

## ANALISA TULANGAN PADA BLOK ANGKUR JEMBATAN GANTUNG DENGAN MENGGUNAKAN ANSYS

Indra Jhon Fischer, Johannes Tarigan dan Emma Patricia Bangun

Universitas Sumatera Utara (USU) Indonesia

Email: indrajhonf@gmail.com, johannes.tarigan@usu.ac.id, emma.patricia@usu.ac.id

INFO ARTIKEL	ABSTRAK
Diterima 04 november 2022 Direvisi 10 Desember 2022 Disetujui 13 Desember 2022 Kata kunci: Tegangan, Angkur, Ansys, Penulangan.	Kekuatan struktur blok angkur pada jembatan gantung sangat bergantung pada berat sendirinya untuk mampu memikul beban tarik kabel backstay. Oleh karena itu diperlukan dimensi yang cukup besar untuk menahan gaya tarik tersebut. Beton memiliki kuat tekan yang baik namun kurang memiliki kuat tarik yang baik, kuat tarik beton hanya sekitar 10% -15% dari kuat tekannya. Oleh karena itu pada perencanaan blok angkur diperlukan blok angkur yang terbuat dari baja yang memiliki tegangan leleh dan tegangan fraktur yang cukup tinggi dan ditanam pada blok beton angkur untuk menahan gaya tarik sebelum tegangan tarik ditransfer pada blok beton. Pada tulisan ini digunakan baja profil H 300.300.10.15 sebagai angkur baja yang tertanam pada blok beton. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan nilai tegangan yang terjadi pada blok angkur dengan menggunakan bantuan program Ansys, memperoleh jarak penulangan yang sesuai pada daerah tarik maksimum (daerah kritis), dan memperoleh gambaran secara grafis pengaruh geometri struktur angkur akibat beban tarik dari kabel backstay. Penelitian ini dilakukan dengan kajian numerik menggunakan bantuan program SAP 2000 untuk menghitung gaya – gaya dalam pada keseluruhan struktur jembatan gantung, kemudian menggunakan bantuan analisa program Ansys untuk memperoleh tegangan tarik yang terjadi pada blok angkur yang dimodelkan juga pada Ansys dengan boundary condition yang mendekati kondisi yang ada pada lapangan. Hasil analisa Ansys menunjukkan tegangan tarik maksimum terjadi pada baja profil H 300.300.10.15 sebesar 73,27 MPa dan tegangan tarik maksimum pada beton adalah 1,26 MPa. Nilai 1,26 MPa ini masih dalam batas yang aman karena tegangan tarik ini masih dibawah tegangan tarik izin betonnya sebesar 2,23 MPa. Dari hasil analisa empiris diperoleh jarak maksimum tulangan pada daerah kritis adalah 150 mm, dan pada daerah non kritis diperoleh 250 mm.
<i>Keywords:</i> <i>Capital Expenditures,</i> <i>Economic Growth,</i> <i>Tension, Anchor, Ansys,</i>	<b>ABSTRACT</b> <i>The strength of the anchor block structure in the suspension bridge is very dependent on its weight to be able to bear the tensile load of the backstay cable. Therefore, it is necessary to</i>

**How to cite:**

Fischer, Indra Jhon et.al (2022). Analisa Tulangan pada Blok Angkur Jembatan Gantung dengan menggunakan Ansys. *Jurnal Syntax Admiration*, 3(12).

<https://doi.org/10.46799/jst.v3i12.651>

**E-ISSN:**

2722-5356

**Published by:**

Ridwan Institute

---

*Reinforcement.*

*have dimensions large enough to withstand the tensile force. Concrete has good compressive strength but does not have good tensile strength, the tensile strength of concrete is only about 10%-15% of its compressive strength. Therefore, in planning anchor blocks, anchor blocks are needed making of steel that has high yield and fracture stresses and is planted in anchor concrete blocks to withstand the force before the tensile stresses are transferred to the concrete blocks. In this paper, steel H 300.300.10.15 is used as steel anchors embedded in concrete blocks. The purpose of this study was to obtain the stress value that occurs in the anchor block using the Ansys assistance program, obtain the appropriate reinforcement distance in the maximum tensile area (critical area), and obtain a graphic description of the influence of the anchor structure geometry due to the load from the backstay cable. This research was conducted using a numerical study using the SAP 2000 assistance program to calculate the forces in the entire suspension bridge structure, then using the Ansys analysis assistance program to obtain the tensile stress that occurs in the anchor block which is also modeled in Ansys with boundary conditions that are close to the existing conditions in the field. The results of Ansys analysis show that the maximum tensile stress in H profile steel 300.300.10.15 is 73.27 MPa and the maximum tensile stress in concrete is 1.26 MPa. The value of 1.26 MPa is still within a safe limit because the tensile stress is still below the allowable tensile stress for the concrete of 2.23 MPa. From the results of empirical analysis, the maximum reinforcement space in the critical area is 150 mm, and in the non-critical area, it is 250 mm.*

---

## **Pendahuluan**

Di Indonesia pada saat ini jembatan gantung menjadi pilihan yang tepat untuk dijadikan penghubung antar daerah terisolasi dan memperkuat wilayah pedesaan maupun kawasan terpencil yang dipisahkan oleh kondisi alam seperti sungai, lereng, bukit, ataupun jurang (Mering & IIK, 2020). Kehadiran jembatan gantung sangat dibutuhkan dan disambut baik oleh masyarakat karena manfaatnya nyata yaitu memangkas waktu tempuh masyarakat yang beraktivitas di desa-desa (Santony, 2020). Masyarakat tidak perlu lagi untuk menyebrang sungai dengan perahu, ataupun melewati jalan

alternatif lain yang sangat jauh jarak tempuhnya. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) telah menyelesaikan pembangunan jembatan gantung di Desa Pisang Binaya Kecamatan Teluk Dalam Kabupaten Asahan Provinsi Sumatera Utara yang menjadi bahan penelitian tulisan ini.

Tujuan utama dibangunnya jembatan gantung di lingkungan tersebut adalah untuk memberikan kemudahan pergerakan antardesa serta membuka isolasi daerah yang terpisahkan sungai. Pembangunan jembatan gantung ini telah dimulai sejak Oktober 2019 dan selesai pada Agustus 2020.

Jembatan gantung tersebut dibangun sepanjang 120 meter dengan lebar 1,8 meter. Jembatan yang dibangun ini mengelilingi beberapa jalur tempat pemukiman masyarakat di Kabupaten Asahan, seperti di Desa Pisang Binaya, Desa Padang Mahondang dan juga terletak dekat dengan jalan yang menghubungkan Kota Kisaran sampai ke arah Aek Kanopan Kabupaten Labuhanbatu Utara sehingga keberadaannya akan sangat membantu aktivitas masyarakat di Desa Pisang Binaya dan Desa Padang Mahondang, termasuk akan meningkatkan perekonomian daerah setempat.

Oleh karena tingginya kebutuhan jembatan gantung atas kebutuhan masyarakat pada daerah terisolasi, maka perlu dilakukan kajian dan inovasi terhadap jembatan gantung untuk desain yang lebih baik dan sempurna. Penelitian ini mengkaji desain angkur tipe graviasti pada jembatan gantung Pisang Binaya.

