

Optimasi Penampang Persegi Panjang pada Elemen Balok Prategang (Studi Kasus pada Hotel Alila Surakarta)

Dwieky Anugerah¹⁾, Stefanus Adi Kristiawan²⁾, Edy Purwanto³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

^{2) 3)}Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami No. 36A Surakarta 57126

Email: dwieky_redz@yahoo.com

ABSTRACT

Concentric or eccentric force which given to longitudinal direction of concrete's structural element is called prestressed force. Alila Hotel Surakarta has rectangular section of prestressed beam element with beam's dimension is 1 m x 3 m x 42 m. The purpose of this research is to optimize the area of the beam to be more efficient. From the optimization process will be obtained the relation between parameter A (Sectional Area), f_c (Concrete Quality), and P (Prestressed Force). Based on the calculation results, we get the new sectional dimension with the value of $x_1 = 1$ m and $x_2 = 2,6$ m. The results show the relation between A (Sectional Area) with f_c (Concrete Quality) and A (Sectional Area) with P (Prestressed Force). Based on the optimization pattern, if the value of f_c is bigger, then the value of A will be smaller. So is the optimization pattern between the value of A and P, if the value of P is bigger, then the value of A will decrease.

Keywords : Concrete Quality, Prestressed Beam, Prestressed Force, Sectional Area.

ABSTRAK

Gaya konsentris atau eksentris yang diberikan ke arah longitudinal elemen struktural sebuah beton disebut gaya prategang. Hotel Alila Surakarta memiliki elemen balok prategang yang berpenampang persegi panjang dengan dimensi balok 1 m x 3 m x 42 m. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan luas penampang balok tersebut agar lebih efisien. Dari proses optimasi tersebut akan diperoleh hubungan antara parameter A (Luas Penampang), f_c (Mutu Beton), dan P (Gaya Prategang). Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh dimensi penampang baru dengan nilai $x_1 = 1$ m dan $x_2 = 2,6$ m. Hasil penelitian menunjukkan hubungan antara nilai A (luas penampang) dengan f_c (Mutu Beton) dan nilai A (Luas Penampang) dengan nilai P (Gaya Prategang). Berdasarkan pola optimasi tersebut, apabila nilai f_c semakin besar, maka nilai A akan semakin kecil. Begitu juga pola optimasi antara nilai A dan P, apabila nilai P semakin besar, maka nilai A akan mengecil.

Kata kunci : Balok Prategang, Gaya Prategang, Luas Penampang, Mutu Beton, Optimasi.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Penggunaan beton prategang sudah menjadi hal yang umum di berbagai proyek pada saat ini. Sesuai dengan kebutuhannya, beton prategang dapat memikul beban yang lebih besar dengan bentang yang lebih panjang. Suatu konstruksi dinyatakan aman apabila telah memenuhi seluruh syarat-syarat yang berlaku pada daerah tertentu, sehingga fungsi bangunan berjalan dengan baik. Suatu konstruksi dinyatakan ekonomis apabila terdapat aspek penghematan pada pekerjaan konstruksi tersebut. Proses optimasi bertujuan mendapatkan desain struktur yang aman tetapi juga memperhatikan nilai ekonomis. Pada optimasi beton prategang, terdapat parameter-parameter tertentu yang berhubungan dengan optimasi beton prategang itu sendiri, seperti f_c (mutu beton) dan P (gaya prategang). Parameter tersebut mempengaruhi hasil akhir dari optimasi tersebut. Pada nilai f_c tertentu, hasil optimasi akan berbeda dengan nilai f_c yang lain. Begitu juga dengan parameter P. Terdapat suatu pola yang menghubungkan antara parameter-parameter tersebut dengan hasil proses optimasi. Penelitian ini juga bertujuan

untuk mengkaji lebih jauh tentang bagaimana pengaruh parameter f_c dan P terhadap optimasi yang di aplikasikan dalam perencanaan balok prategang.

LANDASAN TEORI

Beton

Beton adalah campuran dari semen, air, agregat kasar, agregat halus, dan bahan tambahan lain dengan perbandingan tertentu. Semen dan air berperan sebagai pengikat atau bisa disebut pasta, sedangkan bahan tambah lain digunakan untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu pada beton. Penggunaan beton dapat ditemui pada konstruksi gedung, jembatan, waduk, dan lain-lain. Kualitas beton sangat dipengaruhi oleh kualitas material pembentuknya, serta perbandingan dari komposisi material tersebut. Kuat tekan beton sebagai dasar dalam mengevaluasi kualitas beton yang diinginkan.

