

ANALISIS MOMEN NOMINAL ULTIMIT TIANG BOR UNTUK DIGUNAKAN PADA PERHITUNGAN METODE BROMS

Reynard Julio Widjaja¹ dan Gregorius Sandjaja Sentosa²

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
reynard.julio7@gmail.com

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
gregoriuss@ft.untar.ac.id

Masuk: 17-01-2020, revisi: 05-05-2020, diterima untuk diterbitkan: 13-05-2020

ABSTRACT

Foundation is the lowest part of construction that is important to bear the burden of the building above it. In this analysis, used the calculation of circle cross section analysis to get the nominal moment that can be hold to bore piled that have a diameter 30 cm to 100 cm, other than that used the different of concrete quality, concrete quality that used in this analysis is 22.5 MPa, 25 MPa, and 30 MPa. The amount of reinforcement used is also different, such as 4 reinforcement, 6 reinforcement and 8 reinforcement. The reduction factor that used is the conservative number which is 0.65. After obtained the value of ultimate moment, used the Broms chart to get the value of Hu and H. From the calculation, the result between 50 kNm to 2244 kNm. Based on the comparison with Pile Foundation from brochure, ultimate moment of the Pile Foundation is stronger than the ultimate moment of the bored pile either 340 kNm for pile foundation and 206 kNm for bored pile.

Keywords: Ultimate Moment; Bored pile; Broms chart; Circle Cross Section.

ABSTRAK

Fondasi merupakan bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang penting untuk memikul beban bangunan di atasnya. Dalam analisis ini digunakan perhitungan analisis penampang lingkaran yang berguna untuk mencari momen nominal yang dapat ditahan oleh tiang bor yang memiliki diameter 30 cm sampai 100 cm, selain itu digunakan juga mutu beton yang berbeda, mutu beton yang dipakai dalam analisis ini adalah mutu beton fc' 22.5 MPa, fc' 25 MPa, dan fc' 30 MPa. Jumlah tulangan yang dipakai pun juga berbeda yaitu 4 tulangan, 6 tulangan dan 8 tulangan. Untuk faktor reduksi kekuatan sendiri angka yang diambil adalah angka yang konservatif yaitu 0.65 agar lebih aman. Dari hasil perhitungan, momen ultimit diperoleh antara 50 kNm sampai 2244 kNm. Setelah didapat nilai momen ultimit, momen dimasukkan ke dalam grafik Broms agar mendapatkan nilai Hu dan Hijin. Berdasarkan hasil perbandingan dengan tiang pancang yang didapat dari brosur, momen ultimit tiang pancang lebih kuat daripada momen ultimit dari tiang bor dengan momen 340 kNm untuk tiang pancang dan 206 kNm untuk tiang bor.

Kata Kunci: Momen Ultimit; Tiang bor; Grafik Broms; Analisis Penampang Lingkaran.

1. PENDAHULUAN

Fondasi merupakan tahap awal dalam membangun sebuah bangunan. Fondasi berasal dari kata foundation, dalam bahasa keseharian masyarakat Indonesia pada umumnya menggunakan kata fondasi atau lebih sering disebut pondasi. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (2008:414) yang menyatakan bahwa fondasi merupakan dasar bangunan yang kuat dan biasanya terletak di bawah permukaan tanah tempat bangunan didirikan. Fondasi tiang bor berinteraksi dengan tanah untuk menghasilkan daya dukung yang mampu memikul dan memberikan keamanan pada struktur atas. Untuk menghasilkan daya dukung yang akurat maka diperlukan suatu penyelidikan tanah yang akurat juga, selain itu juga harus menghitung nilai momen ultimit yang terjadi dengan metode analisa penampang. Analisis penampang terhadap lentur dimaksudkan untuk menghitung kapasitas momen nominal penampang beton bertulang. Analisis dilakukan dengan pendekatan blok tegangan persegi ekivalen, dengan distribusi tegangan tekan beton dan regangan beton diasumsikan berbentuk persegi (Ridwan, 2012). Analisis penampang bertujuan untuk mengetahui kapasitas penampang (momen nominal), dengan demikian harus diberikan data mengenai dimensi penampang dan tulangannya. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan nilai momen ultimit yang didapat dari penampang lingkaran, selain itu membuat grafik diagram yang didapat dari hasil perhitungan dan memudahkan orang untuk mendapat momen ultimit penampang tiang bor.

Fondasi tiang bor

Fondasi tiang bor adalah fondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah lebih dahulu (Hardiyatmo, 2010). Pemasangan fondasi tiang bor ke dalam tanah dilakukan dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, yang kemudian diisi tulangan yang telah dirangkai dan dicor beton. Apabila tanah mengandung air, maka dibutuhkan pipa besi atau yang biasa disebut dengan *temporary casing* untuk menahan dinding lubang agar tidak terjadi kelongsoran, dan pipa ini akan dikeluarkan pada waktu pengecoran beton.