Angkur pada jembatan gantung adalah struktur yang berfungsi sebagai penahan tegangan kabel utama dan kabel dibelakang menara (*backstay*) serta menyalurkan gaya-gaya yang dipikulnya ke pondasi angkur itu sendiri dan kemudian melimpahkan beban dan gaya – gaya yang bekerja ke lapisan tanah pendukung (Pemberlakukan Pedoman Perencanaan Dan Pelaksanaan Konstruksi Jembatan Gantung Untuk Pejalan Kaki, 2010). Gaya yang bekerja pada angkur terdapat beberapa gaya diantaranya berat sendiri angkur, gaya gravitasi dan gaya tarik kabel *backstay*.

Angkur pada jembatan gantung memiliki 2 tipe yaitu dingkur pada tanah (*ground anchored*) dan diangkur pada spannya sendiri (*self-anchored*). Angkur dengan *Self-anchored* mengangkur kabel utama pada ujung – ujung girder. *Self*

*Anchored* adalah angkur yang mengangkur pada jembatannya sendiri (Han et al., 2019). Tipe pengangkur ini tidak bergantung pada berat blok angkur. Kabel utama akan diangkur di deck jembatan sehingga deck jembatan menerima gaya tekanan horizontal dari kabel utama. Gaya tekan horizontal ini menyebabkan resiko terjadinya tekuk global pada deck jembatan. Selain itu deck jembatan harus tetap menahan gaya vertikal di atasnya. Sedangkan blok angkur yang diangkur di tanah (*ground anchored*) merupakan sebuah sistem yang mentransfer gaya tarik kabel utama ke blok angkur dan menyeimbangkan gaya tarik kabel utama melalui berat angkur (Pasak, 2018). Blok angkur yang ditanam pada tanah dapat dibagi dalam dua tipe yaitu *Gravity-Type Anchorage* (GTA) atau disebut angkur tipe gravitasi dan *Tunnel-Type Anchorage* (TTA) atau disebut angkur tipe terowongan.

Beberapa jembatan – jembatan yang telah menggunakan angkur dengan tipe terowongan (*Tunnel Type Anchorage*) diantaranya adalah Washington Bridge di Amerika pada tahun 1932, The Oakland – San Francisco Bay Bridge di Amerika pada tahun 1936, The Forth Road Bridge across Foss Bay di Inggris pada tahun 1964, dan Seto Bridge diantara Honshu dan Shikoku di Jepang pada tahun 1988. Sedangkan jembatan – jembatan yang telah menggunakan angkur dengan tipe gravitasi (*Gravity Type Anchorage*) diantaranya adalah The Akashi-kaikyo Bridge di Jepang, Golden Gate Bridge di Amerika, Humber Bridge di Inggris, dan jembatan Kutai Kartanegara di Indonesia.

Jembatan gantung eksisting pada penelitian ini memiliki panjang bentang sepanjang 120 m, dan lebar 1,8 m. Tipe blok angkur adalah angkur tipe gravitasi

dengan tinggi 6,75 m dan lebar 4,90 m. Jembatan ini juga memiliki jarak antara blok angkur dan pylon jembatan adalah sepanjang 30 m untuk sisi sebelah kanan maupun sebelah kiri jembatan.

Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan nilai tegangan yang terjadi pada angkur dengan program Ansys untuk analisa pada penulangan blok angkur, memperoleh jarak penulangan yang lebih sesuai pada daerah tarik maksimum blok angkur, dan mendapatkan gambaran secara grafis pengaruh terhadap geometri struktur blok angkur akibat gaya tarik kabel *backstay*.

Penelitian terhadap analisa blok angkur pada jembatan gantung dilakukan oleh (Zhou et al., 2021). Mereka melakukan analisis dengan teori-teori yang ada berdasarkan data lapangan dan menganalisis dengan bantuan program elemen hingga yaitu program Abaqus. Hasil analisis menunjukkan beberapa parameter diantaranya adalah kekuatan kestabilan dan anti guling pada blok angkur yang dihitung berdasarkan teori analisis, dan perpindahan horizontal, vertikal, contact stress pada blok angkur yang diperoleh dari hasil analisa bantuan program Abaqus yang berdasarkan metode elemen hingga. Hasil perhitungan memenuhi persyaratan yang disyaratkan, dimana blok angkur pada penelitian ini stabil dan mampu untuk menahan gaya tarik kabel *backstay* dan kabel utama.

Penelitian terhadap blok angkur jembatan gantung pejalan kaki juga dilakukan oleh (Han et al., 2019). Pada penelitian ini banyak menjelaskan berbagai jenis blok angkur yang digunakan pada jembatan gantung, baik jembatan gantung pejalan kaki maupun jembatan

gantung dengan kapasitas lalu lintas yang besar. Pada penelitian ini juga disebutkan bahwa blok angkur dengan tipe gravitasi lebih banyak diterapkan pada jembatan gantung dibandingkan dengan blok angkur dengan tipe Self anchor.

Kabel pada jembatan gantung merupakan komponen yang sangat penting juga untuk menentukan beban tarik yang diterima oleh blok angkur (Anggraeni & Herbudiman, 2009). meneliti studi parameter desain dimensi elemen struktur jembatan gantung. Pada penelitian ini menganalisa gaya-gaya dalam yang terjadi pada jembatan gantung pejalan kaki dengan bentang 120 m menggunakan program SAP 2000 dan menyimpulkan bahwa semakin besar diameter kabel maka semakin kecil lendutan pada seperempat bentang, namun semakin meningkat juga gaya tarik kabel *backstay* akibat berat sendiri kabel dengan dimensi yang lebih besar. Selain dimensi kabel, jarak antara blok angkur dan pylon juga berpengaruh pada pembebanan pada jembatan gantung dan harus dilakukan dengan sangat teliti pada proses pembangunan jembatan. (Dewobroto, 2022) meneliti jembatan gantung yang berfokus pada Forensic Engineering mengungkapkan bahwa kesalahan pada pelaksanaan pembangunan jembatan gantung dimana panjang dari jarak horizontal antara blok angkur dan pylon tidak mengikuti perencanaannya sehingga menyebabkan timbulnya gaya lateral pada pylon yang tidak diperhitungkan pada perencanaan sehingga menyebabkan keruntuhan jembatan.

Faktor pembebanan dibutuhkan untuk menentukan pembebanan yang ideal pada sebuah struktur jembatan gantung untuk menghindari keruntuhan struktur

dan juga menghindari over dimension. (Setiati & Wardhana, 2015). Mereka melakukan perhitungan struktur jembatan dengan menggunakan pembebanan standar dan mempertimbangkan beban angin serta frekuensi getar beban yang bekerja. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa beban yang bekerja masih lebih kecil dibandingkan dengan beban standar.

Penelitian terhadap penulangan beton sudah banyak dilakukan pada penelitian – penelitian terdahulu. (Suku, 2018) melakukan pemodelan dan analisis dengan penerapan program elemen hingga Ansys untuk menganalisa perilaku balok beton bertulang yang berbeda diameter akibat variasi tata letak tulangnya. (Kumaseh et al., 2015) melakukan penelitian pengaruh jarak sengkang terhadap kapasitas beban aksial maksimum kolom beton berpenampang lingkaran dan segi empat. Penelitian ini mengevaluasi dan meneliti pengaruh jarak sengkang terhadap kapasitas beban aksial maksimum kolom yang berpenampang lingkaran dan segi empat.