Beton Prategang

Karena rendahnya kapasitas tarik pada beton konvensional, maka retak lentur terjadi pada taraf pembebanan yang masih rendah. Untuk mengurangi atau mencegah berkembangnya retak tersebut, gaya konsentris atau eksentris diberikan dalam arah longitudinal elemen struktural. Gaya ini mencegah berkembangnya retak dengan cara mengeliminasi atau sangat mengurangi tegangan tarik di bagian tumpuan dan daerah kritis pada kondisi beban tersebut. Gaya longitudinal yang diterapkan seperti diatas disebut gaya prategang, yaitu gaya tekan yang memberikan prategangan pada penampang di sepanjang bentang suatu elemen struktural sebelum bekerjanya beban mati dan beban hidup transversal atau beban hidup horizontal transien.

Konsep Pemberian Gaya Prategang

1. Konsep Pertama, sistem prategang untuk mengubah beton menjadi bahan yang elastis. Beton yang tidak mampu menahan tarikan dan kuat memikul tekanan (umumnya dengan baja mutu tinggi yang ditarik) sedemikian rupa sehingga bahan yang getas dapat memikul tegangan tarik.
2. Konsep Kedua, sistem prategang merupakan kombinasi baja mutu tinggi dengan beton. Pada beton prategang, baja mutu tinggi dipakai dengan jalan menariknya sebelum kekuatannya dimanfaatkan sepenuhnya. Jika baja mutu tinggi ditanamkan pada beton seperti pada beton bertulang biasa, beton sekitarnya akan menjadi retak sebelum kekuatan baja digunakan. Oleh karena itu, baja perlu ditarik sebelumnya terhadap beton.
3. Konsep ketiga, sistem prategang untuk mencapai perimbangan beban. Konsep ini menggunakan prategang sebagai suatu usaha untuk membuat seimbang gaya-gaya pada sebuah batang.

Optimasi

Teknik optimasi adalah suatu usaha untuk mendapatkan hasil terbaik dari suatu keadaan. Dalam desain konstruksi dan perancangan sistem struktur, teknisi harus memiliki teknik dan strategi pelaksanaan dalam tahapan langkahnya. Tujuan akhir dari usaha tersebut adalah untuk meminimalkan usaha yang dibutuhkan atau memaksimalkan keuntungan. Dalam optimasi rancang tampang balok beton prategang ini, metode yang digunakan adalah Metode Persamaan Linear. Persamaan Linear adalah suatu teknik aplikasi matematika dalam menentukan pemecahan masalah yang bertujuan untuk memaksimalkan atau meminimumkan sesuatu yang dibatasi oleh batasan-batasan tertentu, dimana hal ini dikenal juga sebagai teknik optimasi.

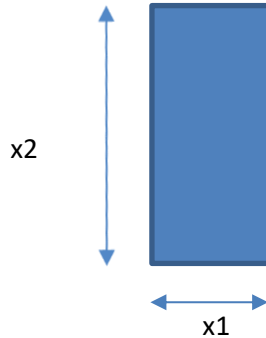
Persamaan Linear merupakan masalah pemrograman yang harus memenuhi tiga kondisi berikut:

1. Variabel-variabel keputusan yang terlibat harus positif.
2. Kriteria-kriteria untuk memilih nilai terbaik dari variabel keputusan dapat diekspresikan sebagai fungsi linier. Fungsi kriteria ini biasa disebut fungsi objektif.
3. Aturan-aturan operasi yang mengarahkan proses-proses dapat diekspresikan sebagai suatu set persamaan atau pertidaksamaan linier. Set tersebut dinamakan fungsi pembatas.

METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode perencanaan dan perhitungan. Data awal diperoleh dari shop drawing proyek Hotel Alila Surakarta, seperti parameter f_c dan P awal, kemudian variasi parameter f_c dan P digunakan nilai asumsi. Perhitungan optimasi menggunakan program MATLAB 2012b.

