

## Pengaruh *Geogrid* Biaksial terhadap Kekuatan Aksial Kolom Beton Bertulang

Martinus Revano Bagus Pramudita<sup>1,\*</sup>, Siswadi<sup>1</sup>, Ade Lisantono<sup>1</sup>, Johan Ardianto<sup>2</sup>

Departemen Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta<sup>1</sup>, PT Chandra Karya Nusantara, Yogyakarta<sup>2</sup>

Koresponden\*, Email: [martinusrevano@gmail.com](mailto:martinusrevano@gmail.com)

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	20 Mei 2025	<i>Reinforced concrete columns are critical structural elements responsible for carrying vertical loads in buildings. Enhancing the axial strength and ductility of these columns is essential to ensure structural performance and safety. This study investigates the influence of biaxial geogrid as a confinement material on the axial strength of short square reinforced concrete columns. The research involved casting and testing six column specimens with different configurations of biaxial geogrid, either as a substitute for or a complement to conventional steel stirrups. Axial compression tests were conducted using a loading frame testing machine. The results demonstrate that the use of biaxial geogrid significantly improves the axial load capacity and helps control crack propagation in the columns. Under concentric loading, the use of two layers of geogrid increased the load capacity by 27.1% compared to unconfined columns. Under eccentric loading (<math>e = 50</math> mm), the load capacity increased by up to 84.7%, indicating that geogrid functions effectively as a transverse restraint and has the potential to be an alternative confinement method for reinforced concrete structural elements.</i>
Diperbaiki	07 Agustus 2025	
Disetujui	08 Agustus 2025	

*Keywords: reinforced concrete column, biaxial geogrid, axial strength, confinement*

**Abstrak**  
Kolom beton bertulang merupakan elemen struktur vertikal yang berperan penting dalam menahan beban aksial pada bangunan. Salah satu upaya untuk meningkatkan kapasitas dan daktilitas kolom adalah dengan menambahkan sistem pengekangan yang efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *geogrid* biaksial sebagai pengekang terhadap kekuatan aksial kolom persegi beton bertulang. Metode yang digunakan meliputi pembuatan dan pengujian enam spesimen kolom dengan variasi konfigurasi *geogrid* sebagai pengganti atau tambahan sengkang. Pengujian dilakukan secara eksperimental dengan pembebanan aksial menggunakan *loading frame testing machine*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *geogrid* biaksial sebagai pengekang mampu meningkatkan kapasitas aksial dan mengontrol pola retak pada kolom. Pada pembebanan konsentris, penggunaan dua lapis *geogrid* meningkatkan kapasitas beban sebesar 27,1% dibandingkan kolom tanpa pengekangan. Sedangkan pada pembebanan eksentris ( $e = 50$  mm), peningkatan kapasitas beban mencapai 84,7%, menunjukkan bahwa *geogrid* berperan sebagai pengikat transversal yang efektif dan berpotensi menjadi alternatif pengekangan pada elemen struktural beton bertulang.

**Kata kunci:** kolom beton bertulang, *geogrid* biaksial, kekuatan aksial, pengekangan

### 1. Pendahuluan

Kolom beton bertulang merupakan elemen struktural yang umum digunakan dalam konstruksi bangunan. Kolom biasanya digunakan untuk menahan beban vertikal dari lantai di atasnya dan mentransfer beban tersebut ke fondasi di bawahnya. Kolom beton bertulang juga dirancang dengan mempertimbangkan beban vertikal yang akan ditopang serta beban lateral yang mungkin terjadi, seperti gaya angin atau gempa bumi [1]. Kolom beton bertulang dianggap sebagai salah satu elemen struktur yang paling rentan terhadap kegagalan akibat pembebanan dinamis dan tumbukan akibat gempa bumi atau beban berlebih. Kegagalan kolom sering kali menyebabkan keruntuhan yang sangat besar pada struktur yang menyatukannya. Oleh karena itu, perlu dipastikan bahwa kolom dan elemen struktural terkait lainnya pada bangunan beton bertulang memiliki daktilitas yang

baik. Maka dari itu, banyak penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh penggabungan dan konfigurasi sengkang, dan berbagai jenis serat terhadap kuat lentur dan geser komponen beton bertulang.

