambar 2. Diagram Interaksi Kolom

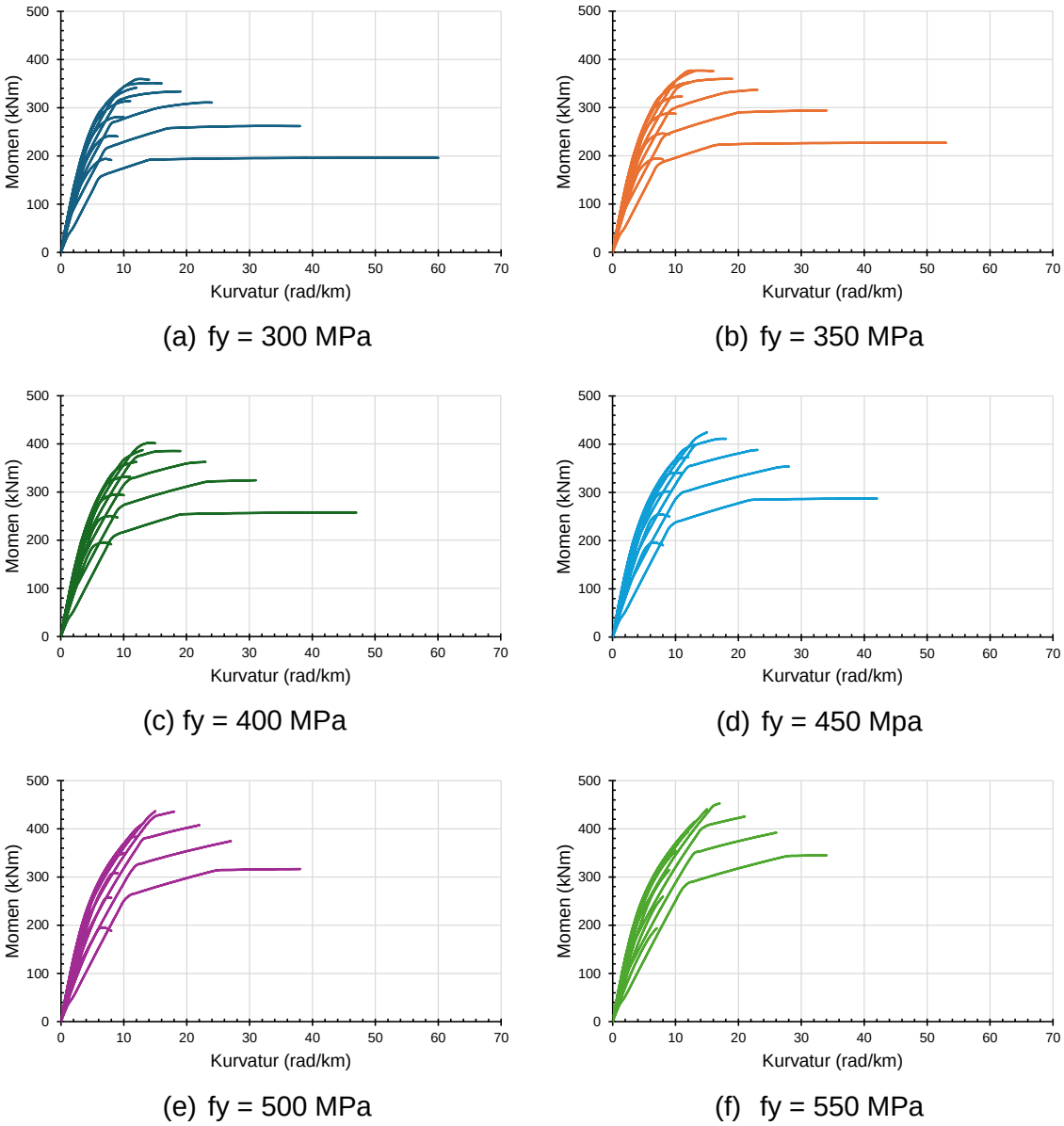
Bagian yang mengembung di tengah merupakan kapasitas interaksi P-M yang optimal. Bagian tengah yang menonjol ke kanan menunjukkan kombinasi beban aksial dan momen yang menghasilkan kapasitas momen terbesar. Daerah ini menunjukkan kondisi *balanced failure*: beton mulai hancur, baja tarik mulai leleh dalam waktu yang hampir bersamaan. Ini adalah titik penting karena sering digunakan dalam desain kolom. Dari grafik terlihat semakin tinggi fy, titik puncak momen makin ke kanan. Artinya, kolom lebih tahan terhadap eksentrisitas atau lentur.

