

**PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK UNTUK ANALISIS  
KAPASITAS LENTUR PADA BALOK BETON PRATEGANG  
MENGUNAKAN BAHASA PYTHON**

**SKRIPSI  
TEKNIK SIPIL**

**Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**MUHAMMAD SYAHRUL MUNIR  
NIM. 155060101111005**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2019**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK UNTUK ANALISIS  
KAPASITAS LENTUR PADA BALOK BETON PRATEGANG  
MENGUNAKAN BAHASA PYTHON**

**SKRIPSI  
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**MUHAMMAD SYAHRUL MUNIR**

**NIM. 155060101111005**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal 20 Desember 2019

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

**Dr. Eng. Achfas Zacoeb, ST, MT.**

NIP. 19751122 199903 1 003

**Dr. Ir. Wisnumurti, MT**

NIP. 19641207 199002 1 001

Mengetahui, Ketua Program Studi S1

**Dr. Eng Indradi W, ST, M.Eng (Prac.)**

NIP. 19810220 200604 1 002

## HALAMAN IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI

### JUDUL SKRIPSI:

PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK UNTUK ANALISIS KAPASITAS LENTUR  
PADA BALOK BETON PRATEGANG MENGGUNAKAN BAHASA PYTHON

Nama Mahasiswa : Muhammad Syahrul Munir

NIM : 155060101111005

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Struktur

### TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji I : Dr. Ir. Wisnumurti, MT

Dosen Penguji II : Dr. Eng. Achfas Zacoeb, ST, MT.

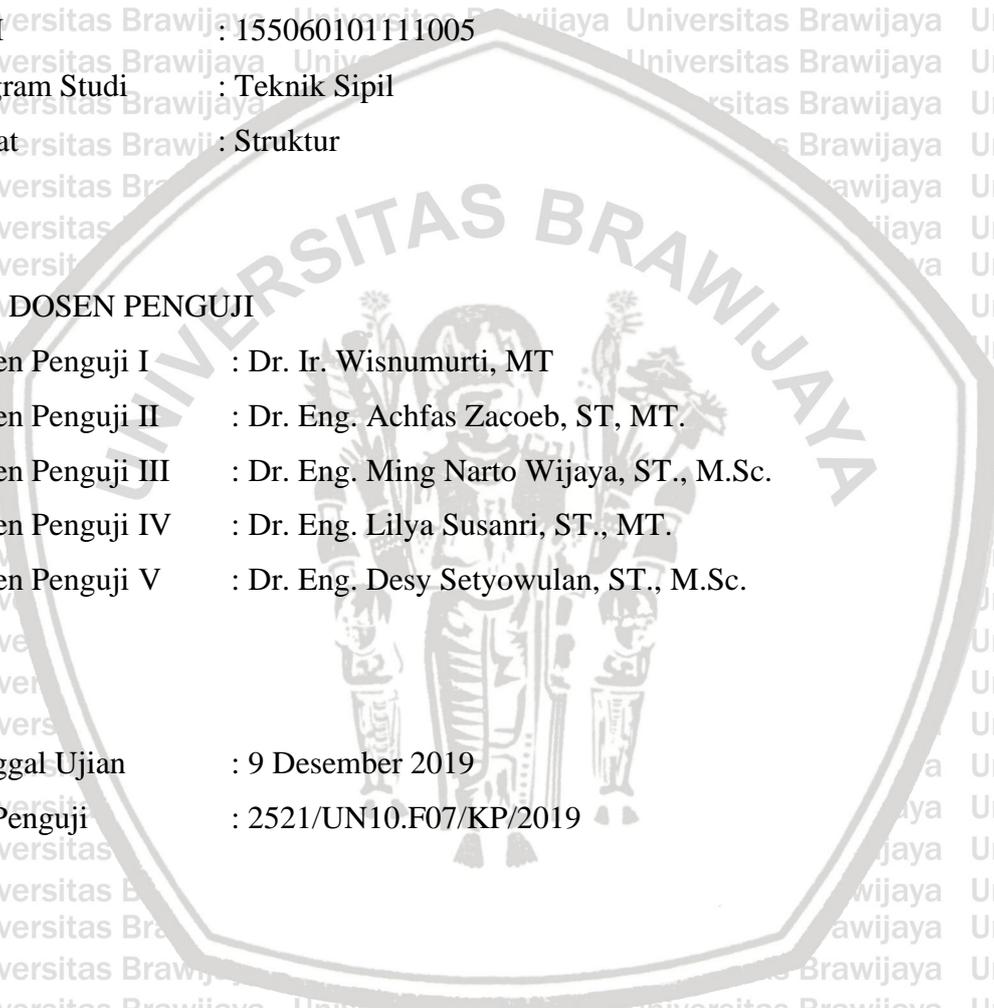
Dosen Penguji III : Dr. Eng. Ming Narto Wijaya, ST., M.Sc.