Berbagai penelitian telah dilakukan mengenai pengembangan dan peningkatan material inovatif dan cerdas yang memiliki kekuatan tinggi, bobot ringan, serta daktilitas yang meningkat guna mengurangi gaya inersia dan biaya, serta meningkatkan daya tahan. Kajian ini berfokus pada penggunaan *geogrid*, salah satu material geosintetik yang mulai populer di industri konstruksi, khususnya di sektor infrastruktur. *Geogrid* merupakan salah satu varian produk geosintetik yang populer dan sangat mudah didapatkan dengan komposisi yang berbeda dan juga sangat hemat biaya [2]. Ada banyak aplikasi *geogrid* yang menjadi sangat populer dari hari ke hari seperti menstabilkan lapisan tak

terikat pada sistem perkerasan jalan [2]. Beberapa penelitian telah mengungkapkan manfaat signifikan serta potensi yang tinggi dalam penggunaan *geogrid* untuk di aplikasikan dalam dunia konstruksi. Sebagian besar penelitian tersebut seputar pada penggunaan *geogrid* untuk infrastruktur transportasi, geoteknik, serta pada struktur pondasi. Namun, masih sangat sedikit upaya yang dilakukan dalam penggunaan *geogrid* sebagai perkuatan melintang alternatif pada kolom beton bertulang. Selain itu, pada penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya lebih fokus pada aplikasi *geogrid* dalam pelat atau beton berpori, bukan pada kolom beton bertulang, seperti yang ditunjukkan oleh Zhang dan Hadi dalam studi mereka mengenai tiang beton geopolymer berpori yang diperkuat dengan *geogrid* [3]. Meskipun penggunaan *geogrid* menunjukkan potensi dalam meningkatkan daktilitas pada elemen lentur seperti balok, seperti diteliti oleh Tang et al. [4], data eksperimental mengenai perilaku aksial kolom beton bertulang dengan pengekanan *geogrid* biaksial masih sangat terbatas. Efektivitas *geogrid* dalam meningkatkan ketahanan seismik kolom juga belum banyak dievaluasi, meskipun ada indikasi bahwa material ini dapat meningkatkan kinerja lentur elemen struktural lainnya seperti pelat beton [2]. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya untuk mengeksplorasi lebih jauh pengaruh penggunaan *geogrid*

biaksial sebagai pengekanan pada kolom beton bertulang,

**Tabel 1.** Variasi Sampel Benda Uji Kolom Persegi Beton Bertulang

Sampel	Tinggi Kolom (mm)	Jumlah Layer <i>Geogrid</i> Biaksial	Tipe Pengekanan	Tipe Pembebanan Saat Pengujian
ANC	800	-	Tanpa lapisan <i>geogrid</i>	Eksentris
A1	800	1	Dengan lapisan <i>geogrid</i>	Eksentris
A2	800	2	Dengan lapisan <i>geogrid</i>	Eksentris
BNC	800	-	Tanpa lapisan <i>geogrid</i>	Konsentris
B1	800	1	Dengan lapisan <i>geogrid</i>	Konsentris
B2	800	2	Dengan lapisan <i>geogrid</i>	Konsentris

Kolom pendek persegi beton bertulang ini dirancang dengan tulangan longitudinal berjumlah 4 batang berdiameter 8 mm (4P-8mm) serta dilengkapi dengan tulangan sengkang berdiameter 6 mm (P-6mm) yang dipasang dengan jarak spasi 50 mm. Untuk meningkatkan kinerja struktural, kolom ini juga diberikan pengekanan tambahan berupa *geogrid* biaksial yang diaplikasikan dalam satu dan dua lapisan (1 dan 2 layer). Material beton yang digunakan adalah beton normal *ready mix* dengan mutu tekan  $f_c' 25$  Mpa sehingga kolom ini mampu menahan beban dengan baik sesuai dengan perencanaan struktur. Detail desain dari kolom dapat dilihat pada **Gambar 1**.

khususnya terhadap kekuatan aksial, daktilitas, dan perilaku tegangan-regangan kolom.

## 2. Metode

Spesimen enam buah sampel kolom persegi dengan ukuran penampang 140×140 mm dan tinggi 800 mm digunakan sebagai benda uji. Tiga sampel diantaranya di uji dengan menggunakan beban konsentris, dan tiga sampel lainnya di uji dengan beban dengan eksentrisitas 50 mm dari *axis longitudinal* dari sampel kolom persegi. Beberapa jenis sampel digunakan untuk memverifikasi hasil uji eksperimental agar data lebih valid dan mendapatkan hasil yang efektif. Variabel pengujian utama meliputi bahan pengekanan (sengkang atau *geogrid* biaksial), serta jumlah lapisan *geogrid* yang berbeda.