Bagian bawah (beban aksial negatif) merupakan *tension-controlled region*. Saat beban aksial negatif, kolom mengalami beban aksial tarik dan momen. Di sini pengaruh fy sangat jelas karena beton hampir tidak berkontribusi terhadap tarik; seluruh tahanan terutama berasal dari tulangan. Makanya jarak antarkurva di bawah lebih konsisten. Semakin besar fy, kapasitas tarik meningkat; kapasitas momen pada daerah tarik juga meningkat.

Dari grafik dapat disimpulkan bahwa peningkatan mutu baja tulangan menghasilkan kenaikan kapasitas lentur kolom yang ditunjukkan oleh pergeseran kurva interaksi ke arah kanan. Namun, pada beban aksial tinggi, peningkatan kapasitas lentur relatif kecil karena perilaku penampang lebih didominasi oleh kekuatan tekan beton.

3.2. Momen dan Kurvatur

Gambar 3 menampilkan hubungan antara momen dan kurvatur pada keenam penampang kolom dengan variasi mutu baja tulangan. Pada gambar terlihat 10 momen kurvatur pada masing-masing kurva yang diambil dari 10 pasangan koordinat momen dan beban aksial pada diagram interaksi kolom. Mutu baja tulangan paling kecil menghasilkan kurvatur paling besar, tetapi momen paling kecil; sebaliknya, mutu baja tulangan paling besar menghasilkan kurvatur paling kecil dan momen paling besar. Hal ini menunjukkan semakin besarnya mutu baja tulangan; kolom mampu menahan momen lentur yang lebih besar, tetapi kemampuannya melengkung lebih kecil.