Dosen Penguji IV : Dr. Eng. Lilya Susanri, ST., MT.

Dosen Penguji V : Dr. Eng. Desy Setyowulan, ST., M.Sc.

Tanggal Ujian : 9 Desember 2019

SK Penguji : 2521/UN10.F07/KP/2019



**PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI**

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 22 Desember 2019

Mahasiswa,

Muhammad Syahrul Munir

NIM. 155060101111005



**RIWAYAT HIDUP**

Muhammad Syahrul Munir lahir di Kediri, 20 Desember 1998. Anak dari Bapak Zamron Agus Salim dan Ibu Titin Rustini. Lulus SDI Al-Huda Kediri tahun 2011, lulus MTsN 2 Kediri tahun 2013, lulus SMAN 1 Kediri tahun 2015. Kemudian melanjutkan studi di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang dan lulus tahun 2019.

Selama menjalani studi di Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang penulis aktif mengikuti kegiatan organisasi seperti Forum Studi Islam Sipil serta kepanitiaan di Fakultas Teknik maupun Jurusan Teknik Sipil.

Malang, 22 Desember 2019

Penulis



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



*“Jika seseorang meninggal dunia, maka terputuslah amalannya kecuali tiga perkara  
(yaitu): sedekah jariyah, ilmu yang dimanfaatkan, atau do’a anak yang sholeh”*

(HR. Muslim no. 1631)



**Kupersembahkan ini kepada  
Keluarga tercinta**

**KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat-Nya sehingga skripsi yang berjudul **“Perancangan Perangkat Lunak Untuk Analisis Kapasitas Lentur Pada Balok Beton Prategang Menggunakan Bahasa Python”** dapat diselesaikan dengan lancar dan tepat pada waktu yang ditargetkan. Penulisan skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Penyelesaian skripsi ini berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak **Zamron Agus Salim**, Ibu **Titin Rustini**, Kakak **Rizky Khusnul Walid**, dan segenap keluarga yang selalu mendo'akan, memberi motivasi tiada henti.
2. Bapak **Dr. Eng. Achfas Zacoeb, MT.**, selaku Dosen Pembimbing I yang memberikan saran dan masukan terkait pengerjaan skripsi.
3. Bapak **Dr. Ir. Wisnumurti, MT.**, selaku Dosen Pembimbing II, KKJF Struktur, dan Dosen Penasihat Akademik yang telah membantu membantu dalam proses penyusunan skripsi dan lintas perkuliahan.
4. Bapak **Dr. Eng. Ming Narto Wijaya, ST., M.Sc.**, yang juga membantu dalam proses penyusunan skripsi dan memberikan masukan untuk aplikasi yang dibangun.
5. Bapak **Dr. Eng. Ir. Alwafi Pujirahatjo., ST., MT.**, dan Bapak **Dr. Eng. Ir. Indradi W., ST., M. Eng (Prac)**. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya dan Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya.
6. Kakak **Adiama Septiara** yang telah memberi bantuan pada pengerjaan skripsi berupa arahan dan saran.
7. Seluruh **Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Brawijaya** Angkatan 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, dan 2018 yang telah membantu saya berproses menjadi pribadi yang lebih baik.
8. Khususnya untuk **Nuril Charisma, Andrianna Rahmadika, Galuh Adeputra H., Fat-Hanna Marami SA., Keanu Adiwicaksono, M. Fauzan Fakhurrozi**, dan **Firzi Maulana** yang bersedia meluangkan waktunya untuk menjadi penguji dan memberi saran terkait perangkat lunak penulis
9. Seluruh rekan-rekan yang belum disebutkan disini, yang terlihat secara langsung maupun tidak langsung membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini.