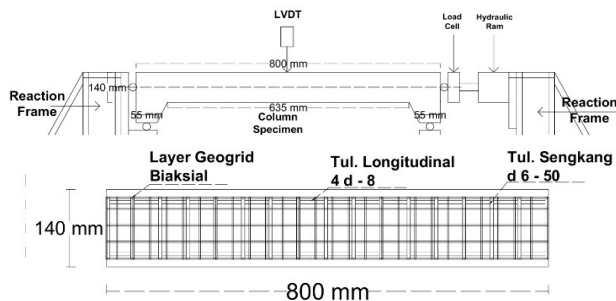
Dilakukan pemberian kode NC melambangkan benda uji kolom beton bertulang yang hanya menggunakan sengkang biasa tanpa lapisan *geogrid* biaksial sebagai pengekanan tambahan; untuk kode A melambangkan kolom beton bertulang dengan lapisan *geogrid* biaksial sebagai pengekanan yang akan di uji dengan beban eksentris dengan eksentrisitas 50 mm; sedangkan untuk kode B mewakili kolom beton bertulang dengan *geogrid* biaksial sebagai pengekanan yang akan di uji dengan beban konsentris. Variasi sampel benda uji dapat dilihat pada **Tabel 1**

Spesimen kolom pendek persegi beton bertulang ini diuji di Laboratorium Struktur Bahan Bangunan Universitas Atma Jaya Yogyakarta menggunakan *loading frame* untuk mensimulasikan pembebanan. Pengujian dilakukan dalam posisi horizontal, di mana spesimen diberi beban melalui *load actuator* dengan kapasitas 25 ton.

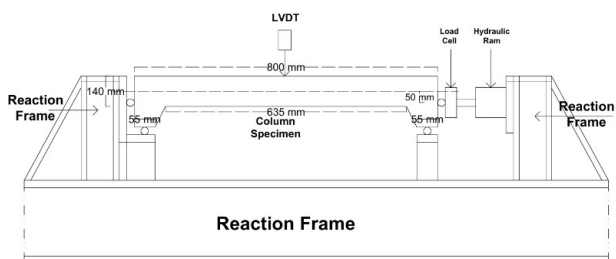
Untuk memantau deformasi yang terjadi selama pengujian, LVDT (*Linear Variable Displacement Transducer*) dipasang pada spesimen guna mengukur defleksi yang timbul akibat pembebanan [5]. Selain itu, untuk mengetahui distribusi regangan pada elemen struktural, strain gauge ditempatkan pada permukaan beton dan tulangan guna merekam respons material terhadap gaya yang bekerja. Data

hasil pengujian ini digunakan untuk mengevaluasi perilaku mekanis kolom serta efektivitas penggunaan pengekang *geogrid* biaksial dalam meningkatkan kinerja strukturalnya. Detail setup pengujian spesimen dapat dilihat pada **Gambar 2**, **Gambar 3**, dan **Gambar 4**

**Gambar 1.** Detail Penulangan Spesimen



**Gambar 2.** Skema Pengujian Spesimen Kolom Beban Eksentris



**Gambar 3.** Setup Pengujian Spesimen Kolom Beban Konsentris



**Gambar 4.** Setup Pengujian Spesimen Kolom

### 3. Hasil dan Pembahasan

Bab ini membahas hasil pengujian dan analisis terkait kekuatan aksial kolom persegi bertulang dengan pengekang *geogrid* biaksial yang diuji secara konsentris dan eksentris. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh pengekang *geogrid* biaksial terhadap kapasitas beban aksial, pola keretakan, serta perilaku defleksi kolom.

#### 3.1 Pola Keretakan dan Perilaku Kolom Akibat Pembebanan Eksentris

Kolom beton bertulang merupakan elemen struktur yang berfungsi menahan beban aksial serta momen lentur akibat adanya eksentrisitas. Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian terhadap kolom beton bertulang berukuran 140 x 140 mm dengan tinggi 800 mm untuk memahami sejauh mana pengekang tambahan berupa *geogrid* biaksial dapat meningkatkan kemampuan kolom dalam menahan beban eksentrisitas sebesar 50 mm. Kolom diuji dalam tiga kondisi, yaitu tanpa pengekang *geogrid*, dengan satu lapisan *geogrid* biaksial, dan dengan dua lapisan *geogrid* biaksial. Hasil uji dibandingkan untuk menilai efektivitas *geogrid* sebagai pengekang tambahan dalam meningkatkan kapasitas dan daktilitas kolom.