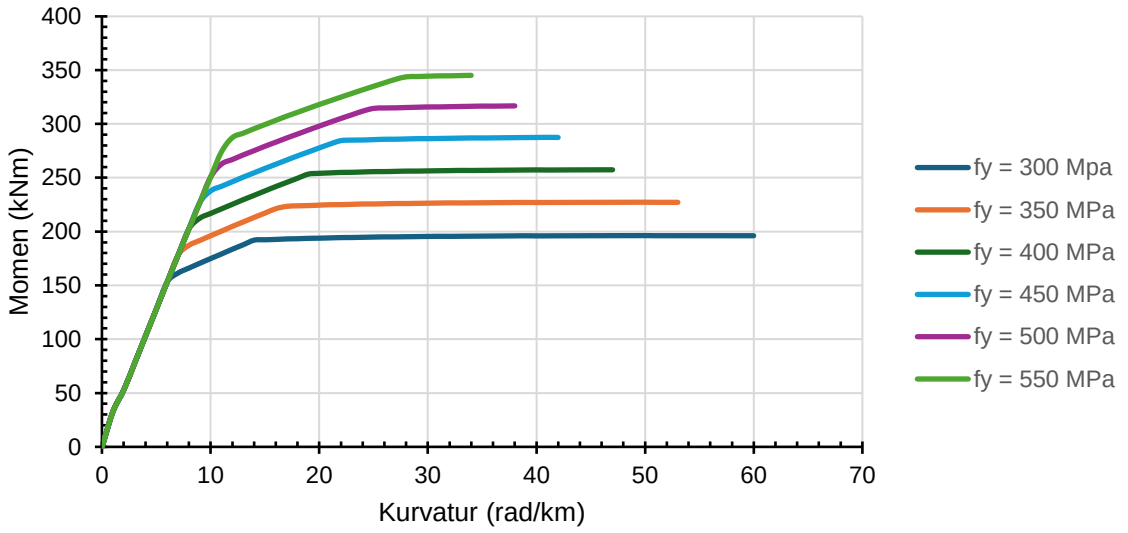


Gambar 3. Momen dan Kurvatur

3.3. Momen Murni dan Kurvatur

Gambar 4 memperlihatkan hubungan momen murni dan kurvatur. Momen murni terjadi ketika beban aksial bernilai nol. Kurva memperlihatkan kemiringan garis yang berhimpit saat kurvanya linear. Ini menunjukkan kekakuan kolom yang sama untuk semua variasi mutu baja saat beban aksial bernilai nol. Hal ini disebabkan oleh modulus elastisitas baja yang memiliki nilai yang sama, yaitu 200.000 Mpa.

Mutu baja tulangan 300 MPa menghasilkan kurvatur 60 rad/km, sedangkan mutu baja tulangan 550 Mpa menghasilkan kurvatur 34 rad/km. Nilai kurvatur mengalami penurunan sebesar 43,33 rad/km. Nilai kurvatur semakin kecil seiring dengan meningkatnya mutu baja. Hal ini menunjukkan bahwa daktilitas kolom semakin berkurang seiring dengan meningkatnya mutu baja. Nilai momen makin besar ketika mutu baja diperbesar, yang artinya kolom mampu memikul momen lentur yang lebih besar.



Gambar 4. Momen Murni dan Kurvatur

3.4. Momen dan Eksentrisitas

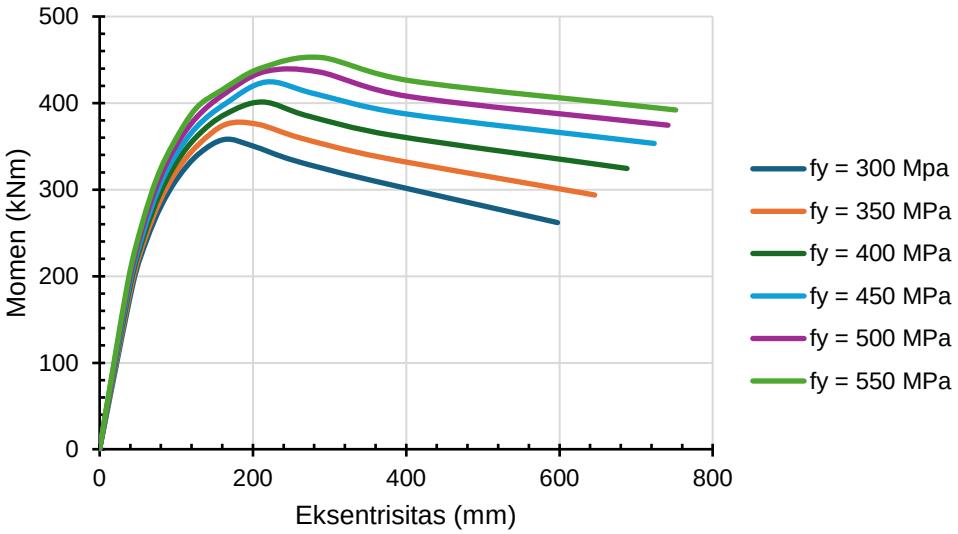
Gambar 5 menampilkan hubungan momen dan eksentrisitas. Secara keseluruhan, kurva menunjukkan momen yang meningkat pada awal kenaikan eksentrisitas. Di bagian awal (e mendekati 0 hingga sekitar 150–300 mm), semua kurva naik secara tajam. Artinya, saat eksentrisitas bertambah dari kecil ke sedang, kapasitas momen juga meningkat. Ini terjadi karena sistem mulai memobilisasi lengan momen internal yang lebih besar antara gaya tekan beton dan gaya tarik tulangan. Walaupun rumus M=P·e menunjukkan momen naik dengan e, kapasitasnya tidak linier karena P juga berubah akibat redistribusi tegangan dan regangan. Jadi, pada fase awal, eksentrisitas kecil menggambarkan perilaku kolom dominan tekan; kenaikan e menggambarkan kontribusi lentur yang makin efektif.