Analisis penampang

Dalam praktik, sistem tulangan tunggal hampir tidak pernah dimanfaatkan untuk balok, karena pemasangan batang tulangan tambahan di daerah tekan akan mempermudah pengaitan Sengkang (Wahyudi & Rahim, 1997). Tujuan tulangan tekan ini diperlukan untuk:

1. Meningkatkan momen penahanan penampang karena dimensi penampang yang terbatas.
2. Meningkatkan kapasitas rotasi penampang yang berkaitan dengan peningkatkan daktilitas penampang.
3. Meningkatkan kekakuan penampang, sehingga dapat mengurangi lendutan pada struktur.
4. Dapat mengantisipasi kemungkinan adanya momen yang berubah tanda.

Momen nominal penampang persegi

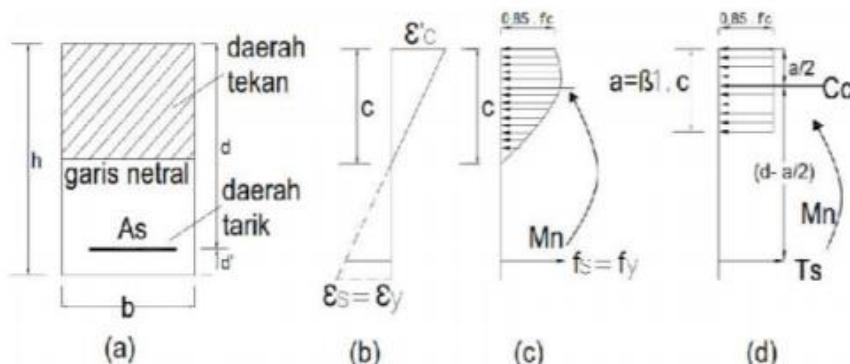
Dalam proses desain suatu balok beton bertulang dengan metode kekuatan (*Strength Design Method*) atau yang dikenal pula dengan metode ultimit, mengambil beberapa asumsi sebagai berikut:

1. Regangan yang terjadi pada beton dan tulangan baja adalah sama.
2. Regangan yang terjadi pada beton berbanding lurus terhadap jaraknya ke sumbu netral penampang.
3. Modulus Elastisitas, $E_s = 200.000 \text{ MPa}$, dan tegangan yang timbul pada tulangan baja dalam daerah elastis sama dengan nilai regangan dikalikan dengan E_s .
4. Penampang datar akan tetap datar setelah terjadi lentur.
5. Kuat tarik dari beton diabaikan.
6. Pada kondisi keruntuhan regangan maksimum yang terjadi pada serat tekan beton terluar, besarnya adalah sama dengan $E_{cu} = 0,003$.
7. Untuk perhitungan kuat rencana, bentuk dari distribusi tegangan tekan beton diasumsikan berupa persegi empat, sesuai dengan asumsi dalam SNI 2847:2013 pasal 10.2.

Kuat nominal dari suatu komponen struktur (baik yang memiliki lentur, beban aksial, geser maupun puntir), yang dihitung berdasarkan kaidah-kaidah yang berlaku, harus dikalikan dengan suatu faktor reduksi yang besarnya kurang dari satu. Dalam SNI 2847:2013, pasal 9.3 digunakan beberapa nilai faktor reduksi kekuatan, ϕ , sebagai berikut:

- untuk penampang dominan tarik $\phi = 0,90$.
- untuk penampang dominan tekan dengan tulangan spiral $\phi = 0,75$ tulangan non-spiral $\phi = 0,65$.
- untuk geser dan puntir $\phi = 0,75$.
- untuk tumpu pada beton $\phi = 0,65$.

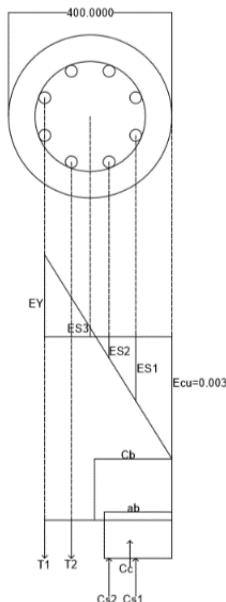
Menurut SNI 2847:2013, luas pada tulangan struktur komponen tekan tidak boleh kurang dari $0,01 A_g$ atau lebih dari $0,08 A_g$. Penampang Tulangan Tunggal pada Balok Persegi suatu balok dinyatakan bertulangan tunggal jika pada penampang beton bertulang tersebut hanya diperhitungkan terpasang baja tulangan pada satu sisi saja, yaitu pada bagian serat yang menerima gaya tarik seperti yang ditunjukkan pada gambar 1:



Gambar 1. Distribusi tegangan dan regangan pada penampang balok (a) Penampang Melintang Balok; (b) Distribusi Regangan; (c) Distribusi Tegangan; (d) Distribusi Tegangan Tekan Persegi Ekuivalen
(Sumber: Disain Beton Bertulang Jilid 1, Chu Kia Wang)

Momen nominal penampang lingkaran

Berikut merupakan cara perhitungan untuk Analisis Penampang Lingkaran:



Gambar 2. Analisis Penampang Lingkaran (Sumber: Setiawan, 2017)

Berikut uraian cara perhitungan yang diambil dari buku Agus setiawan . 2017:

