

Penulis:

Yonas Prima Arga Rumbyarso, S.T., M.T., M.M.



BUKU AJAR

STRUKTUR BETON PRESTRESS

Editor:

Gali Pribadi, S.T., M.T.



BUKU AJAR

STRUKTUR BETON PRESTRESS

Penulis:

Yonas Prima Arga Rumbyarso, S.T., M.T., M.M.



BUKU AJAR
STRUKTUR BETON *PRESTRESS*

Penulis:

Yonas Prima Arga Rumbyarso, S.T., M.T., M.M.

Desain Cover:

Septian Maulana

Sumber Ilustrasi:

www.freepik.com

Tata Letak:

Handarini Rohana

Editor:

Gali Pribadi, S.T., M.T.

ISBN:

978-623-500-102-9

Cetakan Pertama:

April, 2024

Hak Cipta Dilindungi Oleh Undang-Undang

by Penerbit Widina Media Utama

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT:

WIDINA MEDIA UTAMA

Komplek Puri Melia Asri Blok C3 No. 17 Desa Bojong Emas
Kec. Solokan Jeruk Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat

Anggota IKAPI No. 360/JBA/2020

Website: www.penerbitwidina.com

Instagram: [@penerbitwidina](https://www.instagram.com/penerbitwidina)

Telepon (022) 87355370

PRAKATA

Rasa syukur yang teramat dalam dan tiada kata lain yang patut kami ucapkan selain mengucapkan rasa syukur. Karena berkat rahmat dan karunia Tuhan Yang Maha Esa, buku yang berjudul “Buku Ajar Struktur Beton *Prestress*” telah selesai di susun dan berhasil diterbitkan, semoga buku ini dapat memberikan sumbangsih keilmuan dan penambah wawasan bagi siapa saja yang memiliki minat terhadap pembahasan tentang Buku Ajar Struktur Beton *Prestress*.

Akan tetapi pada akhirnya kami mengakui bahwa tulisan ini terdapat beberapa kekurangan dan jauh dari kata sempurna, sebagaimana pepatah menyebutkan “*tiada gading yang tidak retak*” dan sejatinya kesempurnaan hanyalah milik Tuhan semata. Maka dari itu, kami dengan senang hati secara terbuka untuk menerima berbagai kritik dan saran dari para pembaca sekalian, hal tersebut tentu sangat diperlukan sebagai bagian dari upaya kami untuk terus melakukan perbaikan dan penyempurnaan karya selanjutnya di masa yang akan datang.

Terakhir, ucapan terima kasih kami sampaikan kepada seluruh pihak yang telah mendukung dan turut andil dalam seluruh rangkaian proses penyusunan dan penerbitan buku ini, sehingga buku ini bisa hadir di hadapan sidang pembaca. Semoga buku ini bermanfaat bagi semua pihak dan dapat memberikan kontribusi bagi pembangunan ilmu pengetahuan di Indonesia.

April, 2024



Yonas Prima Arga Rumbyarso, S.T., M.T., M.M.

DAFTAR ISI

| | |
|--|------------|
| PRAKATA | iii |
| DAFTAR ISI | iv |
| BAB 1 KARAKTERISTIK PENAMPANG BETON PRATEGANG | 1 |
| A. Pendahuluan..... | 1 |
| B. Beton Prategang..... | 4 |
| C. Perbedaan Beton Prategang & Beton <i>Precast</i> | 6 |
| D. Perbedaan Beton Prategang & Beton Bertulang..... | 7 |
| E. Prinsip Dasar Beton Prategang | 9 |
| F. Sistem Prategang & Pengangkuruan | 15 |
| G. Perencanaan Beton Prategang | 19 |
| H. Material Beton Prategang | 20 |
| I. Baja Mutu Tinggi..... | 20 |
| BAB 2 TEGANGAN LENTUR DAN NORMAL | 25 |
| A. Pendahuluan..... | 25 |
| B. Tegangan Lentur..... | 26 |
| C. Tegangan dan Regangan Balok Akibat Lentur Murni | 30 |
| D. Regangan Normal | 32 |
| E. Tegangan Normal | 35 |
| F. Tegangan Kombinasi..... | 39 |
| G. Tegangan Geser | 41 |
| H. Tegangan Puntir..... | 46 |
| I. Puntiran Poros Berpenampang Lingkaran..... | 47 |
| J. Puntiran pada Kawat Baja | 48 |
| K. Mengenal Dasar Puntiran | 48 |
| BAB 3 TRASE KABEL | 49 |
| A. Struktur Kabel..... | 49 |
| B. Daerah Batas Eksentrisitas di Sepanjang Bentangan | 56 |
| BAB 4 MOMEN RETAK DAN MOMEN BATAS | 59 |
| A. Momen Retak | 59 |
| B. Tipe Retak pada Balok Beton..... | 64 |
| C. Retak Lentur | 64 |
| D. Analisis Penampang Beton Prategang..... | 69 |

