

Pengaruh Mutu Beton terhadap Momen Nominal Balok Beton Pasca 28 Hari pada Stasiun Pengendali Operasi PT. Pertamina Gas

Bilson¹, Petrus Haryanto Wibowo²

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Internasional Batam

Email korespondensi: petrus.haryanto@uib.ac.id

INFO ARTIKEL	ABSTRAK
<p>Kata kunci :</p> <p>Balok, Kuantitatif, Momen Nominal, Mutu beton, Struktur Beton Bertulang</p>	<p>Beton bertulang adalah struktur beton yang memiliki tulangan berupa baja tulangan. Kuatnya beton bertulang bergantung beberapa faktor, salah satunya adalah mutu beton. Tetapi selalu kondisi mutu beton aktual berbeda dengan mutu beton perencanaan awal sehingga diperlukannya pengujian mutu beton. Di dalam penelitian ini, akan dilakukan analisa pengaruh mutu beton terhadap momen nominal balok yang ada di Stasiun Pengendali Operasi (SPO) milik PT. Pertamina gas. Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif komparatif dimana hasil penelitian ini berupa perbandingan nilai momen nominal balok proyek SPO pada mutu beton aktual dibanding dengan mutu beton perencanaan awal dengan konfigurasi tulangan baja yang sama. Mutu beton perencanaan awal yang digunakan adalah mutu K-300 pada hari ke 28 begitu juga dengan mutu beton lapangan yang didapat di dokumen PMRK-EPC-00-QAC-NOI-708. Dari hasil penelitian ini mutu beton rencana ($f_c' = 24,9$ MPa) menghasilkan momen nominal sebesar 166,432 kNm dengan nilai a sebesar 88,651 mm dan mutu beton aktual ($f_c' = 35,722$ MPa) menghasilkan momen nominal sebesar 174 kNm dengan nilai a sebesar 61,794 mm. Dari hasil penelitian yang, didapat bahwa mutu beton tidak begitu berpengaruh terhadap momen nominal balok. Kenaikan mutu beton sebesar 30,29 % hanya menghasilkan kenaikan momen nominal sebesar 4,349 % dari momen nominal mutu beton perencanaan</p>

ARTICLE INFO	ABSTRACT (<i>Arial Narrow 11, Bold, spasi 1</i>)
<p>Keywords:</p> <p>Dynamic Characteristic, Finite Element Method, Fire's Temperature, Steel Grade, Steel's Structure</p>	<p><i>Reinforced concrete is a concrete structure that has reinforcement in the form of reinforced steel. The strength of reinforced concrete relies on several factors, one of which is the quality of the concrete. However, the actual onsite concrete quality condition is always different from the planned concrete quality, so it is necessary to test the quality of the concrete. In this study, an analysis of the effect of concrete quality on the nominal beam moment will be carried out at the Operational Control Station (SPO) owned by PT. Pertamina gas. The method that will be used in this research is a comparative quantitative method where the results of the research are in the form of comparison of the nominal moment value of a beam at SPO on the onsite concrete quality compared to planned concrete quality. The quality planned concrete used was the K-300 quality on day 28 as well as the onsite concrete quality obtained in the PMRK-EPC-00-QAC-NOI-708 document. From the results of this study, the design concrete quality ($f_c' = 24.9$ MPa) produces a nominal moment of 166,432 kNm with a value of $a = 88,651$ mm and the onsite concrete quality ($f_c' = 35,722$ MPa) produces a nominal moment of 174 kNm with a value of $a = 61,794$ mm. From the results of the study, it was found that the quality of the concrete had a very little effect on the nominal beam moment. an increase in the quality of concrete by 30.29% only resulted in an increase in the nominal moment of 4.349% from the nominal moment of planned concrete quality.</i></p>

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang berperan penting dalam pembangunan. Kelebihan dari beton adalah mudahnya dibentuk sesuai keinginan, memiliki nilai tekan tinggi dan tahan lama dengan perawatan yang sederhana. Beton dapat digunakan sebagai struktur primer sebuah bangunan seperti pondasi, kolom, balok, plat dan dinding geser [1]. Pelaksanaan pekerjaan yang menggunakan beton memerlukan pengawasan dan penanganan yang khusus dalam pengujian *readymix*. Diharapkan dapat terbentuknya beton dengan kekuatan maksimum atas material yang digunakan. Sesuai dengan Prinsip Manajemen Aset Infrastruktur (MAI), infrastruktur ekonomi, efisiensi dan efektif. Tahap penting dalam MAI adalah tahap Pengadaan infrastruktur (Suprayitno & Soemitro 2018). Masalah yang dihadapi pada tahan Pengadaan Infrastruktur adalah masalah sifat dan mutu beton yang bervariasi karena kondisi lapangan