Penerapan program elemen hingga sangat membantu dalam penelitian analisa blok angkur. Beberapa penelitian terdahulu sudah melakukannya (Rayhan & Rahman, 2020). Pada penelitian ini mereka membuktikan keandalan software Ansys untuk memodelkan detail material dan menganalisa dengan hasil akurasi yang baik dan tidak menghabiskan banyak waktu (Ali et al., 2020). Pada penelitian ini mereka menggunakan program Abaqus untuk menentukan respon dinamik dari jembatan gantung dimana divalidasi terhadap hasil eksperimental pengujian getar dan pemodelan numerik. Hasil dari penelitian menyimpulkan bahwa ketebalan sekitar 20 mm untuk bahan GFRP (*Glass Fibre Reinforced Polymer*) dan kaca

laminasi (*innovative composite deck*) yang digunakan pada penelitian adalah efektif untuk memenuhi standar code/peraturan jembatan untuk kedua beban baik beban statik dan respon dinamik. (Purnamasari, 2016) melakukan analisa retak pada balok tinggi dengan variasi jarak sengkang menggunakan Ansys. Hasil penelitian dari analisa program Ansys menunjukkan pola retak terjadi pada tegangan yang melebihi batas mutu beton untuk jarak sengkang yang semakin rapat.

Blok angkur pada beton sudah pernah diteliti juga sebelumnya oleh (Huda & Apriyatno, 2020). Dimana mereka melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan kekuatan angkur berdasarkan metode pemasangan yaitu secara cast in place dibandingkan post-installed melalui pengujian kuat tarik angkur terhadap beton dengan kegagalan breakout concrete (Eligehausen, 2006). Angkur tipe ekspansi merk “Sanko” M12x100 (kedalaman 60 mm, diameter 12 mm, panjang 100 mm) dan beton ready mix fc’ 25 MPa. Dalam pengujian tarik angkur terhadap beton baik pemasangan angkur secara cast in place dan post installed, masing - masing metode pemasangan menggunakan 3 benda uji dengan dimensi 300x300x150 mm. Setiap benda uji terpasang 4 angkur. Hasil pengujian dan hitungan teoritis ditunjukkan dengan kegagalan breakout concrete (jebol beton) akibat tarik, dimana perilaku jebolnya beton disekitar angkur, dengan kekuatan maksimum rata-rata sebesar 40,5 kN untuk pemasangan cast in place dan 38,2 kN untuk pemasangan angkur secara post installed. Kuat tekan beton rata-rata sebesar 25,2 MPa. Kuat tarik (bahan) angkur rata-rata sebesar 338 MPa. Namun dalam penelitian yang penulis lakukan untuk blok angkur baja yang tertanam

pada blok beton tidak dapat menerapkan sepenuhnya metode breakout concrete ini dikarenakan berbedanya baut baja dengan baja profil H. Dimana kedalaman baja profil H adalah 2,35 m sudah melebihi lebar penampang betonnya sehingga perhitungan tersebut tidak dapat diterapkan sepenuhnya pada perhitungan tegangan blok angkur jembatan gantung yang menggunakan baja profil H. Tetapi masih bisa mengadopsi pola keruntuhan kritis yang terjadi pada beton akibat gaya tarik yaitu 350 dari kedalaman angkur.

Pada penelitian ini kondisi tulangan eksisting pada struktur angkur jembatan gantung di lapangan memiliki jarak yang seragam. Hal ini dilakukan karena untuk mempermudah pekerjaan di lapangan sehingga perencana menggunakan jarak yang seragam namun seharusnya jarak penulangan dapat lebih rapat hanya pada daerah tarik maksimumnya. Jarak yang seragam pada eksisting membutuhkan jumlah besi yang lebih banyak sehingga berdampak pada biaya pembangunan yang tidak ekonomis karena itu tidak disarankan untuk dilakukan. Untuk menganalisa permasalahan ini penulis membutuhkan bantuan program elemen hingga yaitu Ansys untuk mendapatkan tegangan yang terjadi.

### **Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan studi literatur dan analisis dengan metode kuantitatif (Sugiyono, 2018) menggunakan program Ansys yang berbasis metode elemen hingga.

Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur mengenai blok angkur pada jembatan gantung, dan dilakukan juga studi berdasarkan penelitian – penelitian terdahulu dan terkait dengan penelitian ini. Mempelajari gaya tarik maksimum kabel backstay pada jembatan gantung dari gaya-gaya dalam yang diketahui dari hasil analisa keseluruhan struktur jembatan gantung, mempelajari tegangan yang terjadi pada blok angkur dengan menggunakan program Ansys, serta melakukan analisa tulangan dengan metode empiris berdasarkan SNI 2847 tahun 2019.

Objek penelitian ini adalah jembatan gantung pejalan kaki yang bernama Pisang Binaya yang berada di Desa Pisang Binaya Kecamatan Teluk Dalam Kabupaten Asahan Provinsi Sumatera Utara. Jembatan gantung ini memiliki panjang 120 m dengan lebar 1,8 m. Jembatan ini memiliki 2 buah angkur tipe gravitasi dengan ukuran yang sama pada kedua ujung jembatan. Lokasi dan jembatan dapat dilihat pada gambar 1.



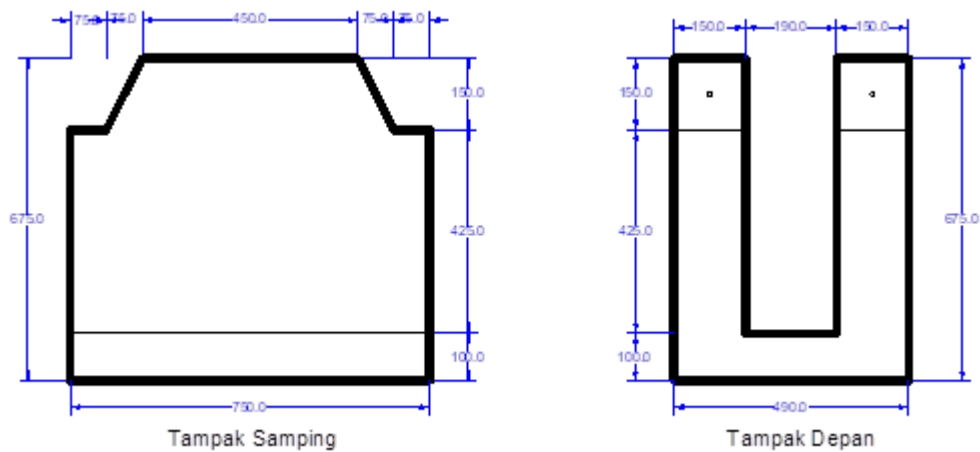
**Gambar 1. Jembatan Gantung Pisang Binaya**

Blok angkur yang digunakan pada jembatan gantung pejalan kaki ini adalah blok angkur dengan tipe gravitasi yang

memiliki dimensi yang sangat besar seperti yang terlihat pada gambar 2 dan 3.



**Gambar 2. Blok angkur tipe gravitasi yang digunakan pada jembatan gantung Pisang Binaya**



**Gambar 3. Dimensi angkur gravitasi pada jembatan gantung Pisang Binaya (mm)**

Tahap berikutnya melakukan input data – data jembatan dan memodelkan keseluruhan jembatan gantung pada program SAP 2000 untuk melakukan analisa struktur. Hasil analisa keseluruhan struktur mendapatkan gaya tarik kabel backstay yang akan menjadi beban pada blok angkur. Pada tahap selanjutnya memodelkan blok angkur pada program Ansys dan membahas hasil analisisnya.

### Hasil dan Pembahasan

#### A. Gaya tarik Kabel Backstay

Pemodelan struktur jembatan gantung pada program SAP 2000 bertujuan untuk mencari gaya tarik maksimum kabel backstay untuk menjadi beban pada blok angkur jembatan gantung yang akan disimulasi pada program Ansys. Beban yang diinput pada perhitungan struktur ini

diantaranya adalah beban mati, beban hidup, dan beban samping seperti beban angin dan beban gempa yang berdasarkan peraturan SNI 1726 tahun 2019.