1. Karena tulangan memanjang disusun secara simetris terhadap sumbu A-A melalui pusat lingkaran, maka pusat berat plastis pun terletak pada sumbu tersebut.
2. Tentukan lokasi sumbu netral

$$\frac{Cb}{d} = \frac{0.003}{0.003+Ey} = \frac{600}{600+fy} \quad (1)$$

$$ab = 0.85 (Cb) \quad (2)$$

3. Hitung properti segmen lingkaran

$$\text{Luas segmen} = r^2(\alpha - \sin\alpha \cos\alpha) \quad (3)$$

Lokasi titik berat X dari pusat lingkaran:

$$X = \frac{2}{3} \frac{r \sin^3 \alpha}{\alpha - \sin \alpha \cos \alpha} \quad (4)$$

$$r \cos \alpha = r - \alpha \quad \text{atau} \quad \cos \alpha = \left(1 - \frac{a}{r}\right)$$

$$Z = r - X \quad (5)$$

4. Hitung gaya tekan Cc:

$$Cc = 0.85fc' \times \text{luas segmen lingkaran} \quad (6)$$

Hitung regangan, tegangan dan gaya pada tulangan tarik dan tekan. Regangan pada tulangan dihitung dengan menggunakan diagram regangan.

Untuk T1:

$$E = Ey = \frac{fy}{Es} \quad (7)$$

$$T1 = 2 (As) (fy) \quad (8)$$

Untuk T2:

$$Es3 = \frac{S2 + (S2 - S3)}{(d - cb)} \times Ey \quad (9)$$

$$fs3 = Es3 \times E \quad (10)$$

$$T2 = fs3 \times 2 (As) \quad (11)$$

Untuk Cs1:

$$Es1 = \frac{S4}{Cb} Ecu \quad (12)$$

$$fs1 = Es1 \times E \quad (13)$$

$$Cs1 = 2 (As) (fs1 - 0.85 (fc')) \quad (14)$$

Untuk Cs2:

$$Es2 = \frac{S3}{Cb} Ecu \quad (15)$$

$$fs2 = Es2 \times Es \quad (16)$$

$$Cs2 = 2 (As) (fs2 - 0.85 (fc')) \quad (17)$$

Tegangan pada tulangan tekan dikurangi sebesar 0.85 fc untuk memperhitungkan bagian beton yang ditempati oleh tulangan baja

5. Gaya tekan pada kondisi seimbang, Pb dihitung sebagai berikut:

$$Pb = Cc + \sum Cs - \sum T \quad (18)$$

Untuk penampang dalam kondisi seimbang, E1 = 0.002, dan $\theta = 0.65$, sehingga:

$$\theta Pb = 0.65 (Pb) \quad (19)$$

6. Hitung jumlahan momen terhadap pusat berat plastis (sumbu A-A), untuk mendapatkan nilai Mb, maka:

$$Mb = Cc \cdot X + Cs1 \times S1 + Cs2 \times S2 + T1 \times S1 + T2 \times S2 \quad (20)$$

$$\theta Mb = 0.65 (Mb) \quad (21)$$

7. Tentukan nilai eksentrisitas pada kondisi seimbang:

$$Eb = \frac{Mb}{Pb} \quad (22)$$

8. Perhatikan bahwa nilai θ dapat ditingkatkan menjadi 0.75 apabila sengkang yang dipakai adalah sengkang spiral.

Cara analisis penampang kolom, dilakukan dengan menerapkan prinsip – prinsip kesetimbangan gaya pada ilmu statika. Untuk keperluan desain awal terdapat diagram – diagram atau tabel yang dapat digunakan untuk menentukan ukuran atau kebutuhan tulangan yang diperlukan untuk memikul beban Pu dan momen Mu. Gambar 3 menunjukkan contoh diagram interaksi yang dapat digunakan untuk keperluan desain kolom, diagram ini dihasilkan oleh ACI.

Untuk persamaan dalam pendekatan empiris dalam mencari dimensi penampang kolom bulat, baik hancur tekan maupun tarik (Dipohusodo, 1993).

-Persamaan untuk penampang bulat dengan hancur tarik menentukan:

$$Pn = 0.85fc' h^2 \left(\sqrt{\frac{0.85eb}{h} - 0.38}^2 + \frac{\rho g m Ds}{2.5h} \right) - \left(\frac{0.85eb}{h} - 0.38 \right) \quad (23)$$

-Persamaan untuk penampang bulat dengan hancur tekan menentukan:

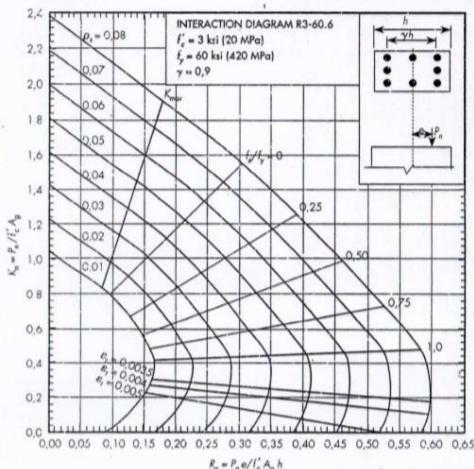
$$Pn = \frac{As.fy}{\frac{3e}{Ds} + 1.0} + \frac{Ag.fc'}{\frac{9.6e}{(0.8h + 0.67Ds)^2 + 1.18}} \quad (24)$$

dengan h = diameter penampang , Ds = diameter lingkaran tulangan terjauh dari sumbu , e = eksentrisitas terhadap pusat plastis penampang ,

$$\rho g = \frac{Ast}{Ag}. \quad (25)$$

dengan Ast = luas penampang total, Ag = luas penampang bruto

Metode Broms (Tomlinson, 1984) dapat digunakan untuk menghitung tahanan maksimum akibat gaya lateral baik rigid piles maupun long piles yang berada pada lapisan tanah homogen dan murni berupa tanah kohesif atau granuler.