Pada kolom tanpa pengekang *geogrid* (ANC), perilaku struktur sangat dipengaruhi oleh kapasitas lentur yang bergantung pada distribusi tulangan dan sifat material beton itu sendiri. Kolom ini memiliki ketahanan lateral yang lebih rendah sehingga cenderung mengalami keruntuhan lebih cepat saat menerima beban eksentris. Retakan awal umumnya muncul di daerah tekan dekat titik aplikasi beban dan dengan cepat berkembang hingga akhirnya menyebabkan kegagalan struktur. Hal ini menunjukkan bahwa tanpa pengekangan tambahan, beton lebih rentan terhadap gaya lateral yang dihasilkan oleh beban eksentris. Pola keretakan dapat dilihat pada **Gambar 5**.



**Gambar 5.** Pola Retak Spesimen Kolom ANC

Ketika satu lapisan *geogrid* biaksial digunakan sebagai pengekang tambahan pada kolom (A1-1L), terjadi peningkatan yang cukup signifikan dalam kapasitas beban dan daktilitas kolom. *Geogrid* membantu membatasi ekspansi lateral beton akibat gaya tekan, sehingga meningkatkan ketahanan terhadap deformasi. Dengan adanya *geogrid*, retakan yang terbentuk lebih merata, dan pola kegagalan berubah dari yang sebelumnya bersifat getas menjadi lebih ulet. Selain itu, penyekatan *geogrid*

memperlambat perkembangan retakan, memberikan waktu lebih lama sebelum kolom mencapai kondisi keruntuhan total. Pola keretakan dapat dilihat pada **Gambar 6**.



**Gambar 6.** Pola Retak Spesimen Kolom A1-1L

Pada kolom dengan dua lapisan geogrid biaksial (A2-2L), peningkatan performa struktur menjadi lebih mencolok dibandingkan dengan kondisi sebelumnya. Kapasitas beban maksimum meningkat secara signifikan, menunjukkan bahwa pengekangan ganda dari dua lapisan geogrid lebih efektif dalam mengontrol deformasi lateral dan meningkatkan ketahanan aksial kolom. Selain itu, distribusi tegangan menjadi lebih merata di seluruh penampang kolom, yang membantu mengurangi konsentrasi tegangan pada area tertentu dan memperpanjang umur layan struktur. Pola keretakan pada kolom dapat dilihat pada **Gambar 7**.



**Gambar 7.** Pola Retak Spesimen Kolom A2-2L

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan *geogrid* biaksial sebagai pengekang tambahan, baik dalam satu maupun dua lapisan, terbukti meningkatkan kapasitas beban dan daktilitas kolom beton bertulang yang menerima beban eksentrisitas. Penerapan *geogrid* memberikan solusi yang sederhana namun efektif untuk meningkatkan ketahanan struktural terhadap gaya eksentris, sehingga dapat menjadi alternatif inovatif dalam desain kolom beton bertulang di berbagai aplikasi teknik sipil. Penelitian ini memberikan dasar yang kuat untuk mempertimbangkan penggunaan pengekang tambahan seperti *geogrid* dalam meningkatkan performa elemen struktur beton di lapangan.

### 3.2 Pola Keretakan dan Perilaku Kolom Akibat Pembebanan Konsentris

Kolom beton bertulang yang diuji dengan beban konsentris, yaitu beban yang bekerja searah dengan sumbu kolom, menunjukkan perilaku yang berbeda dibandingkan kolom yang menerima beban eksentrisitas. Pada kondisi pembebanan konsentris, tegangan tersebar lebih merata di seluruh penampang kolom, sehingga kapasitas tekan aksial dapat dimanfaatkan secara optimal. Keruntuhan struktur pada kondisi ini lebih banyak dipengaruhi oleh kekuatan material beton dan konfigurasi tulangan, karena tidak ada tambahan momen lentur yang signifikan seperti pada pembebanan eksentris [6].



**Gambar 8.** Pola Retak Spesimen Kolom BNC

Pada kolom tanpa pengekang tambahan *geogrid* biaksial (BNC), beton lebih rentan mengalami kerusakan akibat kurangnya ketahanan terhadap ekspansi lateral. Retakan awal

biasanya muncul di bagian tengah penampang kolom, tepat di area di mana tegangan tekan mencapai nilai maksimumnya. Seiring dengan bertambahnya beban, retakan berkembang ke segala arah secara radial hingga akhirnya menyebabkan pecahnya beton pada permukaan tekan. Proses keruntuhan ini terjadi secara getas karena tidak ada mekanisme pengekangan tambahan yang dapat memperlambat kerusakan atau meningkatkan daktilitas kolom. Pola keretakan kolom dapat dilihat pada **Gambar 7**.