Kombinasi pembebanan juga mengacu pada peraturan SNI 1726 (Badan Standarisasi Nasional, 2019) dengan 7 kombinasi diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Kombinasi 1 : 1,4D
2. Kombinasi 2 : 1,2D+1,6L
3. Kombinasi 3 : 1,2D+L+0.5W
4. Kombinasi 4 : 1,2D+1,0W+L
5. Kombinasi 5 : 0,9D+1,0W
6. Kombinasi 6 : 1,2D+E-v+Eh+L
7. Kombinasi 7 : 0,9D-Ev+Eh

Kombinasi – kombinasi diatas dijabarkan lagi kedalam tabel 1 untuk diinput pada program SAP 2000.

**Tabel 1. Kombinasi – kombinasi pembebanan yang digunakan pada SAP 2000**

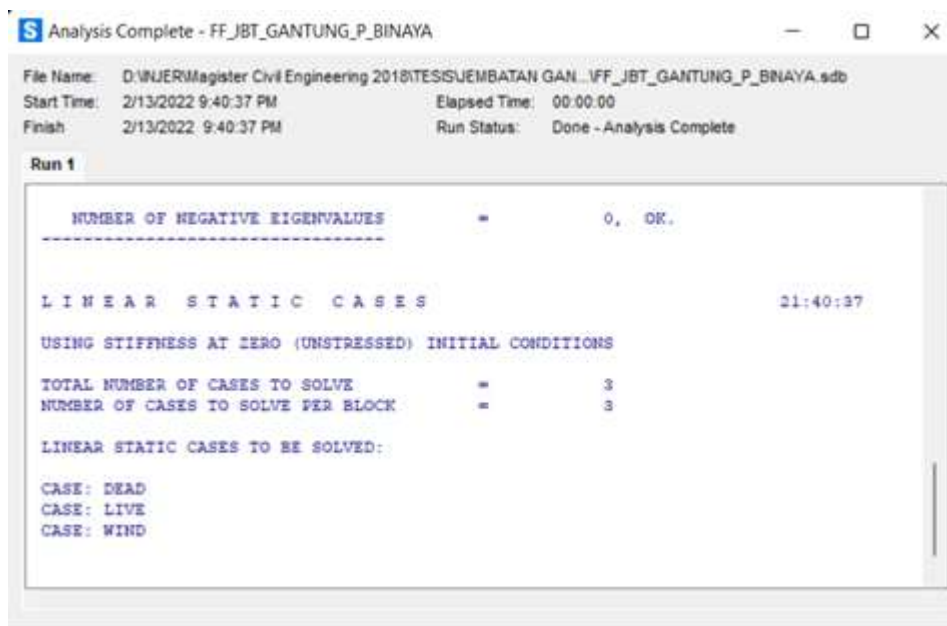
Nomor	DL	SIDL	LL	W <sub>x</sub>	W <sub>y</sub>	E <sub>x</sub>	E <sub>y</sub>
1	1.1	1.4	1.4				
2	2.1	1.2	1.2	1.6			
3	3.1	1.2	1.2	1			
	3.2	1.2	1.2	0.5			
	3.3	1.2	1.2		0.5		

	3.4	1.2	1.2		0.375	0.375	
	3.5	1.2	1.2	1			
4	4.1	1.2	1.2	1	1		
	4.2	1.2	1.2	1		1	
	4.3	1.2	1.2	1	0.75	0.75	
5	5.1	0.9	0.9		1		
	5.2	0.9	0.9			1	
	5.3	0.9	0.9		0.75	0.75	
6	6.1	1.2895	1.2895	1			1.3 0.39
	6.2	1.2895	1.2895	1			1.3 -0.39
	6.3	1.2895	1.2895	1			-1.3 0.39
	6.4	1.2895	1.2895	1			-1.3 -0.39
	6.5	1.2895	1.2895	1			0.39 1.3
	6.6	1.2895	1.2895	1			-0.39 1.3
	6.7	1.2895	1.2895	1			0.39 -1.3
	6.8	1.2895	1.2895	1			-0.39 -1.3
7	7.1	0.8105	0.8105				1.3 0.39
	7.2	0.8105	0.8105				1.3 -0.39
	7.3	0.8105	0.8105				-1.3 0.39
	7.4	0.8105	0.8105				-1.3 -0.39
	7.5	0.8105	0.8105				0.39 1.3
	7.6	0.8105	0.8105				-0.39 1.3
	7.7	0.8105	0.8105				0.39 -1.3
	7.8	0.8105	0.8105				-0.39 -1.3

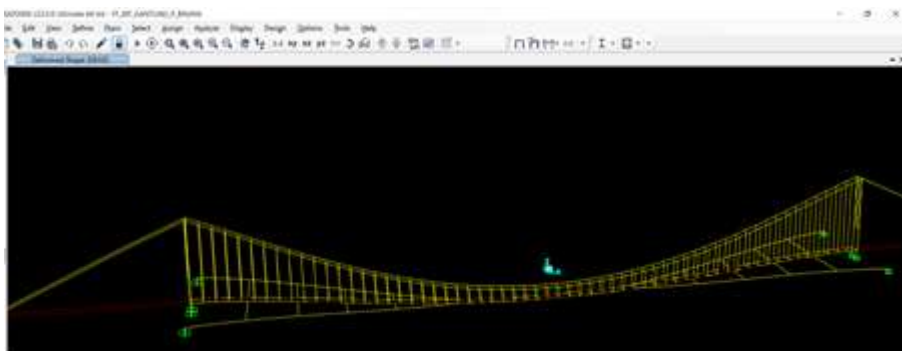
Setelah tahap desain pemodelan, mendefinisikan material, penampang, beban, dan menentukan kombinasi pembebanan, maka analisa struktur dapat langsung dilakukan dengan memilih menu analysis options, centang bagian available DOFs terhadap arah UX, UY, UZ, RX, RY, RZ karena analisa yang dilakukan dengan 3 dimensi. Kemudian menekan F5 untuk

memunculkan menu run, kemudian langkah terakhir adalah memilih menu run now dan program akan menjalankan perhitungan analisis struktur (Badan Standardisasi Nasional, 2016). Hasil analisis tampak pada gambar 4, ragam getar dominan pertama seperti tampak pada gambar 5, dan gaya aksial akibat kombinasi 2.1 pada gambar 6.

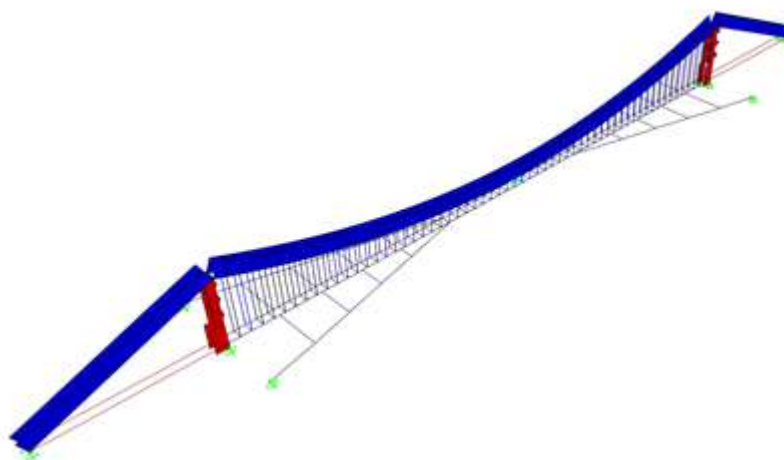
Analisa Tulangan pada Blok Angkur Jembatan Gantung dengan menggunakan Ansys



Gambar 4. Hasil analisis program SAP 2000



Gambar 5. Ragam getar dominan pertama



Gambar 6. Gaya tarik kabel backstay akibat kombinasi 2.1



Pada hasil tersebut didapat gaya tarik kabel maksimum di kombinasi 2.1 yang terjadi pada kabel backstay sebesar 169,09 kN diperoleh dari

keempat kabel backstay pada jembatan gantung seperti diperlihatkan pada tabel 2.