FORMULASI



Gambar 1. Sketsa Balok Prategang Penampang Persegi Panjang

Mencari nilai x_1 dan x_2 dengan meminimalkan fungsi

$$Z(x) = A = x_1 \cdot x_2 \dots\dots\dots (1)$$

Dengan fungsi batasan :

awal

$$f^t = -\frac{P_i}{Z(x)} \left(1 - \frac{e \cdot Q(x) \cdot Z(x)}{W(x)}\right) - \frac{M_D Q(x)}{W(x)} \leq f_{t\text{ijin}} = 0.25 \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots (2)$$

$$f_b = -\frac{P_i}{Z(x)} \left(1 + \frac{e \cdot Q(x) \cdot Z(x)}{W(x)}\right) + \frac{M_D Q(x)}{W(x)} \leq f_{c\text{ijin}} = -0.6 f_c' \dots\dots\dots (3)$$

$$f^t = -\frac{P_i}{Z(x)} \left(1 - \frac{e \cdot Q(x) \cdot Z(x)}{W(x)}\right) \leq f_{t\text{ijin}} = -0.6 f_c' \dots\dots\dots (4)$$

$$f_b = -\frac{P_i}{Z(x)} \left(1 + \frac{e \cdot Q(x) \cdot Z(x)}{W(x)}\right) \leq f_{c\text{ijin}} = -0.6 f_c' \dots\dots\dots (5)$$

akhir

$$f^t = -\frac{P_e}{Z(x)} \left(1 - \frac{e \cdot Q(x) \cdot Z(x)}{W(x)}\right) - \frac{M_D Q(x)}{W(x)} \leq f_{t\text{ijin}} = -0.45 f_c' \dots\dots\dots (6)$$

$$f_b = -\frac{P_i}{Z(x)} \left(1 + \frac{e \cdot Q(x) \cdot Z(x)}{W(x)}\right) + \frac{M_D Q(x)}{W(x)} \leq f_{cijin} = 0.5 \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots (7)$$

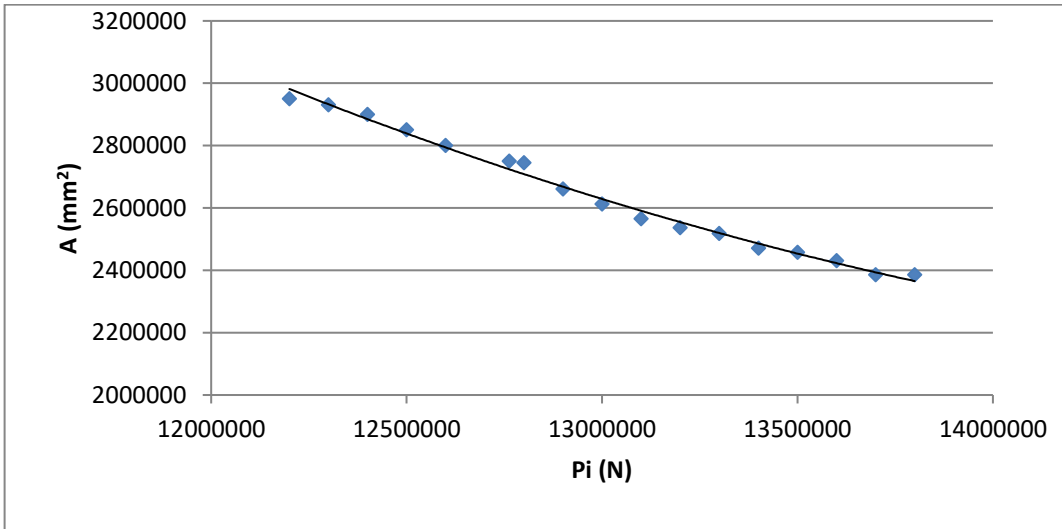
$$f^t = -\frac{P_i}{Z(x)} \left(1 - \frac{e \cdot Q(x) \cdot Z(x)}{W(x)}\right) \leq f_{tijin} = 0.5 \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots (8)$$

$$f_b = -\frac{P_i}{Z(x)} \left(1 + \frac{e \cdot Q(x) \cdot Z(x)}{W(x)}\right) \leq f_{cijin} = 0.5 \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots (9)$$