Ketika satu lapisan geogrid biaksial digunakan sebagai pengekan tambahan pada kolom (B1-1L), terjadi peningkatan performa kolom di bawah pembebanan konsentris. *Geogrid* membantu menghambat ekspansi lateral yang terjadi pada beton akibat tekanan aksial, sehingga secara langsung meningkatkan kapasitas tekan kolom. Selain itu, kolom dengan satu lapisan geogrid menunjukkan perilaku yang lebih ulet, di mana retakan berkembang lebih lambat dan penyebaran kerusakan lebih merata dibandingkan kolom tanpa pengekan. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun hanya satu lapisan, *geogrid* sudah memberikan efek pengekan yang cukup signifikan terhadap perilaku kolom. Pola keretakan kolom dapat dilihat pada **Gambar 9**.



**Gambar 9.** Pola Retak Spesimen Kolom B1-1L

Pada kolom (B2-2L) dengan dua lapisan geogrid biaksial, efek pengekan meningkat secara lebih signifikan. Kolom ini mampu menahan beban tekan aksial yang jauh lebih besar sebelum mengalami keruntuhan. Hal ini terjadi karena pengekan ganda yang diberikan oleh dua lapisan *geogrid* mampu mengontrol deformasi lateral dengan lebih efektif, serta memperkuat inti beton, sehingga kapasitas tekan kolom meningkat secara drastis. Namun, pada pengujian dengan dua lapisan *geogrid*, kolom tidak

mengalami keruntuhan karena keterbatasan alat uji yang digunakan.

*Load aktuator* yang tersedia hanya mampu memberikan beban maksimal sebesar 245,17 kN, sedangkan kapasitas kolom dengan dua lapisan geogrid diperkirakan lebih tinggi dari batas alat tersebut. Pola keretakan yang terjadi pada kolom hanya retak rambut atau retak halus saja dapat dilihat pada **Gambar 10**.



**Gambar 10.** Pola Retak Spesimen Kolom B2-2L

Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan dua lapisan geogrid biaksial secara efektif meningkatkan kekuatan kolom hingga melebihi kemampuan alat pengujian, membuktikan bahwa metode pengekan ini sangat potensial untuk meningkatkan daya tahan kolom beton bertulang terhadap beban aksial.

### 3.3 Pengaruh Beban dan Defleksi pada Pembebanan Eksentris

Selama pengujian kolom persegi beton bertulang dengan pembebanan eksentris, dilakukan pencatatan terhadap beban dan perpindahan lateral tengah dari setiap spesimen untuk masing-masing kondisi pengujian. Kurva hubungan antara beban dan perpindahan lateral dari tiga variasi spesimen, yaitu tanpa pengekan tambahan geogrid biaksial, dengan satu lapisan *geogrid*, dan dengan dua lapisan geogrid, menunjukkan perbedaan performa yang cukup signifikan.

Dari hasil pengujian, pada **Tabel 2**, terlihat bahwa kolom tanpa pengekan tambahan *geogrid* biaksial (ANC) memiliki kekuatan paling rendah dibandingkan dengan kolom yang diberi satu lapisan (A1-1L) atau dua lapisan geogrid biaksial (A2-2L). Di antara spesimen yang diberi pengekan tambahan, kolom dengan dua lapisan geogrid menunjukkan

kapasitas beban tertinggi, yang mengindikasikan bahwa semakin banyak lapisan pengekang yang digunakan, semakin besar peningkatan performa kolom dalam menahan beban eksentris.

Jika dibandingkan dengan beban maksimum spesimen kolom kontrol (tanpa pengekang geogrid biaksial), kolom dengan satu lapisan geogrid mengalami peningkatan kapasitas sebesar 50,17%, sementara kolom dengan dua lapisan geogrid menunjukkan peningkatan sebesar 84,70%. Hal ini membuktikan bahwa penambahan geogrid sebagai pengekang lateral mampu meningkatkan kekuatan tekan kolom secara signifikan dalam menghadapi pembebanan eksentris.

Selain dari segi kekuatan, hasil uji juga menunjukkan bahwa kolom yang menggunakan pengekang tambahan geogrid biaksial memiliki daktilitas lebih baik dibandingkan dengan kolom tanpa pengekang tambahan. Hal ini dapat dilihat dari kurva hubungan beban dan perpindahan pada **Gambar 11** di mana kolom tanpa pengekang mengalami penurunan kekuatan secara drastis setelah mencapai beban maksimum, sedangkan kolom dengan pengekang tambahan mengalami penurunan kekuatan yang lebih lambat. Artinya, kolom dengan *geogrid* mampu mengalami deformasi lebih besar sebelum akhirnya mencapai keruntuhan, yang menandakan peningkatan daktilitas atau kelenturan struktur.