Gambar 3. Diagram interaksi kolom persegi untuk $f'_c = 27.5 \text{ Mpa}$, $f_y = 420 \text{ Mpa}$, dan $\gamma = 0.9$
(Sumber: ACI Design Handbook, Vol. 2, Columns.)

2. METODOLOGI PENELITIAN

Berikut metodologi dan diagram alir dalam penyusunan:

1. Perhitungan Analisa Penampang

Perhitungan Analisa penampang dengan menggunakan analisis penampang lingkaran yang bertujuan untuk mendapatkan nilai momen nominal ultimit untuk tiang bor.

2. Mutu beton yang berbeda

Mendapatkan nilai momen nominal dari mutu yang berbeda yaitu f'_c 20Mpa, 25Mpa dan 30 Mpa.

3. Perhitungan dengan aplikasi

Aplikasi yang dipakai di computer untuk membantu mencari nilai momen nominal dari penampang.

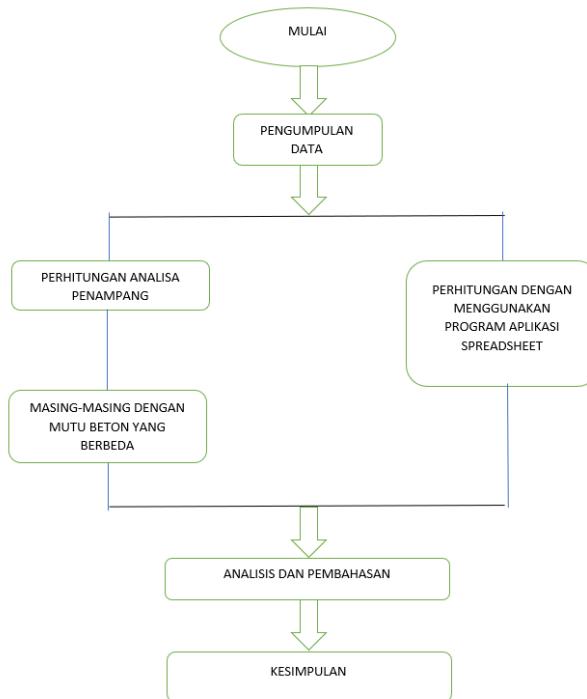
4. Analisis dan Pembahasan

Hasil dari perhitungan akan disajikan dalam bentuk grafik, untuk mengetahui nilai momen nominal.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dibuat kesimpulan

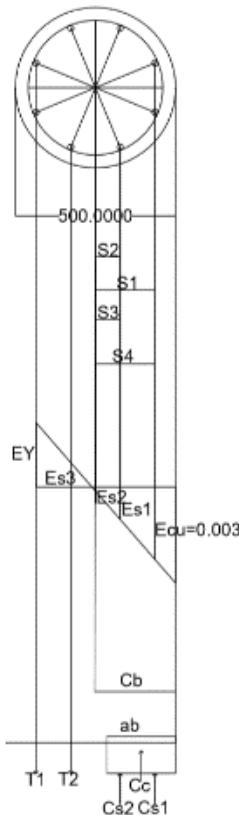
Berikut merupakan diagram alir:



Gambar 4. Diagram alir metode penelitian

3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis terhadap momen nominal dan ultimit penampang tiang bor diameter 500 mm dan fc' 22.5 dengan uraian sebagai berikut:



Gambar 5. Analisa penampang lingkaran fc' 22.5 Mpa, diameter 500 mm

$$S = 185 \text{ mm}$$

$$S1 = 185.2378 \text{ mm}$$

$$S2 = 76.7280 \text{ mm}$$

$$d = 250 + S1 = 435.2378 \text{ mm}$$

$$S3 = 85.6881 \text{ mm}$$

$$S4 = 194.4765 \text{ mm}$$

1. Tentukan lokasi sumbu netral

$$d = 435.2578 \text{ mm}$$

$$\frac{cb}{d} = \frac{0.003}{0.003+E_y} = \frac{600}{600+f_y}$$

$$cb = \frac{600}{600+400} (435.2378) = 261.14268 \text{ mm}$$

$$ab = 0.85 (261.14268) = 221.971278 \text{ mm}$$

2. Hitung Luas segmen lingkaran

$$\text{Luas segmen} = r^2(\alpha - \sin\alpha \cos\alpha)$$

Lokasi titik berat X dari pusat lingkaran:

$$X = \frac{2}{3} \frac{r \sin^3 \alpha}{\alpha - \sin \alpha \cos \alpha}$$

$$r \cos \alpha = r - \alpha \quad \text{atau} \quad \cos \alpha = \left(1 - \frac{\alpha}{r}\right)$$

$$\cos \alpha = \left(1 - \frac{221.971278}{250}\right) = 0.112330888$$

$$\text{Maka } \alpha = 83.55030144 = 1.45822781 \text{ rad}$$

$$\sin \alpha = 0.993685$$

$$\begin{aligned} \text{Luas segmen} &= 250^2 (1.45822781 - 0.993685 (0.112330888)) \\ &= 84162.89322 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$X = \frac{2}{3} \frac{250 (0.993685)^3}{(1.45822781 - (0.993685 \times 0.112330888))} = 121.4221017 \text{ mm}$$

$$Z = r - X = 250 - 121.4221017 = 128.5778983 \text{ mm}$$

3. Hitung gaya tekan Cc:

$$Cc = 0.85fc \times \text{luas segmen lingkaran}$$

$$= 0.85 (22.5) (84162.89322) = 1609615.333 \text{ N}$$

Gaya ini bekerja sejauh 121.4221017 mm dari pusat lingkaran.

Hitung regangan, tegangan dan gaya pada tulangan tarik dan tekan. Regangan pada tulangan dihitung dengan menggunakan diagram regangan.

Untuk T1:

$$E = E_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0.002$$

$$f_s = f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$T_1 = 2 (283.8257) (500) = 226822.99 \text{ N}$$

Untuk T2:

$$E_s 3 = \frac{67.7679}{171.0951} E_y = \frac{67.7679}{171.0951} (0.002) = 0.000779$$

$$f_s 3 = 0.000779 \times 200000 = 155.8 \text{ Mpa}$$

$$T_2 = 155.8 \times 2 (283.5287) = 88347.54292 \text{ N}$$

Untuk Cs1:

$$E_s 1 = \frac{s_4}{c_b} E_{cu} = \frac{194.4765}{261.1427} (0.003) = 0.002234$$

$$f_s 1 = 0.002234 \times 200000 = 446.8 \text{ Mpa}$$

$$C_1 = 2 (283.5287) (446.8 - 0.85 (22.5)) = 242516.2735 \text{ N}$$

Untuk Cs2:

$$E_s 2 = \frac{s_3}{c_b} E_{cu} = \frac{83.6881}{261.1427} (0.003) = 0.0009614$$

$$f_s 2 = 0.0009614 \times 200000 = 192.28 \text{ Mpa}$$

$$C_2 = 2 (283.5287) (192.28 - 0.85 (22.5)) = 98188.8241 \text{ N}$$

4. Gaya tekan pada kondisi seimbang, Pb dihitung sebagai berikut:

$$Pb = Cc + \sum Cs - \sum T$$

$$= 1609615.333 + (242516.2735 + 98188.8241) - (226822.99 + 88347.54292)$$

$$= 1635149.898 \text{ N}$$

Untuk penampang dalam kondisi seimbang, $E_1 = 0.002$, dan $\theta = 0.65$, sehingga:

$$\theta Pb = 0.65 (1635149.898) = 1062847.433 \text{ N} = 1062.847433 \text{ kN}$$

5. Hitung jumlahan momen terhadap pusat berat plastis (sumbu A-A), untuk mendapatkan nilai Mb, maka:

$$Mb = Cc \cdot X + Cs_1 \cdot S_1 + Cs_2 \cdot S_2 + T_1 \cdot S_1 + T_2 \cdot S_2$$

$$= 1609615.333 (121.4221017) + 242516.2735 (185.2378) + 98188.8241 (76.7280) + 226822.99 (185.2378) + 88347.54292 (70.7995)$$

$$= 296171043.2 \text{ Nmm}$$

$$\theta Mb = 0.65 (296171043.2) = 192511178.1 \text{ Nmm} = 192.5111781 \text{ kNm}$$

6. Tentukan nilai eksentrisitas pada kondisi seimbang:

$$Eb = \frac{Mb}{Pb} = \frac{296171043.2}{1635149.898} = 181.127763 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan, maka didapatkan:

Tabel 1. Perhitungan momen ultimit, jumlah tulangan 8, f'c 22.5 Mpa

Diameter (mm)	Luas Penampang (mm ²)	0.01 Ag (mm ²)	Luas Tulangan (mm ²)	Mn (kNm)	Mu (kNm)
300	70714.28571	707.1428571	1061.858317	63.7570988	41.442114
400	125714.2857	1257.142857	1608.495439	152.404296	99.062792
500	196428.5714	1964.285714	2268.229896	296.92506	193.00129
600	282857.1429	2828.571429	3041.061689	512.339859	333.02091
700	385000	3850	3926.990817	808.231124	525.35023
800	502857.1429	5028.571429	5284.158843	1233.43738	801.7343
900	636428.5714	6364.285714	6433.981755	1784.66154	1136.63