Malang, November 2019

Penulis



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



**DAFTAR ISI**

Halaman

KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR TABEL .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR LAMPIRAN .....	ix
RINGKASAN .....	xi
SUMMARY .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Manfaat .....	2
1.5 Batasan Masalah .....	2
1.6 Sistematika Pembahasan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Beton Prategang .....	5
2.2. Sifat Material Konstruksi Beton Prategang .....	8
2.3. Kehilangan Prategang .....	9
2.4. Tegangan Lentur .....	13
2.5. Tegangan Lentur pada Beton Prategang .....	13
2.6. Model Pengembangan Rekayasa Perangkat Lunak .....	17
2.7. Orientasi Perangkat Lunak .....	18
2.8. <i>MySQL</i> .....	19
2.9. <i>Activity diagram</i> .....	19
2.10. Bahasa Pemograman <i>Python</i> .....	19
2.11. Pengujian .....	20
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>23</b>
3.1. Studi Literatur .....	24
3.2. Analisis Kebutuhan .....	24
3.3. Perancangan Sistem .....	25
3.4. Implementasi .....	25
3.5. Pengujian dan Analisis .....	25
3.6. Kesimpulan dan Saran .....	26
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>27</b>
4.1. Analisis Kebutuhan .....	27
4.1.1. Gambaran umum sistem .....	27
4.1.2. Identifikasi aktor .....	29
4.1.3. Spesifikasi kebutuhan .....	29
4.2. Perancangan .....	30
4.2.1. Arsitektur sistem .....	30



4.2.2. Perancangan komponen .....	33
4.2.3. Penjelasan rumus .....	35
4.2.4. Perancangan data .....	38
4.3. Implementasi .....	38
4.3.1. Spesifikasi sistem perangkat .....	38
4.3.2. Implementasi kode program .....	39
4.3.3. Implementasi antar muka .....	43
4.4. Pengujian .....	51
4.4.1. Pengujian validasi .....	51
4.4.2. Pengujian usability .....	54

<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>57</b>
----------------------------	-----------

5.1. Kesimpulan .....	57
5.2. Saran .....	58

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Simbol yang digunakan dalam <i>Activity diagram</i> .....	19
Tabel 4.1	Identifikasi aktor .....	29
Tabel 4.2	Hasil analisis kebutuhan .....	30
Tabel 4.3	Algoritma memasukkan mutu beton .....	33
Tabel 4.4	Algoritma memasukkan pembebanan pada batang .....	34
Tabel 4.5	Algoritma memasukkan penampang beton .....	34
Tabel 4.6	Algoritma memilih strand baja dan spesifikasinya .....	34
Tabel 4.7	Algoritma memasukkan kehilangan pretegang .....	34
Tabel 4.8	Algoritma perhitungan struktur dan menampilkan hasil .....	35
Tabel 4.9	Kumpulan rumus untuk batasan tegangan serat beton prategang .....	35
Tabel 4.10	Perhitungan karakteristik dimensi penampang <i>girder</i> .....	36
Tabel 4.11	Perhitungan strand baja .....	37
Tabel 4.12	Perhitungan kehilangan prategang .....	37
Tabel 4.13	Perhitungan hasil akhir analisis beton prategang .....	37
Tabel 4.14	Spesifikasi perangkat keras analisis beton prategang .....	38
Tabel 4.15	Spesifikasi perangkat lunak analisis beton prategang .....	38
Tabel 4.16	Contoh skrip database.py .....	39
Tabel 4.17	Contoh skrip ConcCharacter.py .....	40
Tabel 4.18	Contoh skrip InputLoading.py .....	40
Tabel 4.19	Contoh skrip ConcClass.py .....	41
Tabel 4.20	Contoh skrip AddStrand.py .....	42
Tabel 4.21	Contoh skrip PrestressLost.py .....	42