Berdasarkan data eksperimen, rasio daktilitas dihitung sebagai perbandingan antara defleksi maksimum ( $\Delta u$ ) dan defleksi pada saat beban maksimum ( $\Delta y$ ). Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 3**.

**Tabel 2.** Beban Maksimum Pada Pembebanan Eksentris

Spesimen Kolom	Jumlah Layer Geogrid	Beban Maksimum (kN)	Persentase Kenaikan Terhadap ANC (%)
ANC	0	41,41	-
A1-1L	1	64,26	55,17
A2-2L	2	76,49	84,70

**Tabel 3.** Perbandingan Defleksi Maksimum ( $\Delta u$ ) dengan Defleksi Saat Beban Maksimum ( $\Delta y$ )

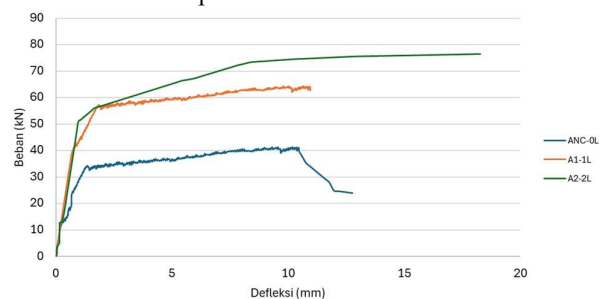
Spesimen Kolom	Defleksi Saat Beban Maksimum (mm)	Defleksi Maksimum (mm)	Daktilitas ( $\mu$ )
ANC	10,1	11,5	1,14
A1-1L	7,1	11,5	1,62
A2-2L	7,6	14,7	1,93

Berdasarkan **Tabel 3** terdapat peningkatan daktilitas sekitar 35% lebih tinggi pada kolom A1-1L dibandingkan ANC, dan 69% lebih tinggi pada kolom A2-2L dibandingkan

ANC. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin banyak lapisan geogrid yang digunakan sebagai pengekang, semakin tinggi pula kemampuan kolom dalam mengalami deformasi plastis sebelum mencapai keruntuhan. Efek dari geogrid biaksial sebagai pengekang tambahan bekerja dengan cara membatasi ekspansi lateral beton, sehingga memperlambat kerusakan pada beton maupun tulangan[7].

Kolom yang diberi dua lapisan geogrid (A2-2L) menunjukkan peningkatan kapasitas yang lebih signifikan dibandingkan satu lapisan, yang menunjukkan bahwa semakin banyak lapisan pengekang, semakin baik daya tahan kolom terhadap beban aksial maupun eksentris. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan geogrid sebagai elemen pengekang tambahan mampu meningkatkan efektivitas struktur beton bertulang, khususnya dalam menghadapi gaya tekan eksentris. Secara keseluruhan, penggunaan geogrid biaksial sebagai material pengekang tambahan memberikan solusi yang efektif dalam meningkatkan kapasitas dan daktilitas kolom beton bertulang. Inovasi ini sangat relevan dalam desain elemen struktur yang membutuhkan ketahanan lebih baik terhadap beban aksial maupun lateral, terutama pada proyek-proyek yang memerlukan penggunaan material komposit canggih untuk meningkatkan kinerja struktur secara keseluruhan.

Saat kolom beton bertulang dengan pengekang geogrid biaksial menerima beban eksentris, kolom akan mengalami lendutan lateral, yang akan semakin besar seiring bertambahnya beban yang diberikan. Grafik yang dihasilkan dari uji ini menunjukkan pola garis lurus pada tahap awal, yang mencerminkan perilaku elastis dari kolom. Berdasarkan **Gambar 11**, kurva hubungan antara beban dan defleksi hasil eksperimen menunjukkan bahwa defleksi meningkat seiring dengan bertambahnya pembebanan. Dalam pengujian ini, keruntuhan awal kolom bukan disebabkan oleh tekuk lokal (local buckling) pada tulangan, melainkan oleh kerusakan material akibat luluhnya beton atau tulangan. Dengan kata lain, kolom tidak mengalami kegagalan akibat ketidakstabilan geometri, melainkan karena batas kapasitas material telah tercapai.