**Tabel 2. Gaya tarik kabel backstay**

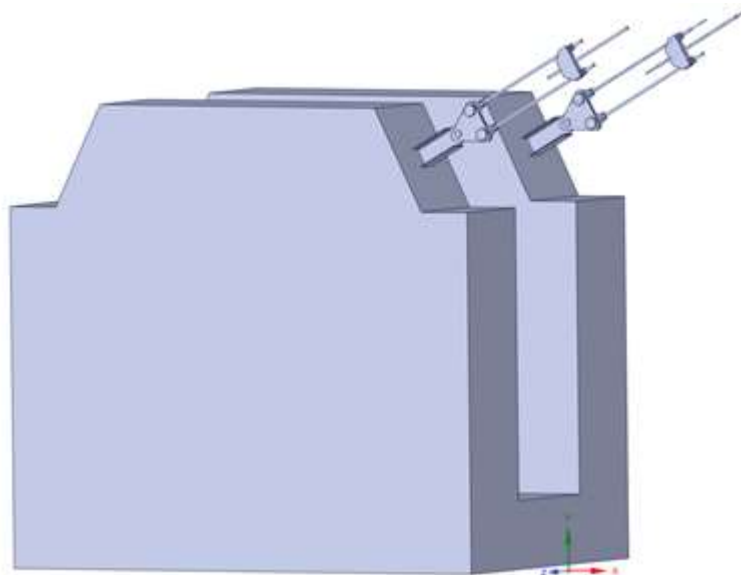
Frame	Output Case	P (kN)	Keterangan
2	Comb. 2.1	168,90	Left side span
4	Comb. 2.1	169,09	Left side span
425	Comb. 2.1	168,89	Right side span
427	Comb. 2.1	169,08	Right side span

Pada penelitian ini lebih difokuskan pada blok angkur tipe gravitasi, maka beban yang akan digunakan adalah beban kabel backstay sebesar 169,09 kN. Kemudian beban ini akan diterapkan pada angkur gravitasi di program Ansys.

**B. Tegangan Blok Angkur pada Ansys**

Setelah analisa struktur jembatan gantung dilakukan pada SAP 2000 dan

mendapatkan gaya tarik maksimum backstay, maka tahap selanjutnya adalah memodelkan blok angkur pada program Ansys untuk mendapatkan tegangan yang terjadi. Pemodelan dimensi blok angkur jembatan gantung Pisang Binaya pada program Ansys dapat dilihat pada gambar 7.

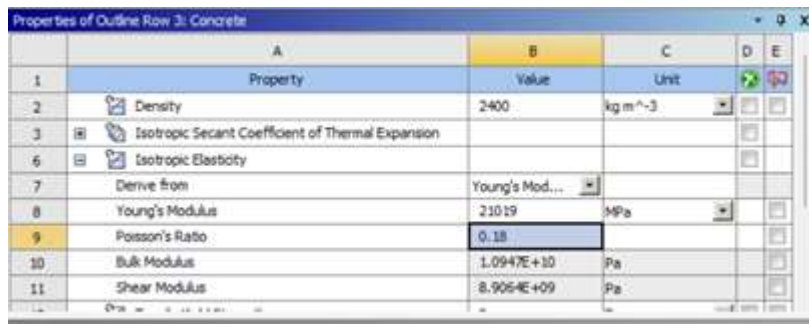


**Gambar 7. Model dari angkur gravitasi jembatan gantung Pisang Binaya pada Ansys**

Tahap pertama sebelum pemodelan adalah melakukan input material yang akan digunakan. Pada tahapan ini digunakan material beton

dengan mutu beton  $f_c'$  20 MPa untuk blok beton dan baja SS400 dengan  $f_y$  245 MPa untuk blok baja yang tertanam pada blok beton yang digunakan pada

angkur gravitasi seperti yang diperlihatkan pada gambar 8.

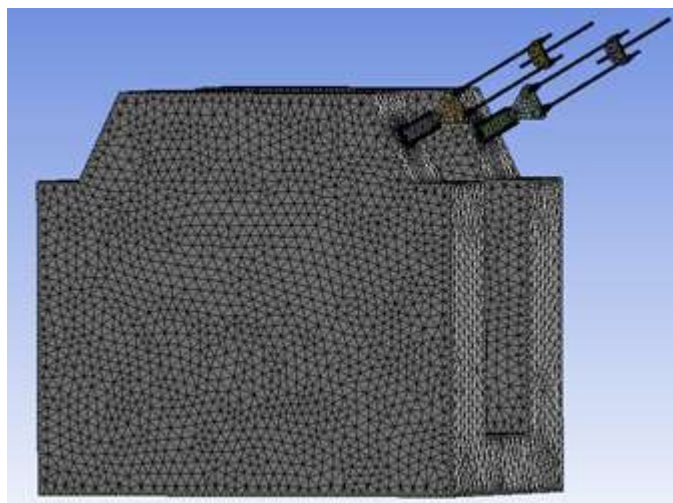


Property	Value	Unit
Density	2400	kg m <sup>-3</sup>
Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion		
Isotropic Elasticity		
Derive from	Young's Mod...	
Young's Modulus	21019	MPa
Poisson's Ratio	0.18	
Bulk Modulus	1.0947E+10	Pa
Shear Modulus	8.9064E+09	Pa

**Gambar 8. Input material pada Ansys**

Tahap berikutnya melakukan meshing pada model yang telah disiapkan. Meshing adalah proses membagi komponen yang akan dianalisis menjadi elemen – elemen kecil atau diskrit, semakin kecil ukuran mesh maka akan semakin detail pula

hasil yang didapatkan, dan semakin baik kualitas mesh maka akan semakin tinggi tingkat konvergensinya (Pinem, 2017). Pada penelitian ini ditentukan ukuran mesh senilai 10 cm yang diterapkan pada geometri ankur seperti yang terlihat pada gambar 9.