Tabel 4.22 Contoh skrip outcome.py ..... 43

Tabel 4.23 Tabel validasi aplikasi tombol perhitungan beton prategang ..... 53

Tabel 4.24 Tabel validasi aplikasi angka perhitungan beton prategang ..... 53

Tabel 4.25 Tabel pertanyaan kuisisioner untuk pengujian *usability*..... 54

Tabel 4.26 Hasil kuisisioner tiap pertanyaan *SUS* ..... 55

Tabel 4.27 Tabel hasil perhitungan skor *SUS* ..... 55



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Grafik tegangan akibat tegangan tendon dan gaya luar .....	6
Gambar 2.2	Grafik tegangan tendon dipasang secara eksentris dan gaya luar .....	6
Gambar 2.3	Proses <i>stressing</i> pada balok beton prategang pasca tarik .....	8
Gambar 2.4	<i>Strand</i> baja yang digunakan dalam <i>stressing</i> .....	9
Gambar 2.5	Grafik tegangan pada beberapa kondisi balok beton .....	15
Gambar 2.6	Pemodelan implementasi perangkat lunak menggunakan <i>waterfall model</i> .....	17
Gambar 2.7	Contoh dalam bahasa <i>python</i> .....	20
Gambar 2.8	Rating dan skor <i>SUS</i> .....	21
Gambar 3.1	Diagram alir metodologi penelitian .....	23
Gambar 4.1	Diagram alir prosedur perhitungan beton prategang .....	27
Gambar 4.2	<i>Activity diagram</i> memasukkan mutu beton .....	30
Gambar 4.3	<i>Activity diagram</i> memasukkan pembebanan pada batang .....	31
Gambar 4.4	<i>Activity diagram</i> memasukkan penampang beton .....	31
Gambar 4.5	<i>Activity diagram</i> memilih <i>strand</i> baja dan spesifikasinya .....	32
Gambar 4.6	<i>Activity diagram</i> memasukkan kehilangan prategang .....	32
Gambar 4.7	<i>Activity diagram</i> perhitungan struktur dan menampilkan hasil .....	33
Gambar 4.8	Penampang dan dimensi yang dimasukkan .....	36
Gambar 4.9	Diagram aliran data analisis beton prategang .....	38
Gambar 4.10	Antar muka jendela apabila <i>database</i> gagal digunakan .....	44
Gambar 4.11	Antar muka jendela apabila <i>database</i> dapat digunakan dengan benar .....	44
Gambar 4.12	Antar muka jendela pada program awal .....	44
Gambar 4.13	Antar muka jendela pada karakteristik beton pada program awal .....	45



Gambar 4.14	Antar muka jendela pemilihan satuan pada aplikasi .....	45
Gambar 4.15	Antar muka jendela memasukkan mutu beton .....	45
Gambar 4.16	Antar muka jendela pemilihan metode memasukkan beban .....	46
Gambar 4.17	Antar muka jendela apabila memasukkan momen langsung .....	46
Gambar 4.18	Antar muka jendela apabila memasukkan beban merata untuk momen maks .....	46
Gambar 4.19	Antar muka jendela awal pada penentuan dimensi <i>girder</i> .....	47
Gambar 4.20	Antar muka jendela memilih metode memasukkan penampang .....	47
Gambar 4.21	Antar muka jendela program memasukkan dimensi .....	48
Gambar 4.22	Antar muka jendela pemilihan katalog .....	48
Gambar 4.23	Antar muka jendela memasukan properti strand baja .....	49
Gambar 4.24	Antar muka jendela lokasi <i>strand</i> .....	49
Gambar 4.25	Antar muka jendela awal dalam perhitungan kehilangan prategang .....	50
Gambar 4.26	Antar muka jendela kehilangan prategang .....	50
Gambar 4.27	Antar muka jendela nilai hasil seluruh perhitungan .....	50
Gambar 4.28	Antar muka jendela nilai serat tegangan pada seluruh kondisi .....	51
Gambar 4.29	Jendela awal dengan menu Input .....	52
Gambar 4.30	Jendela awal dengan menu Bantuan .....	52

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Kuisisioner Pengujian <i>Usability</i> Aplikasi Beton Prategang .....	L1-1
Lampiran 2.	Langkah-Langkah dalam Instalasi Program <i>Python</i> dan <i>MySQL</i> .....	L2-1
Lampiran 3.	Langkah-Langkah dalam Penggunaan Aplikasi Beton Prategang.....	L3-1
Lampiran 4.	Skrip Program Aplikasi Beton Prategang.....	L4-1





(Halaman ini sengaja dikosongkan)



## Ringkasan

**Muhammad Syahrul Munir**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, November 2019, *Perancangan Perangkat Lunak Untuk Analisis Kapasitas Lentur Pada Balok Beton Prategang Menggunakan Bahasa Python*, Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Achfas Zacob, ST., M.T. dan Dr. Ir. Wisnumurti, MT.