Kuatnya momen nominal tergantung pada mutu beton yang dipakai, sehingga semakin tinggi mutunya maka semakin baik kualitas beton tersebut. Dalam kenyataan di lapangan, mutu beton yang datang dari *Batching plan* terkadang tidak sesuai dengan mutu yang direncanakan. Ini bukanlah hal yang buruk dikarenakan mutu yang keluar dari *batching plan* biasanya melebihi mutu rencana. Pengujian mutu beton dilakukan setiap kali *ready mix* datang untuk mengecek. Hasil yang didapat dari pengujian beton tersebut berupa kuat tekan beton. Maka dari itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui momen nominal dengan mutu beton yang didapat di lapangan. Struktur QC yang digunakan di penelitian ini adalah Stasiun Pengendali Operasi (SPO). SPO yang beralamat di Jalan Wonosobo, kelurahan Talang Mandi, kecamatan Mandau, Kota Duri di provinsi Riau ini merupakan stasiun milik PT. Pertamina Gas yang dibangun oleh kontraktor PT. PGAS Solution. Stasiun ini dibangun untuk menggantikan pipa saluran yang berada di wilayah kerja Rokan yang hampir melebihi umur desain.



Gambar 1 Stasiun Pengendali Operasi PT. Pertamina Gas

Berdasarkan kondisi di atas maka perlu diketahui seberapa jauh pengaruh mutu beton yang dipakai ke balok terhadap momen nominalnya dibanding dengan kekuatan yang mutu beton yang direncanakan, kasus di proyek SPO PT. Pertamina Gas.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Beton

Beton adalah bahan seperti batu yang diperoleh dari campuran semen, pasir, dan kerikil atau agregat kasar lainnya, dan air untuk mengeras bentuk dan dimensi struktur yang diinginkan [2][3]. Sebagian besar bahan terdiri dari agregat halus dan agregat kasar Semen dan air berinteraksi secara kimia untuk mengikat partikel agregat menjadi massa padat. Tambahan air, melebihi dan di atas yang dibutuhkan untuk reaksi kimia ini, diperlukan untuk memberikan campuran kemampuan kerja yang

memungkinkan itu untuk mengisi formulir dan mengelilingi baja tulangan tertanam sebelum pengerasan. Beton dengan berbagai sifat dapat diperoleh dengan penyesuaian yang tepat dari proporsi bahan penyusunnya. Semen khusus (seperti tinggi awal kekuatan semen), agregat khusus (seperti berbagai ringan atau kelas berat agregat), bahan tambahan (seperti plasticizer, bahan penangkap udara, silika bubuk, dan fly ash), dan metode pengawetan khusus (seperti pengawetan uap) memungkinkan variasi yang lebih luas dari properti yang akan diperoleh.

2.2 Beton Bertulang

Beton dimana memiliki sifat utama yang sangat kuat terhadap beban tekan, tetapi juga bersifat mudah patah atau rusak terhadap beban tarik. Dalam menghitung struktur, kuat tarik beton ini biasanya diabaikan. Sedangkan pada baja tulangan dimana memiliki sifat yang kuat terhadap beban tarik maupun beban tekan. Oleh karena itu jika kedua bahan tersebut disatukan menjadi kesatuan secara komposit, akan diperoleh bahan baru yang disebut beton bertulang. Sistem ini membuat sifat seperti bahan penyusunnya, dimana sangat kuat terhadap beban tarik dan beban tekan. Pada beban tarik beton bertulang ditahan oleh baja tulangan, sedangkan beban tekan ditahan oleh beton.