| | |
|--|-----------|
| E. Analisis Penampang Jangka Panjang | 72 |
| F. Momen Batas (<i>Momen Ultimit</i>)..... | 73 |
| BAB 5 MACAM-MACAM LOSS OF PRESTRESS | |
| (KEHILANGAN PRATEGANG) | 77 |
| A. Momen Retak | 77 |
| B. Perpendekan Elastis | 81 |
| C. Kehilangan Prategang Akibat Gesekan Tendon..... | 85 |
| D. Kehilangan Prategang Akibat Slip pada Angkur..... | 88 |
| E. Kehilangan Prategang Akibat Rangkak pada Beton..... | 90 |
| F. Kehilangan Prategang Akibat Susut pada Beton | 91 |
| G. Kehilangan Prategang Akibat Relaksasi Baja | 92 |
| DAFTAR PUSTAKA | 95 |



KARAKTERISTIK PENAMPANG BETON PRATEGANG

A. PENDAHULUAN

Di dalam dunia konstruksi, beton dikenal sebagai material campuran yang terdiri dari air, semen, pasir dan kerikil. Material ini tahan terhadap gaya tekan, akan tetapi tidak tahan terhadap gaya tarik. Pada umumnya, beton memiliki nilai kuat tarik kurang lebih 8% sampai dengan 14% dari nilai kuat tekannya.

Baja sendiri dikenal di dunia konstruksi sebagai sebuah material yang sangat tahan terhadap gaya tarik. Maka dari itu dengan menggabungkan atau mengombinasikan kedua bahan material tadi yaitu baja dan beton menjadi beton bertulang maka akan menghasilkan bahan konstruksi yang baru yang dapat menahan gaya tekan maupun gaya tarik, dimana beton yang menahan tekanan sedangkan tarikan ditahan oleh baja. Material ini dikenal juga dengan istilah *reinforced concrete*.

Jadi pada beton bertulang tegangan tekan dipikul oleh beton sedangkan baja (*rebar*) memikul tegangan tarik. Kita harus mengetahui bahwa pada beton bertulang. Penampang beton tidak dapat efektif 100% digunakan, ini dikarenakan bagian yang tertarik dapat diperhitungkan sebagai pemikul tegangan.

Beton prategang merupakan sebuah inovasi penting dalam teknologi konstruksi yang memungkinkan pembangunan struktur yang lebih kuat, tahan lama, & efisien. Melalui proses prategang, beton diberi tegangan sebelumnya



TEGANGAN LENTUR DAN NORMAL

A. PENDAHULUAN

Gaya-gaya dalam pada sebuah balok yang berupa gaya momen, gaya lintang & gaya normal akan menimbulkan tegangan pada masing-masing balok tersebut sesuai dengan beban yang dipikulnya. Tegangan-tegangan tersebut dapat bekerja sendiri, juga bersamaan sekaligus apabila balok tersebut menerima beban luar yang mengakibatkan terjadinya gaya momen, gaya lintang & gaya normal. Tegangan lentur terjadi apabila balok memikul beban & mengakibatkan adanya lenturan yang terjadi pada balok dimaksud.

Tegangan lentur ini tentu saja dipengaruhi oleh besarnya gaya momen yang terjadi. Tegangan normal terjadi apabila balok menerima beban sejajar sumbu bahan. Tegangan normal dapat berupa tegangan normal tekan apabila gaya yang bekerja adalah gaya tekan, tegangan normal tarik apabila gaya tarik bekerja pada balok tersebut. Tegangan kombinasi apabila pada balok terjadi tegangan lentur secara bersamaan. Tegangan kombinasi ini adalah jumlah total antara tegangan lentur serta tegangan normal. Tegangan geser terjadi apabila pada balok bekerja gaya dalam geser atau gaya lintang tegangan geser.