Tabel 2. Perhitungan momen ultimit, jumlah tulangan 6, f'c 22.5 Mpa

Diameter (mm)	Luas Penampang (mm ²)	0.01 Ag (mm ²)	Luas Tulangan (mm ²)	Mn (kNm)	Mu (kNm)
300	70714.28571	707.1429	1206.371579	75.3238501	48.9605
400	125714.2857	1257.143	1701.172422	174.165009	113.2073
500	196428.5714	1964.286	2280.796267	331.491357	215.4694
600	282857.1429	2828.571	2945.243113	562.776633	365.8048
700	385000	3850	3963.119133	901.825569	586.1866

Tabel 3. Perhitungan momen ultimit, jumlah tulangan 4, f'c 22.5 Mpa

Diameter (mm)	Luas Penampang (mm ²)	0.01 Ag (mm ²)	Luas Tulangan (mm ²)	Mn (kNm)	Mu (kNm)
300	70714.28571	707.1429	1206.371579	89.28372	58.03442
400	125714.2857	1257.143	1701.172422	199.6561	129.7765
500	196428.5714	1964.286	2280.796267	371.1161	241.2255
600	282857.1429	2828.571	2945.243113	640.0415	416.027
700	385000	3850	3963.119133	981.1209	637.7286

Tabel 4. Perhitungan momen ultimit, jumlah tulangan 8, f'c 25 Mpa

Diameter (mm)	Luas Penampang (mm ²)	0.01 Ag (mm ²)	Luas Tulangan (mm ²)	Mn (kNm)	Mu (kNm)
300	70714.28571	707.1428571	1061.858317	68.268409	44.37446583
400	125714.2857	1257.142857	1608.495439	163.273437	106.127734
500	196428.5714	1964.285714	2268.229896	318.328768	206.9136995
600	282857.1429	2828.571429	3041.061689	549.504192	357.177725
700	385000	3850	3926.990817	867.13286	563.6363588
800	502857.1429	5028.571429	5284.158843	1321.76123	859.1447997
900	636428.5714	6364.285714	6433.981755	1874.8369	1218.643983

Tabel 5. Perhitungan momen ultimit, jumlah tulangan 6, f'c 25 Mpa

Diameter (mm)	Luas Penampang (mm ²)	0.01 Ag (mm ²)	Luas Tulangan (mm ²)	Mn (kNm)	Mu (kNm)
300	70714.28571	707.1429	1206.371579	79.79589	51.86733
400	125714.2857	1257.143	1701.172422	184.9645	120.227
500	196428.5714	1964.286	2280.796267	352.7875	229.3119
600	282857.1429	2828.571	2945.243113	599.7878	389.8621
700	385000	3850	3963.119133	960.4471	624.2906

Tabel 6. Perhitungan momen ultimit, jumlah tulangan 4, f'c 25 Mpa

Diameter (mm)	Luas Penampang (mm ²)	0.01 Ag (mm ²)	Luas Tulangan (mm ²)	Mn (kNm)	Mu (kNm)
300	70714.28571	707.1429	1206.371579	93.70837	60.91044
400	125714.2857	1257.143	1701.172422	210.3741	136.7432
500	196428.5714	1964.286	2280.796267	392.289	254.9878
600	282857.1429	2828.571	2945.243113	676.8181	439.9318
700	385000	3850	3963.119133	1039.505	675.6782

Tabel 7. Perhitungan momen ultimit, jumlah tulangan 8, f'_c 30 Mpa

Diameter (mm)	Luas Penampang (mm^2)	0.01 Ag (mm^2)	Luas Tulangan (mm^2)	Mn (kNm)	Mu (kNm)
300	70714.28571	707.142857	1061.858317	77.3064299	50.24917943
400	125714.2857	1257.14286	1608.495439	185.045979	120.2798863
500	196428.5714	1964.28571	2268.229896	361.1999123	234.779943
600	282857.1429	2828.57143	3041.061689	623.9389677	405.560329
700	385000	3850	3926.990817	985.1000399	640.3150259
800	502857.1429	5028.57143	5284.158843	1498.664767	974.1320985
900	636428.5714	6364.28571	6433.981755	2127.542593	1382.902686