Perhitungan sebuah struktur memiliki tujuan untuk mencari kekuatan batas untuk beban yang diterima. Hal tersebut biasanya tidak memperhitungkan efisiensi dari struktur. Dengan bantuan perangkat lunak, Insinyur dapat menghitung beberapa model struktur dengan kekuatan yang bermacam – macam dan tingkat efisiensi bisa dihitung dengan mudah. Metode ini biasa disebut dengan metode perhitungan perulangan (Looping). Perangkat lunak yang membantu perhitungan struktur telah banyak dibangun. Tetapi, perangkat lunak tidak mudah digunakan dan data input perhitungan yang rumit. Perhitungan kapasitas lentur beton prategang yang begitu rumit dan membutuhkan pengulangan yang sering dalam perancangannya. Karena Perhitungan akan dipengaruhi oleh banyak hal, diantara lain adalah mutu beton, karakteristik penampang balok beton, nilai gaya prategang, eksentrisitas tendon, dan nilai momen akibat beban luar. Perhitungan harus dilakukan secara terus menerus hingga mendapatkan tegangan serat yang sesuai dengan batasan.

Perangkat lunak yang membantu perhitungan kapasitas lentur beton prategang yang mudah dipakai akan dirancang oleh penulis. Perhitungan kapasitas lentur balok beton prategang yang akan dirancang menggunakan metode batas tegangan. Perhitungan dengan mencari nilai tegangan dengan grafik tekan *strand* prategang, eksentrisitas tendon, dan beban luar. Perancangan akan dilakukan dengan bahasa pemrograman *python* dan sistem *database MySQL*. Perangkat lunak akan dirancang dengan metode *waterfall modelling*. Dari metode tersebut, penulis harus melakukan analisis kebutuhan terkait pembangunan perangkat lunak. Setelah itu, hasil dari analisis kebutuhan akan menjadi dasar dari implementasi perangkat lunak yang akan dibangun. Setelah perangkat lunak dibangun, Pengujian akan dilakukan dengan beberapa langkah. Pengujian tersebut adalah pengujian validasi dan pengujian *usability* (dengan *System Usability Scale*). Hasil dari pengujian tersebut akan menjadi kesimpulan untuk perbaikan kedepannya pada perangkat lunak ini.

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini berupa analisis kebutuhan yang didapatkan adalah 3 kebutuhan fungsional dan 3 kebutuhan non-fungsional dengan penyelesaian yang baik dengan validasi data rata rata sebesar 3,84% dan Nilai skor SUS dengan hasil 73,5 dari nilai maksimum sebesar 100. Dari grafik, Skor tersebut memasuki wilayah perangkat lunak yang diterima dan mempunyai *rating* baik.

**Kata Kunci** : Prategang, kapasitas, lentur, python, SUS



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



## SUMMARY

**Muhammad Syahrul Munir**, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, in November 2019, Software Design with python to Analyze Flexural Capacity of Prestressed Concrete Beams, Supervisor: Dr. Eng. Achfas Zacoeb, ST., M.T. & Dr. Ir. Wisnumurti, MT.

Structure design calculation is method to find maximum capacity of structure, but its calculation rarely figure the efficiency of structure. Engineer can calculate structure design and efficiency of sturcture easily by using various civil engineering software. Calculating various structure with different design continuously until an efficient result is found is called "looping" or "trial and error". There are many civil engineering software that can be used by engineer. But, civil engineering software usually hard to understand for someone who never practice that software. This is true because of complicated data to input. Calculating flexural strength capacity of stressed concrete beams is very complicated and requires a lot of iteration in structure design. Because the calculation is affected by concrete quality, concrete cross section characteristics, prestressed force value, tendon eccentricity, and outer force. Calculation must be analyzed with many iteration to get maximum value of efficiency, but still withstand its outer moment force.