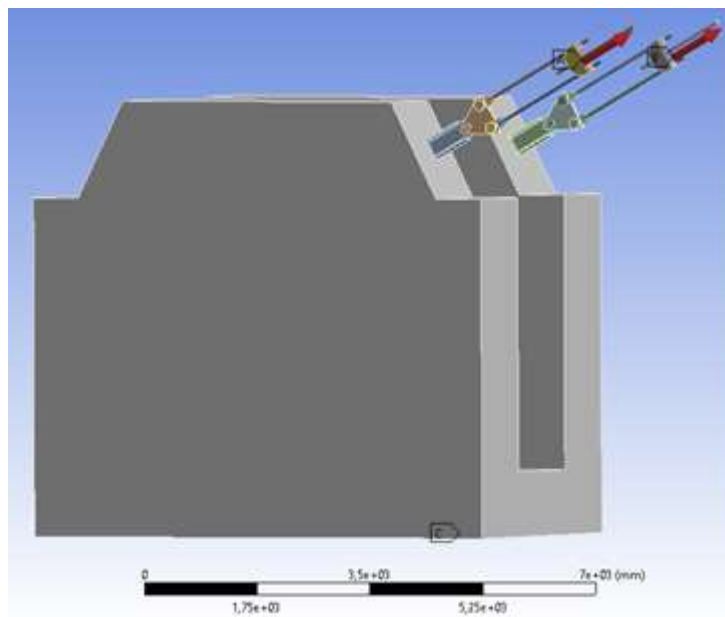


**Gambar 9. Meshing pada ankur gravitasi jembatan gantung**

Kemudian untuk menyamakan model dengan kondisi pada lapangan maka dibutuhkan tahap kondisi batas atau yang disebut Boundary condition. Ini merupakan tahapan penting pada Ansys untuk menentukan pembebanan, dan jenis perletakan dimana harus diatur sedemikian rupa sehingga semirip mungkin dengan kondisi nyata

sehingga model struktur dapat mewakili kondisi nyata yang terjadi di lapangan. (Ansys Inc, 2020). Pada tahap inilah beban tarik maksimum dari kabel backstay sebesar 169,09 kN diinput sebagai beban pada model ankur gravitasi pada penelitian ini. Jenis perletakan pada model ankur diasumsikan Fixed support. Kondisi

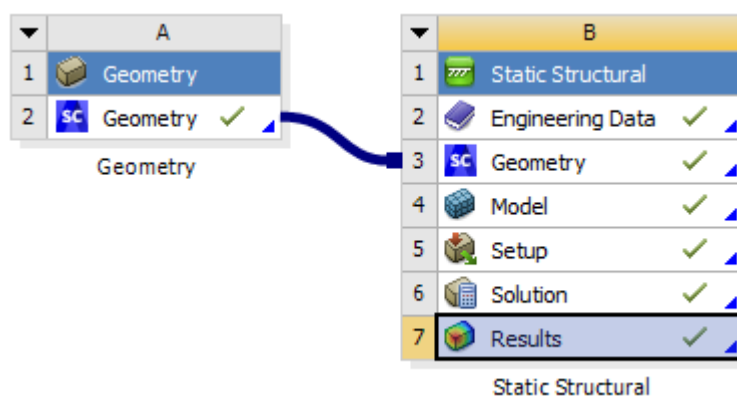
batas pada blok angkur dapat dilihat pada gambar 10.



**Gambar 10. Kondisi batas pada blok angkur**

Setelah kondisi batas diatur, tahap selanjutnya adalah menentukan hasil analisis yang berupa tegangan dengan cara memilih menu solution kemudian memilih equivalent stress. Tahap berikutnya memastikan keseluruhan

proses telah benar dengan cara melihat tanda centang pada setiap proses seperti pada gambar 11. Setelah semua proses sudah tercentang maka kembali ke menu solution dan pilih solve untuk memulai Ansys melakukan analisis.



**Gambar 11. Tanda centang pada proses analisa program Ansys**

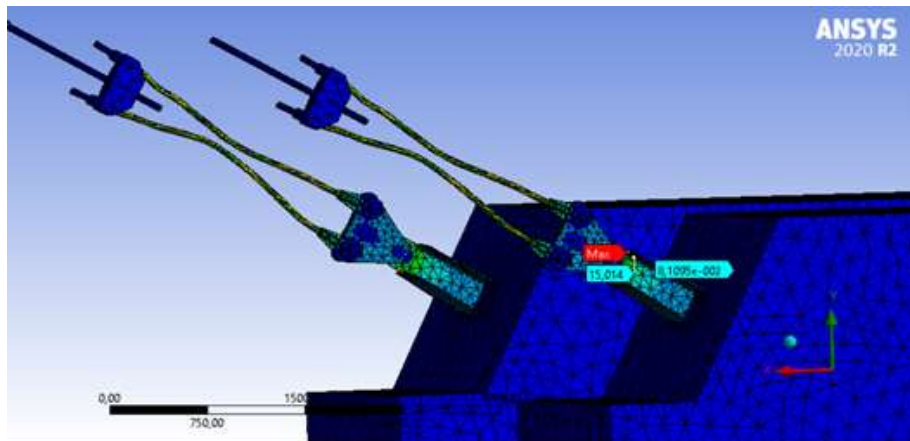
Hasil perhitungan elemen hingga dengan bantuan program Ansys memperlihatkan tegangan tarik maksimum pada blok beton angkur adalah sebesar 0,081 Mpa dan berada dekat dengan posisi blok baja yang

tertanam seperti diperlihatkan pada gambar 12 Tegangan ini diperoleh beton setelah tegangan didistribusi terlebih dahulu pada blok baja H 300x300x10x15 yang tertanam pada angkur gravitasi sehingga beton

## Analisa Tulangan pada Blok Angkur Jembatan Gantung dengan menggunakan Ansys

menerima tegangan tarik yang lebih kecil. Pada baja profil H sebagai angkur yang tertanam menghasilkan tegangan sebesar 15,014 MPa. Proses ini terjadi

pada simulasi program Ansys. Hasil analisa dari program Ansys dapat dilihat pada gambar 12.

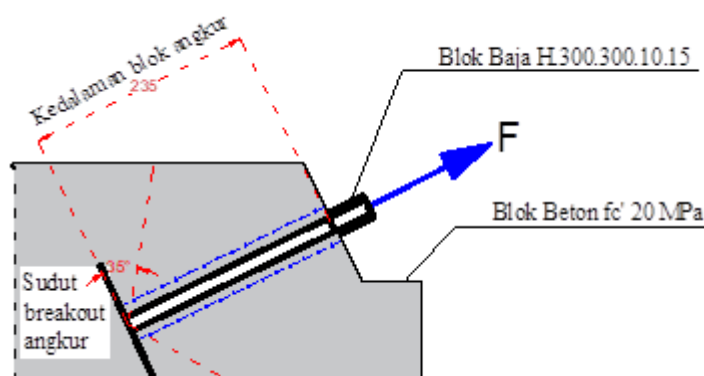


**Gambar 12. Hasil analisa blok angkur pada Ansys**

Pengaruh terhadap bentuk geometri blok angkur akibat gaya tarik kabel backstay dari hasil analisa Ansys terlihat tidak terlalu berbeda pada beton di daerah berwarna biru yang berarti tegangan pada daerah tersebut tidak berbeda jauh dengan titik – titik yang lain dan daerah biru tersebut menunjukkan bahwa tegangan masih dalam batas yang aman.

Kuat jebol beton juga perlu diperhitungkan untuk memastikan

kekuatan blok angkur terhadap jebol beton (Badan Standarisasi Internasional, 2019). Berdasarkan hasil yang didapat kuat jebol beton tersebut adalah 5.094, kN, maka dapat disimpulkan bahwa blok beton pada angkur sangat kuat untuk menahan keruntuhan jebol beton akibat gaya tarik kabel backstay 169,09 kN < 5.094,5 kN. Ilustrasi kuat jebol pada beton dapat dilihat pada gambar 13.