Walaupun pada balok bekerja gaya dalam geser, momen & normal secara bersamaan, tegangan geser ini dapat dijumlahkan. Sehingga tegangan geser yang timbul bersama-sama dengan tegangan lentur maupun normal tidak dapat dikatakan tegangan kombinasi. Tegangan normal adalah gaya yang bekerja searah/sejajar sumbu bahan. Pada tegangan lentur dipengaruhi



TRASE KABEL

A. STRUKTUR KABEL

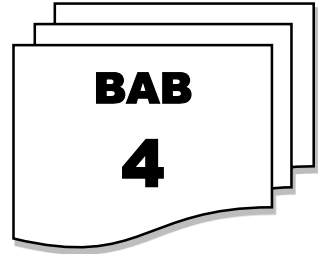
Struktur kabel pada beton prategang merujuk kepada sistem dimana kabel atau tendon digunakan untuk memberikan tekanan prategang kepada beton. Dalam konteks beton prategang, "prategang" berarti penerapan gaya tarik pada material sebelum struktur tersebut mengalami beban yang sebenarnya. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan kemampuan struktur dalam menahan beban yang diterapkannya, mengurangi retak, & meningkatkan durabilitas.

1. Pengertian

Struktur kabel adalah sebuah sistem struktur yang bekerja berdasarkan prinsip gaya tarik terdiri atas kabel baja, sendi, batang dan sebagainya yang menyanggah sebuah penutup yang menjamin tertutupnya sebuah bangunan. Struktur kabel dan jaringan dapat juga dinamakan struktur tarik & tekan, karena pada kabel-kabel hanya dilimpahkan gaya-gaya tarik, sedangkan kepada tiang-tiang pendukungnya hanya dilimpahkan gaya tekan.

2. Sejarah

Banyak bangunan yang menggunakan struktur *funicular*. Kita tinjau struktur tarik dahulu, sebagai contoh, jembatan gantung yang semula dikembangkan di Cina, India, & Amerika Selatan adalah struktur *funicular* tarik. Ada struktur jembatan kuno yang menggunakan tali, ada juga yang



MOMEN RETAK DAN MOMEN BATAS

A. MOMEN RETAK

Retak adalah jenis kerusakan yang paling sering terjadi dalam struktur beton, dimana terjadi pemisahan antara massa beton yang relatif panjang dengan yang sempit. Secara visual retak nampak seperti garis. Retak dalam struktur beton terjadi sebelum beton mengeras maupun setelah beton mengeras. Retak akan terjadi saat beton mulai mengeras setelah dibebani, beton mengeras dalam musim dingin, susut (*shrinkage*), penurunan (*settlement*) & penurunan acuan (*formwork*). Pada saat struktur balok diberi beban dimana tidak melebihi kapasitas tahanan dalamnya, retak tidak akan muncul.

Dalam pengertian ini, nilai momen inersia balok tidak terganggu. Bila pembebanan pada struktur balok berlebih maka akan timbul retak pada penampang sehingga keadaan penampang balok tidak sebaik sebelum pembebanan berlebih. Pembebanan berlebih akan menimbulkan retak pada struktur balok sehingga nilai momen inersia penampang akan berkurang. Mekanismenya bertambah besar sehingga tegangan tariknya, maka akan timbul retakan tertarik. Momen retak adalah momen yang terjadi pada pelat dimana tegangan tarik beton yang terjadi pada serat terluar memiliki harga yang sama dengan "*modulus of rupture*" & beton. Analisis perhitungan momen retak masih berlaku teori elastis. Pada saat serat beton bawah mengalami retak, maka besarnya tegangan dapat dihitung sebagai berikut:



MACAM-MACAM *LOSS OF PRESTRESS* (KEHILANGAN PRATEGANG)

A. MOMEN RETAK

Besarnya nilai gaya prategang tidak dapat diukur dengan mudah. Gaya total pada tendon pada saat penarikan dapat ditentukan dengan *pressure gauge* pada dongkrak. Jenis-jenis kehilangan gaya prategang dapat menurunkan nilai gaya prategang menjadi nilai yang lebih rendah, sehingga beban yang dapat dipikul balok prategang menjadi lebih rendah juga. Selisih antara gaya prategang akhir dengan gaya prategang awal dinamakan kehilangan prategang. Kehilangan tegangan adalah berkurangnya gaya yang bekerja pada tendon dalam tahap-tahap pembebanan. Dalam arti lain, Kehilangan prategang yaitu pengurangan gaya yang bekerja pada tendon dalam tahap pembebanan.