**Gambar 11.** Grafik Hubungan Beban dan Defleksi Kolom Pada Pembebanan Eksentrisitas

Hal ini membuktikan bahwa penggunaan geogrid sebagai pengekang tambahan sangat efektif dalam meningkatkan kapasitas beban kolom beton bertulang, baik dari segi kekuatan struktural maupun daktilitasnya.

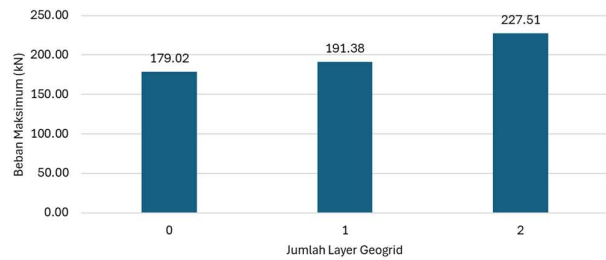
### 3.4 Beban Ultimit pada Pembebanan Konsentris

Penggunaan geogrid biaksial sebagai pengekang tambahan pada kolom persegi beton bertulang terbukti mampu meningkatkan kapasitas beban maksimum yang dapat ditahan oleh kolom tersebut. Berdasarkan hasil uji laboratorium, pada **Tabel 4**, kolom tanpa tambahan pengekang memiliki kapasitas beban maksimum sebesar 179,02 kN. Dengan penambahan satu lapisan geogrid biaksial, kapasitas beban meningkat menjadi 191,38 kN, yang berarti terjadi peningkatan sebesar 6,9% dibandingkan dengan kolom kontrol. Sementara itu, penggunaan dua lapisan geogrid biaksial menghasilkan peningkatan yang lebih signifikan hingga 227,51 kN, yang setara dengan peningkatan sebesar 27,1% dibandingkan dengan kolom tanpa pengekangan tambahan. Hasil ini menunjukkan bahwa keberadaan geogrid biaksial memberikan efek pengekangan lateral yang efektif, sehingga meningkatkan ketahanan kolom dalam menahan beban aksial.

**Tabel 4.** Beban Ultimit Pada Pembebanan Konsentris

Spesimen Kolom	Jumlah Layer Geogrid	Beban Maksimum (kN)	Persentase Kenaikan Terhadap ANC (%)
BNC	0	179,02	-
B1-1L	1	191,38	6,9
B2-2L	2	227,51	27,09

Secara mekanis, penggunaan geogrid biaksial berperan dalam mengurangi deformasi lateral yang disebabkan oleh gaya tekan yang bekerja pada kolom[8]. Geogrid bertindak sebagai elemen pengikat yang membatasi pergerakan agregat dalam beton, sehingga meningkatkan kekakuan dan stabilitas struktur. Dengan semakin banyaknya lapisan geogrid yang diaplikasikan, efek pengekangan yang dihasilkan semakin besar, yang secara langsung berkontribusi pada peningkatan kapasitas beban kolom. Pendekatan ini memberikan solusi alternatif yang efektif dalam memperkuat elemen struktural tanpa harus menambah dimensi penampang kolom, yang sangat bermanfaat terutama dalam kondisi keterbatasan ruang atau kebutuhan efisiensi material. Berikut grafik peningkatan kapasitas maksimum kolom dapat dilihat pada **Gambar 12**.



**Gambar 12.** Grafik Perbandingan Beban Maksimum Antar Kolom Pada Pembebanan Konsentris

Dari hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa penggunaan geogrid biaksial sebagai pengekang tambahan secara signifikan meningkatkan kapasitas tekan kolom beton bertulang. Secara teoritis, hal ini dapat dijelaskan melalui konsep *confinement* atau pengekangan lateral yang membatasi ekspansi lateral akibat gaya tekan, sehingga meningkatkan kapasitas beban aksial elemen struktur. Semakin kuat efek *confinement* yang diberikan oleh geogrid, semakin tinggi pula peningkatan kapasitas beban maksimum yang dapat dicapai. Dengan penerapan metode ini, rekayasa struktur dapat lebih efisien, terutama pada bangunan yang membutuhkan optimasi daya dukung tanpa harus meningkatkan dimensi elemen struktural. Dengan demikian, selain meningkatkan kekuatan struktur, penggunaan geogrid biaksial juga memberikan keuntungan dalam aspek efisiensi konstruksi dan material, menjadikannya solusi yang inovatif dalam bidang teknik sipil.