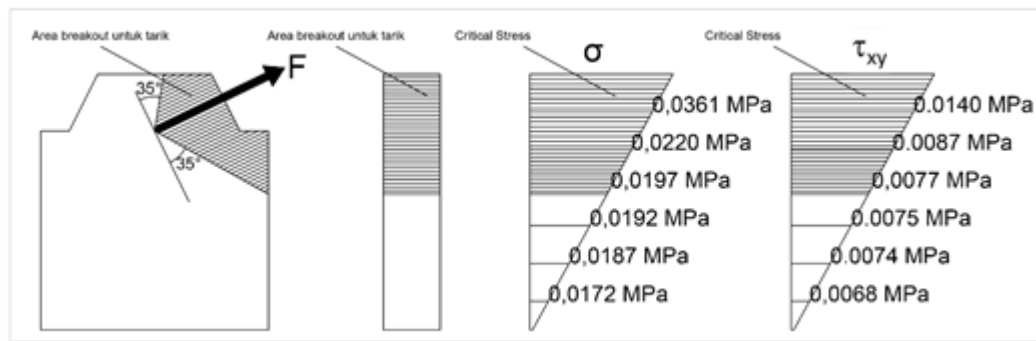


**Gambar 13. Ilustrasi jebol beton pada blok angkur**

### C. Penulangan Blok Angkur

Berdasarkan hasil analisa Ansys dapat diketahui tegangan tarik maksimum pada blok beton angkur. Berdasarkan hasil analisa Ansys yang

telah diperoleh didapatkan juga tegangan pada tiap 1 meter lapis layernya seperti diperlihatkan pada gambar 14.



Gambar 14. Tegangan pada tiap 1 m lapis layer

Pertimbangan breakout area pada tarik beton akibat gaya tarik angkur seperti yang dijelaskan pada ACI 318-19, section 17. Daerah breakout menjadi area yang kritis dengan sudut 350 terhadap tegak lurus gaya (ACI Commite 318, 2019). Merujuk pada hasil running Ansys diperoleh tegangan maksimum sekitar area blok beton angkur sebesar 0,081 MPa.

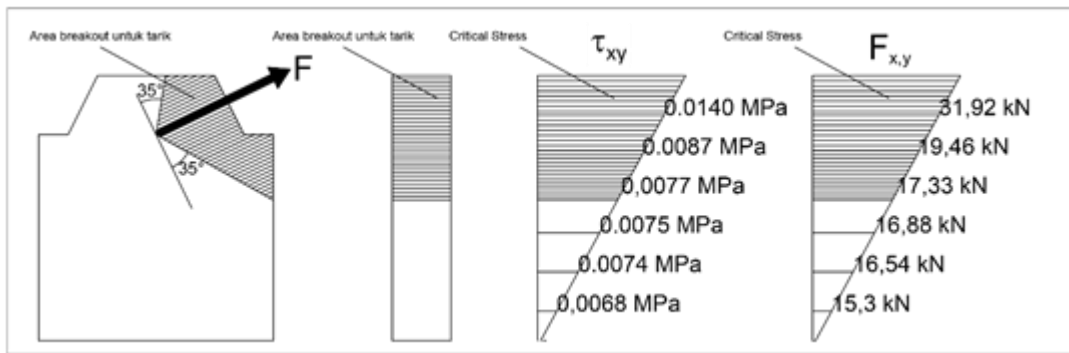
Tegangan maksimum sebesar 0,081 Mpa kemudian didistribusikan searah x dan y. Dari analisa program Ansys diperoleh tegangan sebesar 0,0361 MPa dimulai dari bagian atas angkur 1 m seperti yang terlihat pada gambar 14. Selanjutnya dilakukan pemetaan area berdasarkan ACI 318-19 section 17 dan SNI 2847 tahun 2019 didapat breakout area yang disesuaikan dengan tegangan yang terjadi sepanjang struktur. Berdasarkan kondisi tersebut maka penulangan pada struktur blok angkur dapat didesain sesuai tegangan maksimum per layer 1 meter.

Tegangan tarik izin pada beton bertulang didapat dengan formula,  $f_t =$

$6(\sqrt{f_c'})$ . Diketahui pada dokumen perencanaan bahwa,  $f_c' = 20 \text{ Mpa} = 2900,75 \text{ psi}$  dan  $f_t = 6(\sqrt{2900,75}) = 323,15 \text{ psi} = 2,23 \text{ Mpa}$ . (Nawy et al., 2015).

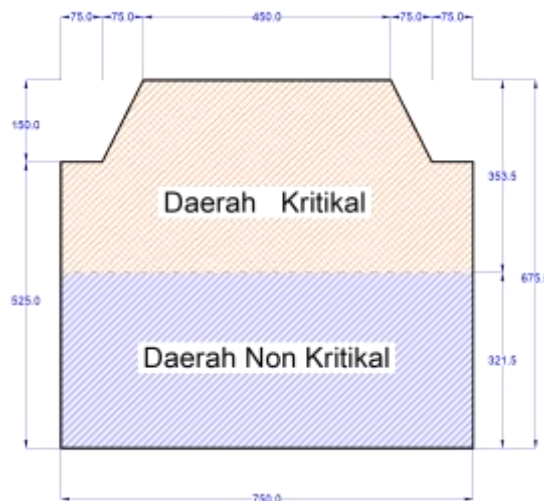
Berdasarkan hasil running Ansys didapat tegangan tarik maksimum beton  $\sigma_t = 0,081 \text{ Mpa} < f_t = 2,22 \text{ Mpa}$  sehingga  $f_t > \sigma_t$  yang berarti tegangan tarik pada beton masih dalam batas yang aman, sehingga hanya diperlukan penulangan minimum. Namun jika tegangan tarik yang terjadi melebihi tegangan izin maka diharuskan menggunakan penulangan yang maksimal.

Berdasarkan tegangan per 1 meter pada blok angkur maka diperoleh layer gaya per 1 meter. Layer gaya per 1 meter menjadi referensi dalam perhitungan penulangan pada blok angkur sehingga dapat dilakukan perhitungan sesuai gaya yang bekerja, tidak disamaratakan sepanjang struktur seperti yang diperlihatkan pada gambar 15 yang menunjukkan layer gaya.



**Gambar 15. Layer gaya per 1 meter terhadap x dan y**

Perhitungan dilakukan pada daerah kritis dan non kritis pada struktur angkurnya seperti pada gambar 16.



**Gambar 16. Daerah kritis dan nonkritis blok angkur (cm)**

Hasil analisa penulangan pada blok angkur disajikan pada tabel 3 berikut.

**Tabel 3. Hasil Analisa Penulangan Blok Angkur**

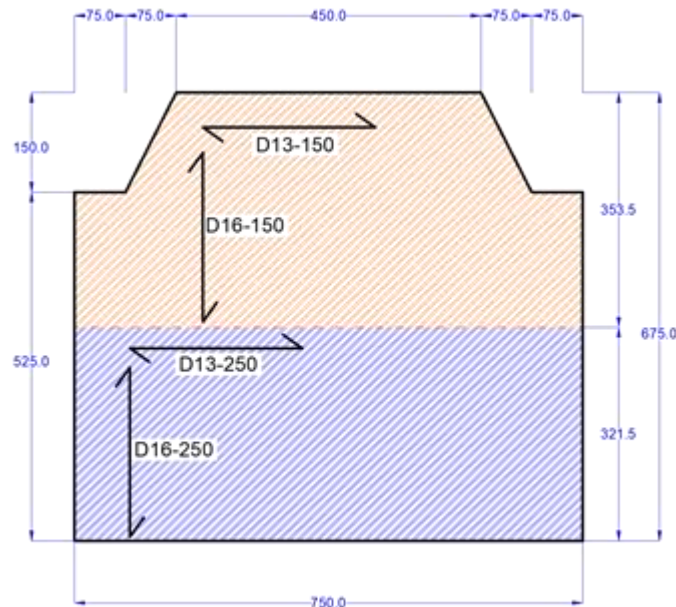
Diameter	Jarak Tulangan eksisting				Jarak Hasil analisa Penulangan			
	Daerah Kritis (mm)		Daerah Non Kritis (mm)		Daerah Kritis (mm)		Daerah Non Kritis (mm)	
	x	y	x	y	x	y	x	y
D 16	-	150	-	150	-	150	-	250
D 13	150	-	150	-	150	-	250	-

Dari hasil analisa penulangan penulis dapat mengoptimasi tulangan

pada daerah kritis dan non kritis. Jarak penulangan eksisting semula baik

pada daerah kritikal dan non kritikalnya adalah seragam dengan jarak 150 mm. Kemudian penulis mengoptimalkan dengan jarak 250 mm pada daerah non

kritikalnya dan 150 mm tetap pada daerah kritikalnya seperti diperlihatkan pada tabel 3 dan gambar 17.