2.3 Hubungan Antara Umur dan Kuat Tekan Beton

Menurut (Darwin et. al, 2021), hal penting yang perlu diketahui berkaitan dengan usia beton dengan kuat tekan beton antara lain sebagai berikut:

1. Pada tahap "*curing*" yang berlangsung selama 7 hari pertama setelah beton berhasil dicetak, campuran beton dapat memperoleh kuat tekan sebanyak 70% dari kuat tekan keseluruhan yang akan dicapai pada umur 28 hari. Selain itu, kuat tekan yang dicapai selama 28 hari bergantung pada tingkat kelembapan dan suhu lingkungan pada tahap tersebut.
2. Sisa kekuatan sebanyak 30% yang akan dicapai selama 21 hari berikutnya dapat berkurang sebagai akibat dari proses pengeringan.
3. Selama beberapa hari pertama, kuat tekan beton dapat mengalami penurunan jika temperatur sekitar diturunkan menjadi 40 °F atau lebih rendah, kecuali beton berada dalam kondisi kelembapan tertentu.
4. Pembekuan beton dapat mengurangi kuat tekan beton setidaknya sebesar 50%.
5. Untuk mencegah terjadinya penurunan kuat tekan, kondisi kelembapan beton harus diperhatikan selama 7 - 14 hari pertama yang merupakan periode "*curing*". Sementara itu, pada beton yang menggunakan smeen tipe III dengan kekuatan awal yang tinggi, periode "*curing*" dapat dikurangi menjadi setengahnya.
6. Hal yang dilakukan selama proses "*curing*" mencakup: penyiraman air, pembuatan kolam sementara, penutupan beton menggunakan plastik, ataupun memaikkan suhu beton pada lingkungan bersuhu rendah.

Tabel 2.1 Hubungan umur dan kuat tekan beton

Umur Beton (hari)	Kuat Tekan Beton (%)
3	40
7	65
14	88
21	95
28	100
90	120
365	135

2.4 Momen Nominal

Momen nominal beton didefinisikan sebagai kekuatan dalam atau disebut juga sebagai gaya internal dari suatu struktur. Pada balok beton tulangan tunggal, momen nominal balok ditentukan dengan rumus sebagai berikut.

$$M_n = A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (1)$$

Keterangan:

M_n = Momen Nominal Balok (Nmm)

A_s = Luas Penampang Total Baja Tulangan pada Potongan Balok (mm^2)

f_y = Mutu Baja Tulangan (MPa)

d = $h - d_s$ = tinggi efektif balok (mm)

α pada persamaan (1) didefinisikan sebagai tinggi balok tegangan beton tekan persegi ekuivalen yang dapat diperoleh dari rumus sebagai berikut.

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \quad (2)$$

Keterangan:

f'_c = Mutu Beton (MPa)

b = Lebar Balok Beton (mm)

3. Metodologi Penelitian

3.1 Profil Proyek

Stasiun pengendali operasi adalah bangunan struktur beton bertulang yang berfungsi untuk memantau dan mengontrol alirnya minyak dari pipa minyak selatan menuju Shipping Pump. Bangunan ini terletak pada Jalan Wonosobo, Duri, Kecamatan Mandau, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau

- a. Nama Proyek : Stasiun Pengendali Operasi
- b. Fungsi : Mengontrol dan memantau aliran minyak
- c. Lokasi : Jln Wonosobo, Duri, Kecamatan Mandau, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau
- d. Jenis Struktur : Beton Bertulang
- e. Pemilik Proyek : PT. Pertamina Gas
- f. Kontraktor : PT. PGAS Solution & PT. Pertamina Patra *Drilling Contractor*

3.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan oleh penulis adalah penelitian kuantitatif komparatif. Penelitian kuantitatif adalah data penelitian yang diperoleh dalam bentuk angka (Sulfemi et al., 2018). Hasil yang didapat dari penelitian ini berupa nilai dari momen nominal balok beton bertulang berdasarkan mutu beton yang berbeda.

3.3 Jenis Data

Jenis data yang digunakan adalah data sekunder, yaitu data penelitian yang diperoleh tidak berhubungan langsung kepada pengumpul data (Sugiyono, 2018:137). Data yang didapat diambil dari sumber seperti jurnal, buku dan buku standar.