- Dimana
- Z(x) = Luas Penampang (A)
 - Q(x) = nilai $y = \frac{1}{2} \cdot x^2$
 - W(x) = Momen Inersia (I)
 - f^t = Tegangan beton Prategang serat atas
 - f_b = Tegangan beton Prategang serat bawah

HASIL PERHITUNGAN

Setelah semua fungsi diolah dengan program MATLAB 2012b, dengan nilai f_c dan P_i yang sama dengan di lapangan yaitu $f_c = 35$ MPa dan $P_i = 12762386$ N, diperoleh nilai A yang baru dengan $x_1 = 1$ m dan $x_2 = 2,6$ m dari penampang semula 1 m x 3 m. Kemudian tahap selanjutnya adalah melakukan beberapa studi parameter yaitu parameter f_c dan P. Hal ini dilakukan untuk mempelajari pola optimasi yang terjadi berdasarkan parameter tersebut. Akan diperoleh pola hubungan antara f_c dan A maupun P dan A. Sampai pada akhirnya terjadi hubungan yang konvergen atau konstan antara parameter parameter tersebut.



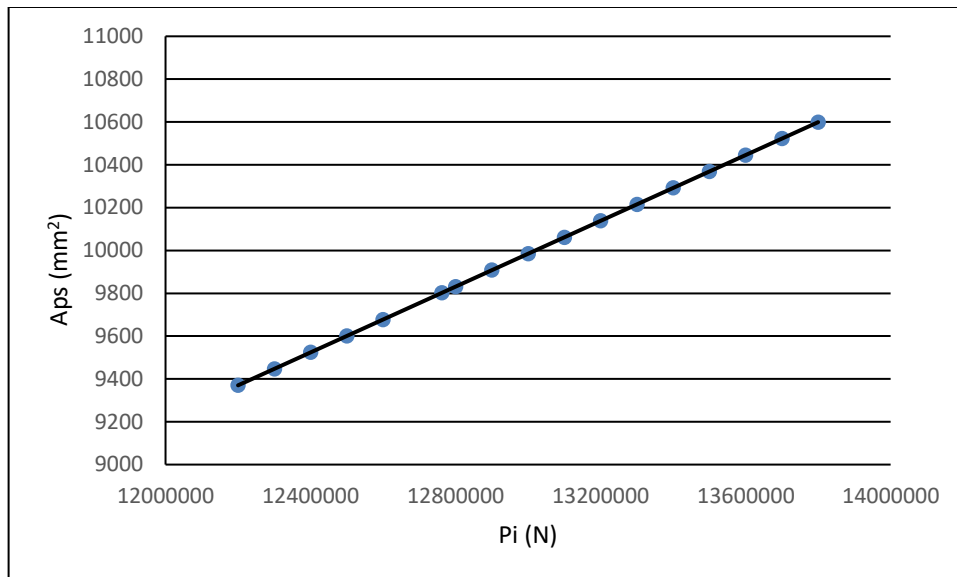
Gambar 2. Grafik Perbandingan Optimasi antara Parameter Gaya Prategang Awal (P_i) dan Luas Penampang (A) dengan $f_c = 35$ MPa

Gambar 2 adalah grafik yang menunjukkan data perbandingan antara Luas Penampang (A) hasil optimasi dengan nilai Gaya Prategang (P_i) asumsi sedangkan nilai f_c yang digunakan ialah nilai f_c lapangan yaitu 35 MPa. Berdasarkan hasil grafik tersebut diperoleh sebuah pola yang menunjukkan bahwa nilai A (Luas Penampang) berbanding terbalik dengan nilai P_i (Gaya Prategang). Apabila P_i (Gaya Prategang) meningkat, maka nilai A (Luas

Penampang) akan menurun. Berdasarkan grafik tersebut, diperoleh nilai asumsi P_i optimum adalah sebesar 13800000 N.