**Gambar 17. Hasil analisa tulangan**

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa program Ansys diperoleh tegangan maksimum pada baja angkur yang tertanam sebesar 15,014 MPa dan diperoleh tegangan maksimum yang terjadi pada beton sebesar 0,081 MPa. Tegangan tarik yang terjadi pada beton ini sangat kecil karena tegangan maksimum keseluruhan pada blok angkur dipikul oleh blok baja yang tertanam.

Hasil analisa penulangan membuktikan bahwa beton pada angkur sudah sangat aman. Kuat geser beton jauh lebih besar dari pada beban ultimit yang terjadi baik pada daerah kritikal dan non kritikal. Sehingga beton pada angkur ini disarankan menggunakan tulangan minimum. Tulangan eksisting pada kondisi lapangan sudah sangat mampu untuk memikul gaya yang terjadi pada blok angkur namun pada penulisan ini penulis merekomendasikan penulangan yang lebih

rapat pada daerah tarik maksimumnya saja atau pada daerah kritikalnya sesuai dengan sudut kritikal 350 pada angkur, sehingga penulis memberikan jarak penulangan yang lebih lebar pada daerah non kritikalnya. Hal ini juga dapat memberikan nilai yang lebih ekonomis untuk penulangan pada blok angkur.

### BIBLIOGRAFI

- ACI Commite 318. (2019). *Building Code Requirements for Structural Concrete*. ACI.
- Ali, S., Thambiratnam, D., Liu, X., & Fawzia, S. (2020). Numerical study of pedestrian suspension bridge with innovative composite deck. *Heliyon*, 6(7), e04473. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04473>. [Google Scholar](#)

- Anggraeni, I., & Herbudiman, B. (2009). Studi Parameter Desain Dimensi Elemen Struktur Jembatan Gantung Pejalan Kaki dengan Bentang 120 m. *Media Teknik Sipil*, 8(2), PP-125. [Google Scholar](#)
- Ansys Inc. (2020). *Structural Analysis Guide*. Canonsburg: Southpointe.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *Pembebanan untuk jembatan*. Binamarga.Pu.Go.Id.
- Badan Standardisasi Internasional. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*. Tekonsipil.Sv.Ugm.Ac.Id.
- Dewobroto, W. (2022). Failure analysis of suspension bridge tower using Direct Analysis Method (DAM). *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Forensic Engineering*, 175(3), 1–11. <https://doi.org/10.1680/jfoen.21.00009>. [Google Scholar](#)
- Eligehausen, R., Mallée, R., & Silva, J. F. (2006). Anchorage in concrete construction (Vol. 10). Stuttgart: Ernst & Sohn GmbH & Co. KG. [Google Scholar](#)
- Han, Y., Liu, X., Wei, N., Li, D., Deng, Z., Wu, X., & Liu, D. (2019). A comprehensive review of the mechanical behavior of suspension bridge tunnel-type anchorage. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/3829281>. [Google Scholar](#)
- Huda, A., & Apriyatno, H. (2020). Eksperimen Tarik Angkur Tipe Ekspansi secara Cast in Place dan Postinstalled dengan Keggalan Breakout Concrete. Seminar Nasional Teknik Sipil X 2020. [Google Scholar](#)
- Kumaseh, F., Wallah, S. E., & Pandaleke, R. (2015). Pengaruh Jarak Sengkang Terhadap Kapasitas Beban Aksial Maksimum Kolom Beton Berpenampang Lingkaran Dan Segi Empat. *Jurnal Sipil Statik*, 3(9), 644–650. [Google Scholar](#)
- Pemberlakuan Pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan Konstruksi Jembatan Gantung Untuk Pejalan Kaki, Pub. L. No. Surat Edaran. No. 02/SE/M/2010. (2010).
- Mering, G. K., & IIK, A. D. (2020). Perancangan Jembatan Gantung menggunakan Konstruksi Kabel di Sungai Boyong Kabupaten Sleman, Yogyakarta. *Prosiding Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi*, 200. [Google Scholar](#)
- Nawy, E. G., Tavio, & Kusuma, B. (2015). *Beton bertulang: sebuah pendekatan mendasar*. Surabaya: ITS Press.
- Pasak, I. P. (2018). *Modifikasi Perencanaan Fly Over Lingkar Dalam Barat Surabaya Dengan Menggunakan Balok Box Girder Pratekan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. [Google Scholar](#)
- Pinem, M. D. (2017). *ANSYS: Menganalisis Berbagai Permasalahan Dalam Ilmu Keteknikan*. Bandung: Informatik. [Google Scholar](#)
- Purnamasari, E. (2016). Analisa Retak pada Balok Tinggi dengan Variasi Jarak Sengkang menggunakan Ansys. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil TRANSUKMA*, 2(1), 35–42. [Google Scholar](#)
- Rayhan, S. Bin, & Rahman, M. M. (2020).

- Modeling elastic properties of unidirectional composite materials using Ansys Material Designer. *Procedia Structural Integrity*, 28, 1892–1900.  
<https://doi.org/10.1016/j.prostr.2020.11.012>. [Google Scholar](#)
- Santony, J. (2020). Simulasi penjadwalan proyek pembangunan jembatan gantung dengan metode Monte Carlo. *Jurnal Informasi Dan Teknologi*, 2(1), 30–35.  
<https://doi.org/10.37034/jidt.v2i1.34>.  
[Google Scholar](#)
- Setiati, N. R., & Wardhana, P. K. (2015). Kekuatan Struktur Jembatan Gantung Sederhana untuk Pejalan Kaki. *Jurnal HPJI (Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia)*, 1(2), 67–76.  
<https://doi.org/10.26593/jh.v1i2.1470.25p>. [Google Scholar](#)
- Sugiyono. (2018). *Metode Penelitian kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta. [Google Scholar](#)
- Suku, Y. L. (2018). Pemodelan dan Analisis Perilaku Balok Beton Bertulang yang Berbeda Diameter Akibat Variasi Tata Letak Tulangannya. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 24(1), 20–28.  
<https://doi.org/mkts.v24i1.17303>.  
[Google Scholar](#)
- Zhou, Z., Chen, C., Wang, L., Tian, Y., Feng, H., & Wang, K. (2021). Stability Analysis of The Gravity Anchorage of a Suspension Bridge Based on Large-Scale Field Tests. *Stavební Obzor-Civil Engineering Journal*, 30(1).  
<https://doi.org/10.14311/CEJ.2021.01.0021>. [Google Scholar](#)

---

**Copyright holder :**

Indra Jhon Fischer, Johannes Tarigan, Emma Patricia Bangun (2022)

**First publication right :**

Jurnal Syntax Transformation

**This article is licensed under:**