Semua kurva mencapai momen maksimum di sekitar e ≈ 150–300 mm. setelah titik ini, momen mencapai nilai puncak sekitar ±350 kNm untuk fy 300 Mpa hingga ±450 kNm untuk fy 550 Mpa. Interpretasinya adalah eksentrisitas optimum, yaitu kombinasi tekan–lentur yang paling efisien. Pada titik ini, beton tekan masih cukup termanfaatkan; tulangan tarik sudah bekerja secara optimal. Ini sering berhubungan dengan kondisi balanced atau mendekati balanced failure.

Setelah e melewati nilai optimum, semua kurva turun perlahan. Walaupun e makin besar, kapasitas momen justru turun karena: kapasitas aksial kolom berkurang secara signifikan, zona tekan beton mengecil, garis netral bergeser, dan perilaku makin mendekati lentur murni. Ketika e naik, nilai P turun lebih cepat, sehingga kapasitas momen juga turun. Ini menjelaskan bahwa eksentrisitas yang terlalu besar tidak selalu menguntungkan.

Kurva juga memperlihatkan bahwa semakin besar mutu baja, momen dan eksentritas semakin besar. Ini menunjukkan bahwa peningkatan mutu baja akan meningkatkan kapasitas momen. Namun, terlihat juga bahwa kenaikannya mulai mengecil pada fy tinggi; dari 500 ke 550 MPa tidak berbeda terlalu drastis.

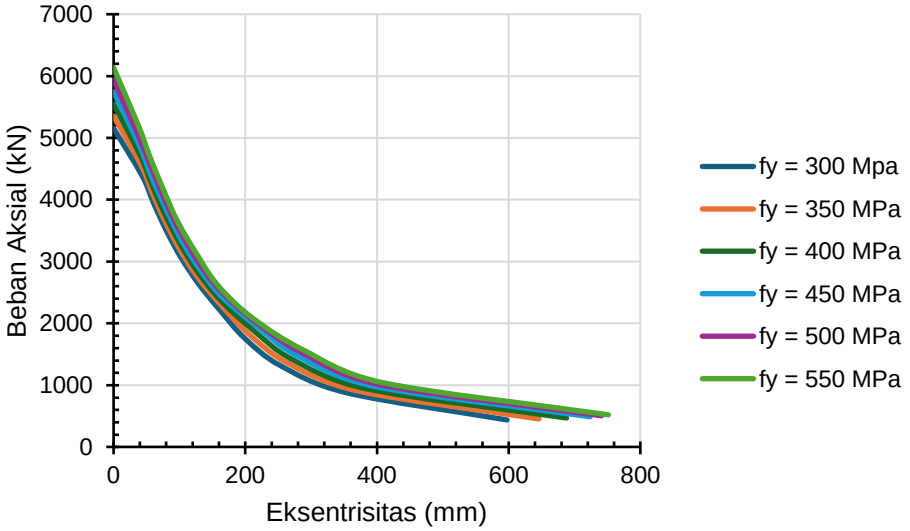
Nilai eksentrisitas pada mutu baja tulangan 300 Mpa adalah 645,84 mm, sedangkan pada mutu baja tulangan 550 Mpa bernilai 751,44 mm. Nilai eksentrisitas meningkat 16,35%.