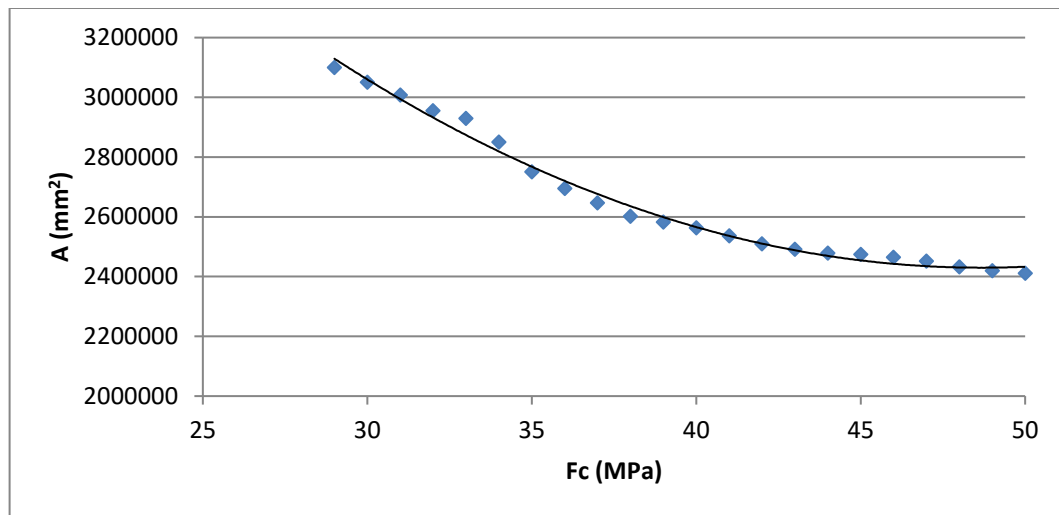
Dari Gambar 2 dapat diperoleh juga grafik hubungan antara Luasan Prategang (A_{ps}) dengan Gaya Prategang (P_i).

$A_{ps} = P_i / f_{pi}$, dengan f_{pi} (Tegangan Prategang Ijin) = 0,7 . $f_{pu} = 1302$ MPa.



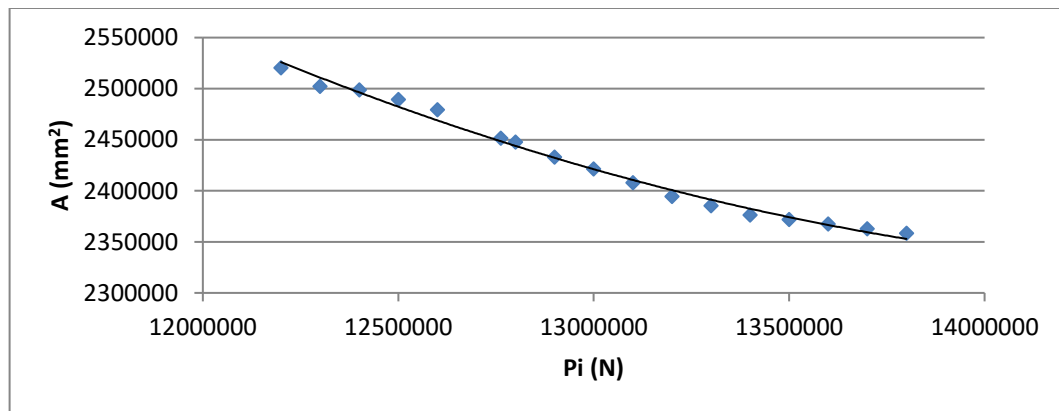
Gambar 3. Grafik Perbandingan Optimasi antara Parameter Gaya Prategang Awal (P_i) dan Luasan Prategang (A_{ps}) dengan $f_c = 35$ MPa dan $f_{pi} = 1302$ MPa

Berdasarkan hasil grafik pada Gambar 3 tersebut diperoleh sebuah pola yang menunjukkan bahwa nilai A_{ps} (Luasan Prategang) berbanding lurus dengan nilai P_i (Gaya Prategang). Jika nilai P_i (Gaya Prategang) meningkat maka nilai A_{ps} (Luasan Prategang) juga meningkat. Dari grafik tersebut nilai efisiensi yang didapat tidak terlalu signifikan sehingga diperlukan studi parameter dengan variasi beton mutu tinggi.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Optimasi antara Parameter f_c dan Luas Penampang (A) dengan $P_i = 12762386$ N