This research will design a software that helps to calculate flexural strength capacity of stressed concrete beams easily. Flexural strength capacity calculating software that is built by author will be designed using the stress limit method. That method is using basic calculation of cross section graph, prestressed force, tendon eccentricity, and outer force. This software developed using python progamming language and MySQL as database system. The software will be designed by waterfall modelling method. First, preliminary analysis will be held to analyze the need of client that will use this software. The result of preliminary analysis will be the foundation for software implementation. Software implementation is the step which the software will be developed. After software were developed, testing must be held with two steps. That step is validation calibration and usability testing (System Usability Scale). Last, the result of the testing step will be the reference for future updates.

Conclusion that can be obtained from this research is ; First, preliminary analysis have a results of 3 functional requirement and 3 non-functional requirement. Second, Data validation testing got the average error by 3,84% and SUS Score with result of 73,5 out of 100. Therefore, this software design is on the range of acceptable and had a good rating.

**Keyword :** Prestress, capacity, flexural , python, SUS



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan era globalisasi menuntut para lulusan teknik untuk bekerja secara cepat dan efektif. Pekerjaan dan perhitungan konstruksi dapat dioperasikan menggunakan perangkat lunak yang sudah tersedia. Perangkat lunak yang sudah tersedia misalnya, *SAP2000*, *StaadPro*, *MS. Project* dan lain-lain. Akan tetapi, mahasiswa teknik belajar dan mengerjakan struktur umum menggunakan cara perhitungan secara manual. Hal tersebut bertujuan untuk membuat mahasiswa memahami dan mengerti konsep umum dari pekerjaan konstruksi yang sedang dihitung.

Perhitungan konstruksi beton prategang membutuhkan waktu yang cukup lama. Hal tersebut dikarenakan banyaknya langkah yang harus dihitung dan diperiksa ulang. Konstruksi pada umumnya harus mencapai nilai kekuatan yang melebihi dari beban yang diterima. Maka dari itu, perhitungan konstruksi yang efisien membutuhkan waktu yang sangat lama. Mahasiswa dapat mengembangkan perhitungan yang mereka dapatkan dari perkuliahan untuk merancang perangkat lunak.

Aplikasi beton prategang ini sering dilaksanakan pada proyek jembatan yang besar. Perhitungan yang digunakan seperti pada buku beton prategang suatu pendekatan mendasar. Pada perhitungan menggunakan pendekatan mendasar, hal tersebut membutuhkan perulangan (*trial and error*) dalam mendapatkan nilai kapasitas suatu desain beton prategang yang efisien terhadap gaya yang terjadi.

Perangkat lunak pada komputer bisa membantu dalam pengerjaan dan perhitungan dalam sebuah fungsi atau proses yang rumit. Penulis akan merancang Perangkat lunak untuk membantu dan memproses desain dari perhitungan struktur beton prategang. Perhitungan menggunakan pendekatan mendasar, dan perhitungan yang sesuai dengan Peraturan Indonesia. Dengan hasil akhir berupa saran dalam memilih langkah untuk membuat desain se efektif mungkin.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana analisis kebutuhan dari aplikasi desain balok beton prategang?
2. Bagaimana membuat perancangan dari aplikasi desain balok beton prategang?
3. Bagaimana hasil pengujian dari implementasi aplikasi desain balok beton prategang?
4. Bagaimana kemudahan dalam mengoperasikan aplikasi desain balok beton prategang?

## 1.3 Tujuan Masalah

1. Melakukan analisis kebutuhan untuk mengembangkan aplikasi desain balok beton prategang.
2. Untuk membuat rancangan aplikasi desain balok beton prategang berdasarkan hasil analisis kebutuhan.
3. Untuk melakukan pengujian terhadap hasil implementasi aplikasi desain balok beton prategang.
4. Menganalisis kemudahan pengoperasian aplikasi desain balok beton prategang.