Tabel 8. Perhitungan momen ultimit, jumlah tulangan 6, f'_c 30 Mpa

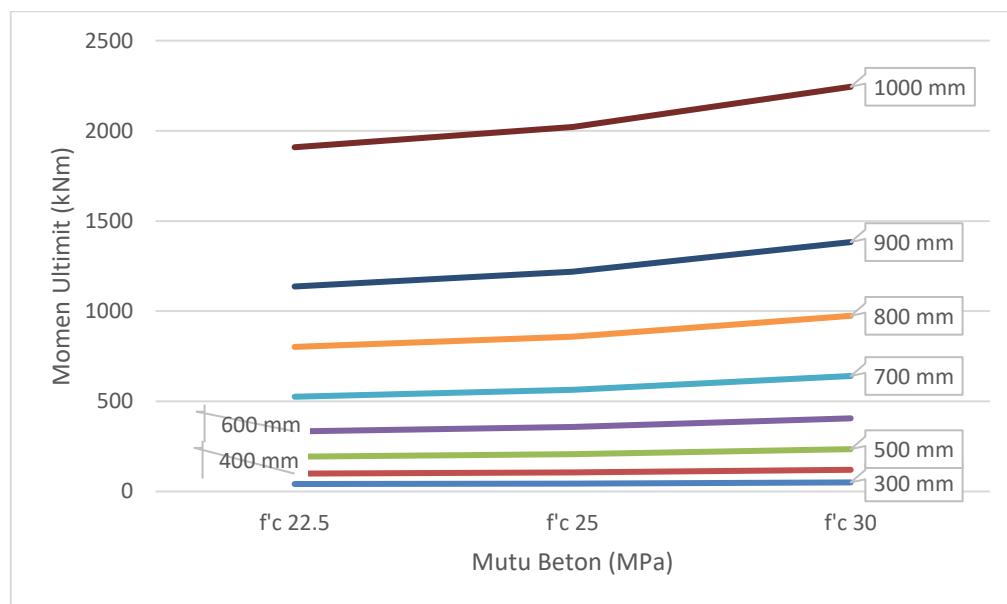
Diameter (mm)	Luas Penampang (mm^2)	0.01 Ag (mm^2)	Luas Tulangan (mm^2)	Mn (kNm)	Mu (kNm)
300	70714.28571	707.1429	1206.371579	88.7633	57.69614
400	125714.2857	1257.143	1701.172422	206.6119	134.2978
500	196428.5714	1964.286	2280.796267	395.4653	257.0524
600	282857.1429	2828.571	2945.243113	673.9473	438.0657
700	385000	3850	3963.119133	1077.91	700.6417

Tabel 9 Perhitungan Momen Ultimit, Jumlah Tulangan 4, f'_c 30 Mpa

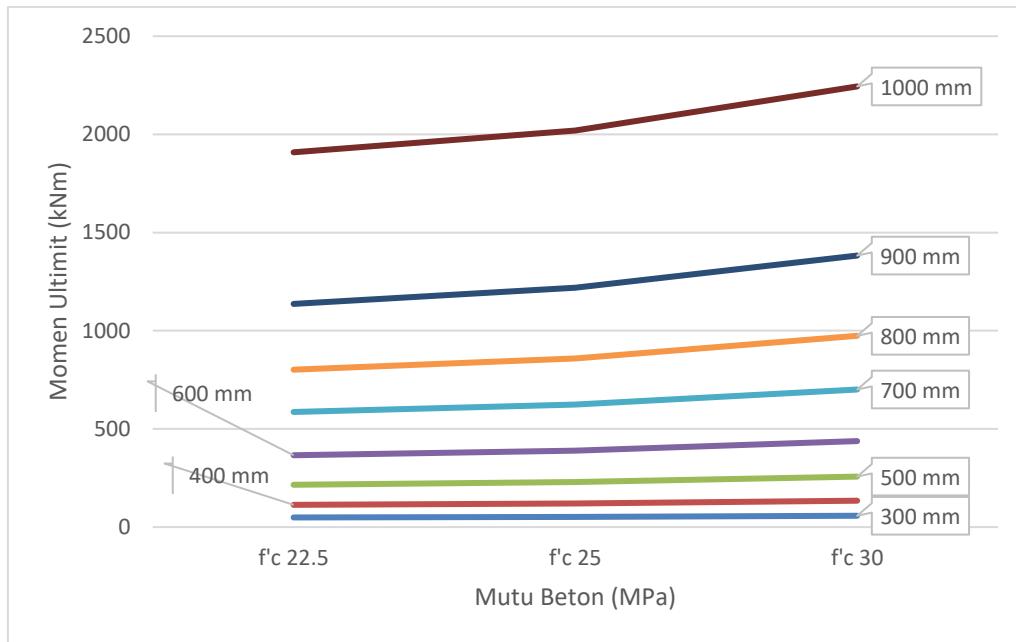
Diameter (mm)	Luas Penampang (mm^2)	0.01 Ag (mm^2)	Luas Tulangan (mm^2)	Mn (kNm)	Mu (kNm)
300	70714.28571	707.1429	1206.371579	102.5906	66.68386
400	125714.2857	1257.143	1701.172422	231.8749	150.7187
500	196428.5714	1964.286	2280.796267	434.745	282.5843
600	282857.1429	2828.571	2945.243113	750.5558	487.8613
700	385000	3850	3963.119133	1156.541	751.7518