Gambar 4 adalah grafik yang menunjukkan data perbandingan antara Luas penampang (A) hasil optimasi dengan nilai f_c asumsi. Berdasarkan hasil grafik tersebut, diperoleh sebuah pola yang menunjukkan bahwa nilai A (Luas Penampang) berbanding terbalik dengan nilai f_c . Apabila P_i (Gaya Prategang) meningkat, maka nilai A (Luas Penampang) akan menurun. Pada nilai f_c tertentu, nilai A (Luas Penampang) menjadi konvergen atau mendatar. Dengan nilai f_c dan P_i yang sama dengan di lapangan yaitu $f_c = 35$ MPa dan $P_i = 12762386$ N, diperoleh nilai $A = 2750360$ mm². Kemudian berdasarkan grafik tersebut, diperoleh nilai asumsi f_c optimum ialah sebesar 48 MPa.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Optimasi antara Parameter Gaya prategang (P_i) dan Luas Penampang (A) dengan $f_c = 48$ MPa

Gambar 5 adalah grafik yang menunjukkan data perbandingan antara Luas Penampang (A) hasil optimasi dengan nilai Gaya Prategang (P_i) asumsi menggunakan nilai f_c optimum yaitu 48 MPa. Berdasarkan hasil grafik tersebut, diperoleh sebuah pola yang menunjukkan bahwa nilai A (Luas Penampang) berbanding terbalik dengan nilai P_i (Gaya Prategang). Apabila P_i (Gaya prategang) meningkat, maka nilai A (Luas Penampang) akan menurun. Berdasarkan grafik tersebut, dengan menggunakan nilai f_c optimum 48 MPa dan nilai P_i optimum 13800000 N diperoleh nilai A sebesar 2358360 mm².

PEMBAHASAN

- a. Perhitungan optimasi yang dilakukan dengan studi parameter f_c menunjukkan bahwa terjadi pola perubahan antara nilai f_c dengan nilai A . berdasarkan data yang diperoleh, semakin besar nilai f_c , maka semakin kecil nilai A , perbandingan terbalik perubahan ini ditunjukkan pada gambar 4.
- b. Demikian juga pada perhitungan optimasi pada studi parameter P , menunjukkan bahwa terjadi pola perubahan antara nilai P dengan nilai A . berdasarkan data yang diperoleh, semakin besar nilai P , maka semakin kecil nilai A , hanya perubahan yang terjadi tidak signifikan. Perbandingan terbalik perubahan ini ditunjukkan pada gambar 2.
- c. Pada studi parameter f_c , ketika angka f_c berada di bawah angka normal yaitu 35 MPa, nilai I relatif meningkat pesat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Berdasarkan proses optimasi yang dilakukan, dari dimensi awal 1 m x 3 m, diperoleh nilai dimensi baru yang lebih optimal dengan nilai f_c dan P yang sama yaitu $x_1 = 1$ m dan $x_2 = 2,6$ m.
- b. Berdasarkan gambar 4, semakin besar nilai f_c maka semakin kecil nilai A tetapi pada nilai tertentu nilai A menjadi konvergen.
- c. Berdasarkan gambar 2, semakin besar nilai P maka semakin kecil juga nilai A namun perubahan yang terjadi relatif tidak signifikan.
- d. Ketika nilai f_c dibawah angka normal, dimensi yang diperoleh memiliki nilai Inersia yang relatif lebih besar, berarti formulasi ini memiliki alternatif penyelesaian untuk mendapatkan hasil yang optimum, tetapi tetap memenuhi syarat keamanan yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

- Geletu Abele. 2007. *Solving Optimization Problem Using the Matlab Optimization Toolbox – a Tutorial*. TU-Ilmenau, Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften.
- Indriyatno Ratno. 2000. Optimasi Slab Berongga Beton Prategang. Surakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- Kanna J.S dan P.B.R. Dissanayake. 2005. *Optimum Design of Pre-stressed Concrete Beam*. Annual of Transactions of IESL, Institute of Engineering Sri Lanka.
- Pratama S.A . 2014. Efek Susut dan Rangkak Terhadap Redistribusi Tegangan dan Lendutan pada Elemen Balok Prategang(Studi Kasus Hotel Alila, Surakarta). Surakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- Standar Nasional Indonesia. SNI 7833 2012. 2012. Tata Cara Perancangan Struktur Beton Pracetak dan Prategang Untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. SNI 2847 2002. 2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version). Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- Suryoatono,B. 2001. Beton Prategang. Jakarta: Erlangga.
- The MathWorks, Inc. 2014. *Optimization Toolbox™ User's Guide*. Massachusetts: The MathWorks, Inc..