Gambar 5. Momen dan Eksentrisitas

3.5. Beban Aksial dan Eksentrisitas

Gambar 6 memperlihatkan hubungan beban aksial dan eksentrisitas. Secara keseluruhan, semua kurva menunjukkan bahwa pada saat eksentrisitas bernilai nol, nilai beban aksial mencapai maksimum. Beban aksial menurun seiring dengan bertambahnya nilai eksentrisitas. Perbedaan kelima kurva tidak signifikan, ini terlihat pada keenam kurva yang posisinya berdekatan. Semakin tinggi mutu baja, beban aksial dan nilai eksentrisitas makin besar, tetapi perbedaannya tidak terlalu signifikan. Nilai eksentrisitas maksimum terjadi pada beban aksial sekitar 500 kN.



Gambar 6. Beban Aksial dan Eksentrisitas

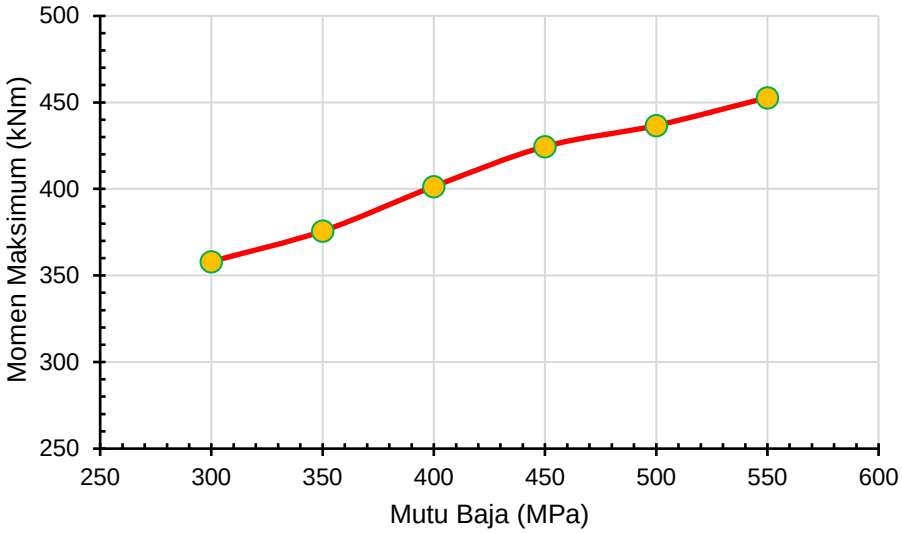
3.6. Momen Maksimum dan Mutu Baja

Tabel 2Gambar 6 memperlihatkan persentase kenaikan nilai momen maksimum dari mutu baja tulangan 300 MPa hingga 550 MPa. Persentase kenaikan momen maksimum mencapai 26,45%.

Tabel 2. Persentase Kenaikan Momen Maksimum

Mutu Baja fy (Mpa)	Momen Maksimum (kNm)	Kenaikan M Maksimum (%)
300	358,03	0
350	375,66	4,92
400	401,38	12,11
450	424,6	18,55
500	436,62	21,95
550	452,72	26,45

Gambar 7 memperlihatkan hubungan momen maksimum dan mutu baja. Kurva memperlihatkan bahwa semakin besar mutu baja, nilai momen maksimum makin besar. Tetapi kenaikan tidak linier, terlihat dari kurva yang bukan garis lurus.