Grafik analisa penampang

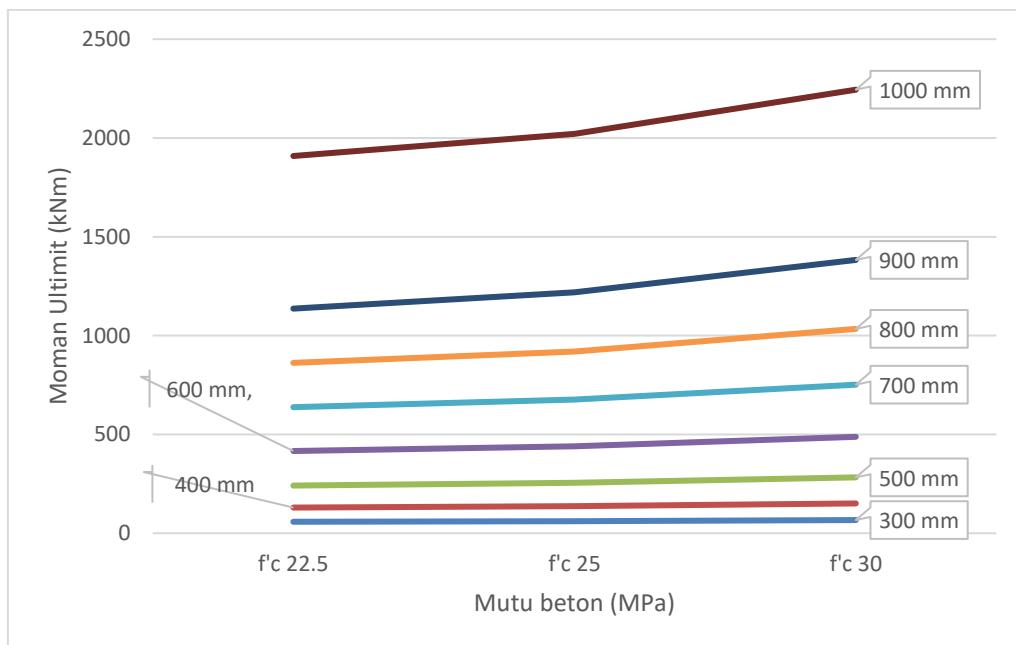
Dari hasil perhitungan Analisa penampang, maka bisa didapatkan grafik yang menunjukkan momen ultimit yang dapat ditahan oleh tiang bor yang memiliki berbagai macam diameter.



Gambar 6. Perbandingan nilai Mu dengan mutu beton tulangan 8



Gambar 7. Perbandingan nilai Mu dengan mutu beton tulangan 6



Gambar 8. Perbandingan nilai Mu dengan mutu beton tulangan 4

Dari hasil grafik, diketahui bahwa dengan menggunakan mutu beton yang berbeda, maka nilai momen ultimit yang didapatkan pun juga berbeda, mutu beton 30 Mpa mempunyai nilai momen ultimit yang lebih besar jika dibandingkan dengan mutu beton lainnya. Selain itu dengan menggunakan tulangan yang berjumlah 8, rasio kenaikannya akan lebih konstan berkisar antara 21%, jika dibandingkan dengan jumlah tulangan lainnya. Kekuatan momen tiang bor lebih kecil dibandingkan dengan tiang pancang, karena tiang pancang dengan ukuran diameter yang sama dan jumlah tulangan yang sama, momen ultimitnya jauh lebih besar.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Kenaikan rasio kekuatan momen ultimit sebesar 21% untuk jumlah tulangan 8, dimana kenaikannya sangat konstan, sedangkan untuk jumlah tulangan 6 kenaikannya berkisar antara 17%-21%, begitu juga untuk jumlah tulangan 4, kenaikannya hanya berkisar antar 14%-17%.
2. Dari hasil perbandingan dengan tiang pancang yang didapat dari brosur dengan memiliki diameter sama (500 mm), kekuatan tiang pancang lebih kuat daripada kekutan tiang bor.
3. Tiang bor yang memiliki jumlah tulangan 8 lebih kuat, karena selain bisa menahan beban besar, kenaikan kekuatan juga konstan yaitu 21%, sehingga tidak susah untuk mencari diameter tulangan yang akan dipakai.
4. Dengan diameter 300 mm dan 400 mm serta mutu beton 22.5 Mpa, 25 Mpa, dan 30 Mpa, kenaikan kekuatan tidak jauh berbeda.
5. Momen Nominal Penampang yang bekerja cukup besar dibandingkan momen kerja yang terjadi akibat beban ijin, sehingga penampang aman.

Saran

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, saran yang dapat disampaikan yaitu sebaiknya dilakukan penelitian yang lebih mendetail, karena dalam skripsi ini hanya menghitung analisa penampang lingkar saja.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 340. *ACI Design Handbook: Design of Structural Reinforced Concrete Elements in Accordance with the Strength Design Method of ACI 318 – 95*. Publication SP – 17, 1997.
- Badan Standardisasi Nasional. *SNI 2847-2013: Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Badan Standardisasi Nasional, 2013.
- Dipohusodo, I. *Struktur Beton Bertulang*. Gramedia Pustaka Utama, 1999.
- Hardiyatmo, Harry Christady. *Analisis dan Perancangan Fondasi*. Vol.1, Gadjah Mada University Press, 2010.
- Kamus Besar Bahasa Indonesia, 2008.
- Ridwan, M. *Buku Ajar Struktur Beton Bertulang I dan II*. Institut Teknologi Padang, 2012.
- Setiawan, Agus. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*. Erlangga, 2017.
- Tomlinson M.J. *Pile Design and Construction Practice*. 4th Ed., E & FN Spon, 1984.
- Wahyudi, L. dan Syahril A. Rahim. *Struktur Beton Bertulang (Standar Baru SNI T-15-1991-03)*. Gramedia Pustaka Utama, 1997.
- Wang, Chu-Kia. *Disain Beton Bertulang*. Jilid 1, Erlangga, 1987.