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, teknik yang digunakan dalam pengumpulan data adalah wawancara, dokumentasi, serta studi pustaka dan literatur.

a. Wawancara

Wawancara digunakan sebagai Teknik pengumpulan data apabila peneliti ingin melakukan studi pendahuluan untuk menemukan permasalahan yang diteliti Sugiyono (2017,194). Pada penelitian ini, penulis mewawancarai engineer dari PT. PGAS Solution selaku kontraktor dari proyek tersebut.

b. Dokumentasi

Menurut Sugiyono (2018:476) [5] Dokumentasi merupakan salah satu yang digunakan untuk memperoleh data dalam bentuk buku, arsip, dokumen ataupun gambar berupa laporan untuk mendukung penelitian. Pada penelitian ini, penulis memperoleh data penelitian berupa gambar struktural, analisa bangunan, serta spesifikasi pembebanan desain dari PT. PGAS Solution.

c. Studi Pustaka dan Literatur

Menurut Tersiana (2018), studi pustaka merupakan kajian yang diperoleh dari bahan dokumenter tertulis seperti buku teks, jurnal ataupun skripsi. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan teknik studi pustaka untuk memperoleh pengetahuan mengenai aturan yang dipakai dalam pembebanan.

2.1 Metode Analisis Data

Data yang diperoleh dideskripsikan dan dijelaskan yaitu perbandingan momen nominal pada balok dengan mutu beton yang berbeda.

4. Pembahasan**4.1 Perhitungan Momen Nominal balok**

Mutu Beton Rencana ($f'_c = 24,9$ MPa)

Diketahui:

- b: 300 mm
- h: 400 mm
- A_s : 1.406,72 mm²
- f'_c : 24,9 MPa
- f_y : 400 MPa
- d_s : 60 mm
- d: 340 mm

Dari data tersebut, dapat diperoleh nilai a adalah sebagai berikut.

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$a = \frac{1.406,72 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ MPa}}{0,85 \times 24,9 \text{ MPa} \times 300 \text{ mm}}$$

Apabila 1 MPa = 1 N/mm², maka:

$$a = \frac{1.406,72 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 24,9 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}}$$

$$a = \frac{562.888}{0,85 \times (24,9/\text{mm}) \times 300}$$

$$a = \frac{562.888}{6349,5/\text{mm}} \rightarrow a = 562.888 \div \frac{6349,5}{\text{mm}}$$

$$a = 562.888 \times \frac{\text{mm}}{6349,5}$$

$$a \approx 88,651 \text{ mm}$$

Dengan diperoleh nilai a, maka nilai momen nominal balok dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut.

$$M_n = A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 562.888 \text{ N} \left(340 \text{ mm} - \frac{88,651 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_n = 562.888 \text{ N} (340 \text{ mm} - 44,3255 \text{ mm})$$

$$M_n = 562.888 \text{ N}(295,6745 \text{ mm})$$

$$M_n = 166.431.909 \text{ N. mm} \approx 166,432 \text{ kN. m}$$

Mutu Beton Aktual ($f'_c = 35,722 \text{ MPa}$)

Diketahui:

$$b: 300 \text{ mm}$$

$$h: 400 \text{ mm}$$

$$A_s: 1.406,72 \text{ mm}^2$$

$$f'_c: 35,722 \text{ MPa}$$

$$f_y: 400 \text{ MPa}$$

$$d_s: 60 \text{ mm}$$

$$d: 340 \text{ mm}$$

Dari data tersebut, dapat diperoleh nilai a adalah sebagai berikut.

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$a = \frac{1.406,72 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ MPa}}{0,85 \times 35,722 \text{ MPa} \times 300 \text{ mm}}$$

Apabila $1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$, maka :

$$a = \frac{1.406,72 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 35,722 \text{ N/mm}^2 \times 300 \text{ mm}}$$

$$a = \frac{562.888}{0,85 \times (35,722/\text{mm}) \times 300}$$

$$a = \frac{562.888}{9.109,11/\text{mm}} \rightarrow a = 562.888 \div \frac{9.109.11}{\text{mm}}$$

$$a = 562.888 \times \frac{\text{mm}}{9.109,11}$$

$$a \approx 61,794 \text{ mm}$$

Dengan diperoleh nilai a , maka nilai momen nominal balok dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut.

$$M_n = A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 562.888 \text{ N} \left(340 \text{ mm} - \frac{61,794 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_n = 562.888 \text{ N} (340 \text{ mm} - 30,897 \text{ mm}) \quad M_n = 562.888 \text{ N} (309,103 \text{ mm})$$

$$M_n = 173.990.369 \text{ N. mm} \approx 174 \text{ kN. m}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui bahwa terdapat perbedaan pada nilai tinggi balok tegangan beton tekan persegi ekuivalen (α) dan momen nominal, di mana perubahan tersebut beragam seiring dengan perbedaan nilai mutu beton (f'_c) pada rencana dan desain. Pada mutu beton rencana ($f'_c = 24,9 \text{ MPa}$), diperoleh momen nominal sebesar $166,432 \text{ kNm}$ dengan nilai a sebesar $88,651 \text{ mm}$, sedangkan pada mutu beton aktual ($f'_c = 35,722 \text{ MPa}$) diperoleh momen nominal sebesar 174 kNm dengan nilai a sebesar $61,794 \text{ mm}$. Berdasarkan hal tersebut, diketahui bahwa mutu beton aktual yang lebih besar daripada mutu beton rencana dapat memberikan nilai momen nominal yang lebih besar.