## 1.4 Manfaat

Manfaat untuk penulis:

1. Menerapkan ilmu yang telah diterima selama perkuliahan.
2. Memahami teknologi yang digunakan dalam mengembangkan aplikasi perangkat komputer.
3. Mendapatkan pengalaman dalam analisis kebutuhan, merancang, membangun, dan menguji sebuah aplikasi perangkat lunak komputer.

Manfaat bagi pengguna:

1. Membantu dan mempermudah dalam memperhitungkan guna merancang beton prategang.

## 1.5 Batasan Masalah

1. Metode yang digunakan untuk perhitungan adalah metode batas tegangan.
2. Pemilihan penampang beton menggunakan tabel penampang beton *AASHTO I-Beams* dan *PCI Bulb-Tees*.
3. Aplikasi harus dijalankan dengan sudah menginstall *program Python* dengan versi minimum 3.7 dan *program database MySQL* dengan versi minimum 8.0.17.
4. Batasan tegangan menggunakan peraturan ACI 318M-11

## 1.6 Sistematika Pembahasan

Sistematika dari penelitian ini meliputi:

- **BAB I PENDAHULUAN** terdiri dari penjabaran latar belakang tentang adanya masalah, rumusan masalah, tujuan dari penelitian, manfaat penelitian, batasan dari penelitian, dan sistematika pembahasan dari penelitian.
- **BAB II TINJAUAN PUSTAKA** berisi tentang teori yang berkaitan dengan penelitian.
- **BAB III METODOLOGI** menjelaskan sistematika dalam menempuh proses penelitian. Langkah langkah terdiri dari bidang studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan kesimpulan.
- **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN** membahas tentang hal-hal berikut
  - Analisis kebutuhan berisi seluruh hal yang berkaitan dengan analisis untuk mendapatkan kebutuhan fungsional dan non fungsional dari sistem.
  - Perancangan dan implementasi menjelaskan rancangan yang digunakan untuk mengembangkan sistem dan digunakan sebagai dasar dari Implementasi. Kemudian tahap implementasi memaparkan hasil implementasi dari perancangan.
  - Tahap validasi serta verifikasi dari hasil implementasi yang telah dilakukan. Pengujian akan dibandingkan dengan perhitungan yang sudah diteliti.
- **BAB V PENUTUP** memaparkan penutup penelitian yang berisi kesimpulan penelitian beserta menjawab dari rumusan masalah. Juga terdapat saran yang digunakan untuk proses pengembangan dari penelitian yang lebih lanjut

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Beton Prategang

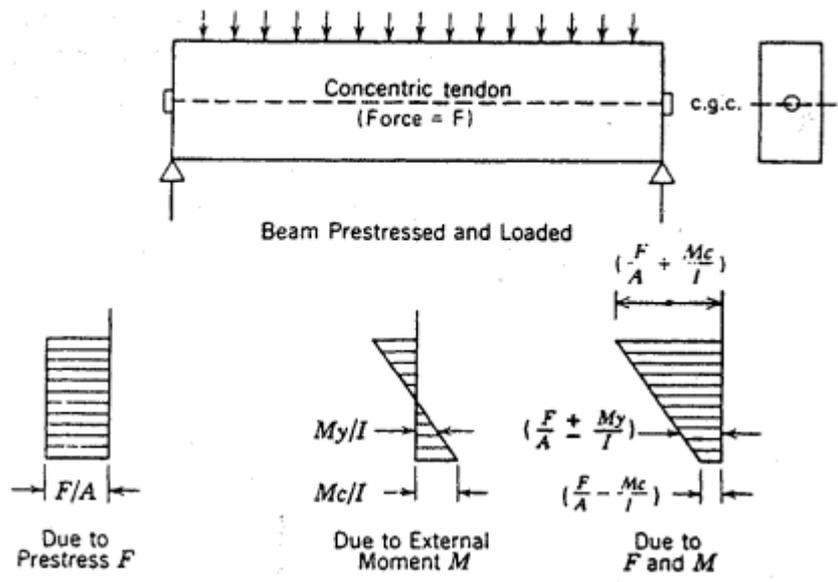
Beton prategang adalah material yang sering digunakan dalam konstruksi. Pada umumnya digunakan pada jembatan dan konstruksi besar. Kemajuan teknologi tinggi dalam ilmu bahan konstruksi harus dipahami oleh lulusan program teknik sipil, agar bisa bersaing dan bertahan dalam pelaksanaan konstruksi yang membutuhkan pemahaman akan teknologi terkemuka. Kuat tarik dari beton bertulang sangat terbatas, akan tetapi kuat tekan dari konstruksi beton bertulang sangat tinggi. Pada penulisan penelitian ilmiah ini, Pembahasan perhitungan Beton prategang akan dibahas secara terperinci dan mudah dipahami.