Kehilangan prategang tendon untuk setiap waktu harus diambil sebagai jumlah kehilangan seketika dan kehilangan yang tergantung waktu, baik dalam jangka pendek ataupun jangka panjang. Di dalam suatu sistem struktur beton prategang selalu terdapat kehilangan gaya prategang, baik akibat dari penegangan maupun akibat pengaruh waktu. Dengan begitu suatu kenyataan bahwa gaya prategang awal yang diberikan ke elemen beton mengalami proses reduksi yang progresif selama waktu kurang lebih lima tahun. Pada akhirnya, reduksi gaya prategang dapat dikelompokkan menjadi dua kategori yaitu:

DAFTAR PUSTAKA

- Abdilah, R. D. (2017, Maret 6). *Momen Crack pada Penampang Beton Bertulang*. Retrieved Maret 3, 2023.
- Achmad, F. A., & Rumbyarso, Y. P. A. (2023). *Analisis Struktur Slab On Pile terhadap Kontrol Lendutan pada Proyek Jalan Tol Kataraja*. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(2), 13457-13467.
- Alvin, F. (). *Struktur Kabel*. Retrieved Maret 3, 2023, from https://www.academia.edu/37402116/2_2_Struktur_Kabel_2_2_a_Pengertian
- Arnolda Deru, S. M. (2020). Analisis Perbandingan Kehilangan Prategang Metode Stressing Satu Arah dan Dua Arah Jembatan Beton Prategang Pada Proyek Jembatan Benowo Surabaya. Universitas Wijaya Kusuma Surabaya. *Jurnal Analisis Perbandingan Kehilangan Prategang Metode Stressing Satu Arah dan Dua Arah Jembatan Beton Prategang Pada Proyek Jembatan Benowo Surabaya. Universitas Wijaya Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi*, Vol. 8. No. 3. Hal. 159-164
- Darmiyanti, L., Prima, Y., & Aldianto, M. A. (2023). Analisis Borepile Menggunakan Metode Meyyerhoff dan Reese Wright. *Jurnal Sipil Krisna*, 9(1), 27-38.
- Firmansyah. (2013). Studi analisis lentur balok yang mengalami proses pengeroposan beton tinjauan daerah lapangan. *Jurnal Kontruksia*, Vol. 5 No. 1.
- G. N. E. (2001). *Beton Prategang Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Haji, C. d. (2000). *Retak Lentur pada Beton Mutu Tinggi*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia
- Ibham Yamin, S. Z. (2020). Analisis Perbandingan Kehilangan Prategang Akibat Variasi Letak Tendon PC I Girder Jembatan Beton Prategang. Vol. 2 No. 2
- Isworo, H. (2018). *Mekanika Kekuatan Material 1 (HMKK319)*. Banjarmasin: Universitas Lambung Mangkurat.
- Lin. T, (1982). *Desain Struktur Beton Prategang Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.

- Mada, U. G. (2014). *Tegangan dan Regangan pada Balok Akibat Lentur, Gaya Normal. dan Geser link*. Retrieved Maret 3, 2023, from <https://www.scribd.com/document/222786198/Tegangan-Dan-Regangan-Pada-Balok-Akibat-Lentur-Gaya-Normal-Dan-Geser#>
- Pribadi, G., & Rumbyarso, Y. P. A. (2023). *Analisis Perbandingan Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Bor Dengan Perhitungan Manual dan Software ALLPILE*. *Jurnal TESLINK: Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 5(2), 16-20.
- Pribadi, G., & Rumbyarso, Y. P. A. (2023). *Analisis Profil Atap Baja WF dengan Metode LRFD Menggunakan SAP 2000 dan Idea StatiCa*. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi (JUTIN)*, 6(4), 1543-1559.
- Pribadi, G., Darmiyanti, L., & Martinus, M. (2023). *Analisis Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Gula Pasir*. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(2), 11257-11262.
- Rumbyarso, Y. P. A. (2023). *PERHITUNGAN PRODUKTIVITAS PERALATAN BERAT PADA PROYEK JALAN TOL SEMARANG–DEMAK SEKSI 1C KM 35+ 400 SAMPAI DENGAN 36+ 400*. *Mechonversio: Mechanical Engineering Journal*, 6(2), 34-39.
- Rumbyarso, Y. P. A. (2023). *Re-planning of Concrete Structures in the Ngoro Dormitory Project in Surabaya*. *Journal of Applied Science, Engineering, Technology, and Education*, 5(1), 15-24.
- Rumbyarso, Y. P. A., & Pribadi, G. (2023). *Analisis Stabilitas Lereng dengan Metode Bishop pada Proyek Geotechnical Investigation Jalur Transportasi Pelabuhan Batubara Marangkayu Kabupaten Kutai Kartanegara*. *JURNAL KRIDATAMA SAINS DAN TEKNOLOGI*, 5(02), 562-577.
- Rumbyarso, Y., Chusna, N., & Khumaidi, A. (2022). *Dissolved Oxygen Prediction of the Ciliwung River using Artificial Neural Networks, Support Vector Machine, and Streeter-Phelps*. *Jurnal Ilmiah Merpati (Menara Penelitian Akademika Teknologi Informasi)*, 10(3), 180-190.
- Tegangan Puntir*, (2014). Retrieved Maret 3, 2023, from <https://www.scribd.com/doc/212241855/Tegangan-puntir>