Diketahui selisih nilai mutu beton adalah $10,822 \text{ MPa}$, yang artinya mutu beton aktual $30,29 \%$ lebih tinggi dibanding mutu beton rencana, sedangkan selisih nilai momen nominal adalah sebesar $7,568 \text{ kNm}$ yang artinya nilai momen nominal aktual $4,349 \%$ lebih besar dibanding nilai momen nominal rencana.

KESIMPULAN

1. Mutu beton aktual lebih tinggi daripada mutu beton rencana, sehingga nilai momen nominal aktual lebih tinggi dibanding nilai momen nominal rencana.
2. Perbandingan persentase kenaikan mutu beton sebesar 30,29% hanya menghasilkan kenaikan momen nominal sebesar 4,349% dari momen nominal mutu beton
3. Dapat diketahui bahwa nilai tinggi balok tegangan beton tekan persegi ekuivalen (α) berbanding terbalik dengan nilai momen. Apabila nilai tinggi balok tegangan beton tekan persegi ekuivalen (α) naik maka momen nominal turun dan sebaliknya juga berlaku. Semakin tinggi mutu beton semakin kecil nilai tinggi balok tegangan beton tekan persegi ekuivalen (α), dikarenakan nilai tinggi balok tegangan beton tekan persegi ekuivalen (α) kecil maka nilai momen nominal semakin tinggi.

Daftar Pustaka

- [1] Fernondo and A. J. Saputra, "Analysis of the Effect of Shear Walls on Building Structural Deviations in High-rise Buildings Monde City Tower M2 Batam City," *Journal of Civil Engineering and Planning (JCEP)*, vol. 3, no. 2, pp. 113–127, Dec. 2022.
- [2] Y. Setyaning Astutik, "Studi Komparatif Kerusakan Beton pada Struktur Kolom yang Keropos dengan Metode Grouting," 2020.
- [3] F. Faldo and M. Hudori, "Pengaruh Efektifitas Penggunaan Serat Polypropylene terhadap Kuat Tekan Beton Normal," *Journal of Civil Engineering and Planning*, vol. 2, no. 1, 2021.
- [4] D. Darwin and C. W. Dolan, *Design of Concrete CONCRETE*, 16th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2021.
- [5] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif*. Alfabeta, 2017.
- [6] Abdallah El-Reedy, M. (2016). *Advanced Materials and Techniques for Reinforced Concrete Structures* (2nd ed.). CRC Press.
- [7] ACI Committee 318. (2019). Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19). In *ACI committee 318*.
- [8] Asih, R., Soemitro, A., & Suprayitno, H. (2018). *Pemikiran Awal tentang Konsep Dasar Manajemen Aset Fasilitas*. 2, 1–14.
- [9] Asroni, A. (2010). *Balok dan Pelat Beton Bertulang*.
- [10] ASTM. (2018). *ASTM C150 -18*.
- [11] Bagja Sulfemi, W., & Supriyadi, D. (2018). Pengaruh Kemampuan Pedagogik Guru dengan Hasil Belajar IPS. In *Jurnal Ilmiah Edutecno* (Vol. 18, Issue 2).
- [12] BSI. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002. *Bandung: Badan Standardisasi Nasional*, 251.
- [13] Saterah, M., & Darvas, R. (2017). *Concrete Structure* (2nd ed.). Springer International Publishing.
- [14] SNI 03-2834-2000. (2000). SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. *Sni 03-2834-2000*, 1–34.
- [15] Structural, R., Bars, S., Wire, C. R., Steel, C., & Wire, C. R. (1999). *Standard Specification for Deformed and Plain Billet-Steel Bars for Concrete*. 1–5.
- [16] *www.EngineeringBooksPDF.com*. (n.d.).