### 4. Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian terhadap kolom pendek persegi beton bertulang yang diperkuat dengan pengekang tambahan geogrid biaksial, dapat dirumuskan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada pembebanan konsentris, kolom tanpa pengekangan memiliki kapasitas beban sebesar 179,02 kN, dan penambahan satu lapis geogrid meningkatkan kapasitas menjadi 191,38 kN atau sebesar 6,9%, sedangkan dua lapis geogrid meningkatkan kapasitas hingga 227,51 kN atau sebesar 27,1%, yang menunjukkan bahwa geogrid berfungsi sebagai pengekang lateral yang efektif dalam mengurangi deformasi akibat gaya tekan.
2. Pada pembebanan eksentris dengan eksentrisitas sebesar 50 mm, kapasitas beban kolom tanpa pengekangan adalah 41,41 kN, sementara penambahan satu lapis geogrid meningkatkan kapasitas menjadi 64,26 kN atau sebesar 55,2%, dan dua lapis geogrid meningkatkan kapasitas hingga 76,49 kN atau sebesar 84,7%, yang menunjukkan bahwa efek geogrid lebih signifikan pada pembebanan

eksentris karena membantu menahan deformasi akibat momen lentur.

3. Perbandingan efektivitas menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas beban lebih besar terjadi pada pembebanan eksentris, sehingga dapat disimpulkan bahwa pengekangan lateral menggunakan geogrid lebih efektif saat kolom mengalami momen lentur.
4. Secara keseluruhan, penggunaan geogrid biaksial terbukti efektif dalam meningkatkan kinerja struktural dengan membatasi ekspansi lateral beton dan meningkatkan kapasitas beban kolom tanpa perlu menambah dimensi, sejalan dengan konsep confinement effect yang meningkatkan daya dukung material terhadap gaya tekan.
5. Selain meningkatkan kekuatan tekan, penggunaan geogrid biaksial juga terbukti mampu meningkatkan daktilitas kolom, sebagaimana ditunjukkan oleh peningkatan rasio daktilitas dari  $\pm 1,14$  pada kolom tanpa geogrid menjadi  $\pm 1,62$  pada kolom dengan satu lapis geogrid, dan hingga  $\pm 1,93$  pada kolom dengan dua lapis geogrid. Hal ini menunjukkan bahwa kolom dengan geogrid mampu mengalami deformasi plastis yang lebih besar sebelum keruntuhan, menjadikannya lebih aman dan andal dalam menghadapi beban ekstrem, terutama pada struktur yang dirancang untuk kondisi gempa atau gaya lateral lainnya.

#### Daftar Pustaka

- [1] A. E. R. Fares, H. Hassan, and M. Arab, "Flexural behavior of high strength self-compacted concrete slabs containing treated and untreated geogrid reinforcement," *Fibers*, vol. 8, no. 4, Apr. 2020, doi: 10.3390/fib8040023.
- [2] A. Al-Hedad and M. Hadi, "Effect of geogrid reinforcement on the flexural behaviour of concrete pavements," *Road Materials and Pavement Design*, vol. 20, pp. 1–21, Feb. 2018, doi: 10.1080/14680629.2018.1428217.
- [3] H. Zhang and M. N. S. Hadi, "Geogrid-confined pervious geopolymer concrete piles with FRP-PVC-confined concrete core: Concept and behaviour," *Constr Build Mater*, vol. 211, pp. 12–25, Jun. 2019, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2019.03.231.
- [4] X. Tang, I. Higgins, and M. N. Jilati, "Behavior of geogrid-reinforced Portland cement concrete under static flexural loading," *Infrastructures (Basel)*, vol. 3, no. 4, 2018, doi: 10.3390/infrastructures3040041.
- [5] Z. Al Basiouni Al Masri, A. Daou, R. Haj Chhade, and G. Chehab, "Experimental and Numerical Assessment of the Behavior of Geogrid-Reinforced Concrete and Its Application in Concrete Overlays," *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 30, no. 12, Dec. 2018, doi: 10.1061/(asce)mt.1943-5533.0002542.
- [6] A. Daou, G. Chehab, G. Saad, and B. Hamad, "Experimental and numerical investigations of reinforced concrete columns confined internally with biaxial geogrids," *Constr Build Mater*, vol. 263, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.120115.
- [7] S. S. Kakade, V. Rawale, A. Bari, P. Khade, and N. Zope, "Experimental Studies And Response Of Geogrid In Concrete Structures," *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2022, [Online]. Available: [www.irjet.net](http://www.irjet.net)
- [8] K. R. Kumar, T. J. Vijay, A. Bahrami, and G. Ravindran, "Structural Behavior of Concrete Beams Reinforced with Biaxial Geogrid," *Buildings*, vol. 13, no. 5, May 2023, doi: 10.3390/buildings13051124.