Gambar 7. Momen Maksimum dan Mutu Baja

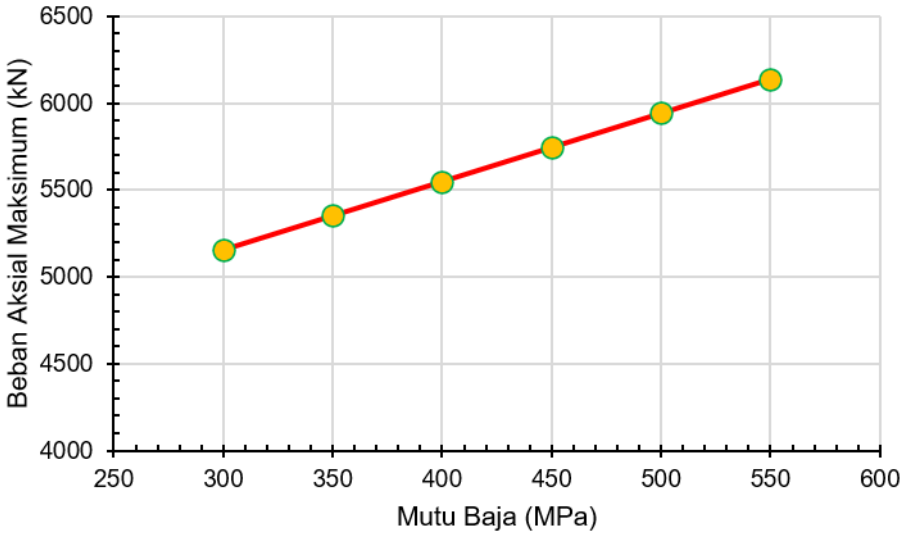
3.7. Beban Aksial Maksimum dan Mutu Baja

Tabel 3Gambar 6 memperlihatkan persentase kenaikan beban aksial maksimum dari mutu baja tulangan 300 MPa menjadi 550 MPa. Persentase kenaikan beban aksial hingga 19,03%.

Tabel 3. Persentase Kenaikan Beban Aksial

Mutu Baja fy (Mpa)	P Maksimum (kNm)	Kenaikan P Maksimum (%)
300	5157,96	0
350	5354,31	3,81
400	5550,66	7,61
450	5747,01	11,42
500	5943,36	15,23
550	6139,71	19,03

Gambar 8 memperlihatkan hubungan beban aksial maksimum dan mutu baja tulangan. Kurva memperlihatkan kenaikan beban aksial maksimum yang konstan seiring meningkatnya mutu baja tulangan.



Gambar 8. Beban Aksial dan Eksentrisitas

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa peningkatan mutu baja tulangan dari 300 MPa menjadi 550 MPa meningkatkan kapasitas lentur hingga 26,45% dan kapasitas aksial hingga 19,03%. Kurvatur mengalami penurunan hingga 43,33%. Nilai eksentrisitas meningkat 16,35%.

DAFTAR PUSTAKA

ACI Committee 318. (2019). *Building Code Requirements for Structural Concrete*. American Concrete Institute.

Aryanti, R. (2024). Pengaruh Variasi Mutu Baja Tulangan Pada Penampang Balok Beton Bertulang. *Jurnal Bangunan, Konstruksi & Desain*, *2*(4), 254–261. https://doi.org/10.25077/jbkd.2.4.254-261.2024

Darwin, D., Dolan, C. W., & Nilson, A. H. (2021). *Design of Concrete Structures*. McGraw-Hill Education.

Mander, J. B., Priestley, M. J. N., & Park, R. (1988). Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete. *Journal of Structural Engineering*, *114*(8), 1804–1826. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1988)114:8(1804)

Park, R., & Paulay, T. (1975). *Reinforced Concrete Structures*. John Wiley & Sons, Inc.

SNI 2847:2019. (2019). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. BSN.

Tavio, T., Machmoed, S. P., & Raka, I. G. P. (2022). Behavior of Square RC Columns Confined with Interlocking Square Spiral Under Axial Compressive Loading. *International Journal on Engineering Applications (IREA)*, *10*(5), 322. https://doi.org/10.15866/irea.v10i5.20655

Thamrin, R. (2015a). Distribusi Tegangan pada Penampang Kolom Beton Bertulang dengan Variasi Rasio Tulangan dan Mutu Beton. *2nd ACE National Conference*.

Thamrin, R. (2015b). *User Manual of Reinforced Concrete Cross Section Analysis (RCCSA) V4.3*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang, Indonesia.

Wight, J. K., & MacGregor, J. G. (2011). *Reinforced Concrete: Mechanics and Design* (6 ed.). Pearson Education.