BUKU AJAR

STRUKTUR BETON PRESTRESS



Yonas Prima Arga Rumbyarso, S.T., M.T., M.M.

Lahir di Jakarta 28 Agustus 1978 sekarang bertempat tinggal di Jalan Haji Ipin No. 33 RT 11 RW 01 Kelurahan Pondok Labu 12450 Kecamatan Cilandak Kotamadya Jakarta Selatan Provinsi DKI Jakarta. Untuk kontak penulis dapat menghubungi email sebagai berikut: yonasprima@unkris.ac.id. Penulis adalah Dosen Tetap pada Program Studi Teknik Sipil dan Kepala Laboratorium Arsitektur, Teknik Sipil dan Perencanaan Wilayah Perkotaan

Universitas Krisnadwipayana dengan Jabatan Fungsional Lektor. Mata kuliah yang diampu adalah Struktur Beton *Prestress*, Mekanika Bahan, Struktur Bangunan, Mekanika Tanah. Pendidikan formal Teknik Sipil diselesaikan di Universitas Krisnadwipayana Konsentrasi Struktur pada 3 November 2008, Magister Teknik Industri diselesaikan di Universitas Mercubuana Jakarta Konsentrasi Teknologi Industri pada 23 September 2016, Magister Manajemen Konsentrasi Manajemen Keuangan diselesaikan di Universitas Krisnadwipayana pada 16 November 2020. Saat ini penulis kembali melanjutkan studi pada Program Magister Hukum Konsentrasi Hukum Bisnis di Universitas Krisnadwipayana Jakarta dan Program Doktor Teknik Sipil Konsentrasi Geoteknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Selama menjadi dosen sudah banyak buku yang dihasilkan, diantaranya adalah Pengukuran kinerja perusahaan PT Ritra Cargo Indonesia menggunakan *balanced scorecard* ISBN 978-623-6609-49-1, Kinerja struktur gedung *office* 36 lantai: analisis *time history* dan *pushover* ISBN 978-623-419-553-8, infrastruktur dan konstruksinya: kajian infrastruktur berdasarkan konstruksi pembangunannya ISBN 978-623-419-314-5, Infrastruktur pembaharu: *silica fume in asphalt concrete-wearing course* ISBN 978-623-419-231-5, Kajian peralatan berat pada proyek konstruksi ISBN 978-623-145-180-4. Penulis adalah pemegang sertifikat kompetensi untuk subklasifikasi Gedung kualifikasi Ahli level 7 okupasi Manajer pengelolaan Bangunan Gedung, subklasifikasi Jembatan kualifikasi Ahli level 8 okupasi Ahli Madya Teknik Jembatan, subklasifikasi Jalan kualifikasi Ahli level 7 okupasi Ahli Muda Teknik Jalan. Hingga kini penulis aktif bergabung dalam organisasi profesi yaitu Ikatan *Quantity Surveyor* Indonesia, Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia, Ikatan Dosen Indonesia, Persatuan Insinyur Indonesia. Selain sebagai akademisi, penulis juga pernah bekerja di PT Waringin *General Contractor*, PT Acset Indonusa, PT Branusa Widnell, PT Margahayuland, PT Labersa Hutahaean, PT Bhineka Mancawisata dimana terlibat sebagai praktisi dalam pembangunan proyek diantaranya adalah Newton Apartemen Buah Batu Bandung, Apartemen Somerset Kencana Pondok Indah Jakarta Selatan, Hotel Marriot Likupang Manado, Hotel Labersa dan Wahana Water Park Balige Sumatera Utara, Apartemen Kota Kasablanka Jakarta Selatan, Proyek Perumahan Kota Podomoro Tenjo.



ISBN 978-623-500-102-9



9 786235 001029