Menurut Lin & Burns (1981), Ada tiga kosep dasar yang dipakai untuk menganalisis sifat-sifat dasar dari beton prategang, yaitu:

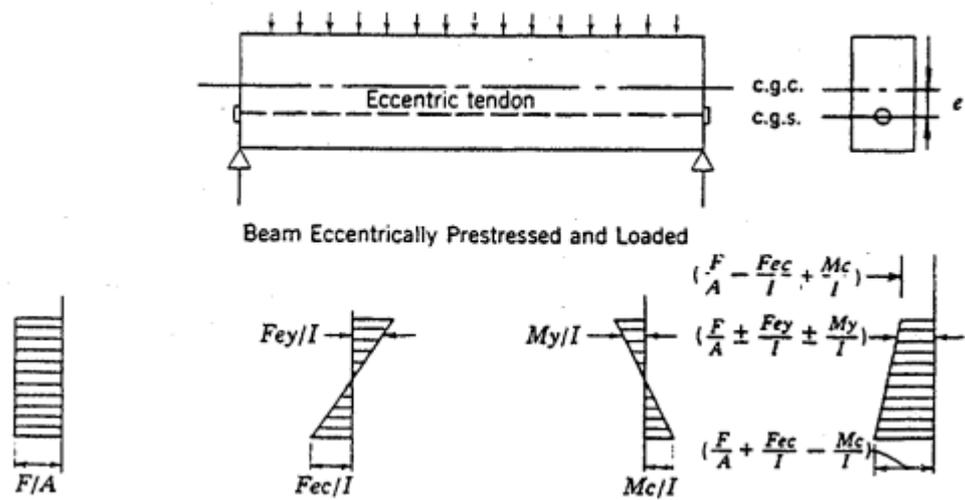
Konsep pertama, sistem prategang untuk mengubah beton menjadi bahan yang elastis. Sistem prategang untuk mengubah beton menjadi bahan yang elastis. Ini merupakan buah pemikiran Eugene Freyssinet yang memvisualisasikan beton prategang pada dasarnya adalah beton yang ditransformasikan dari bahan yang getas menjadi bahan elastis dengan memberikan tekanan (desakan) terlebih dahulu (pratekan) pada bahan tersebut. Dari konsep ini lahirlah kriteria “tidak ada tegangan tarik” pada beton.

Dalam bentuk paling sederhana, balok persegi panjang yang diberikan prategang oleh sebuah tendon yang melalui sumbu yang melalui titik berat dan dibebani oleh gaya eksternal. Gaya tarik prategang  $P$  pada tendon menghasilkan gaya tekan  $P$  yang sama pada beton yang bekerja pada titik berat tendon. Pada keadaan ini gaya berada pada titik berat penampang beton. Akibat gaya prategang  $P$ . Selain gaya yang di terima dari tendon ada pula gaya luar berupa momen yang membuat penampang mempunyai tegangan lentur seperti pada Gambar 2.1. selain itu, tendon didesain mempunyai nilai eksentrisitas untuk mendapatkan tegangan lentur yang melawan tegangan dari gaya luar seperti pada Gambar

#### 2.2



Gambar 2.1 Tegangan akibat tegangan tendon dan gaya luar (Sumber: Lin & Burns, 1981)



Gambar 2.2 Tegangan tendon dipasang secara eksentris dan gaya luar (Sumber: Lin & Burns, 1981)

Konsep kedua, sistem prategang untuk kombinasi baja mutu tinggi dengan beton mutu tinggi sistem prategang untuk kombinasi baja mutu tinggi dengan beton. Konsep ini mempertimbangkan beton prategang sebagai kombinasi (gabungan) dari baja dan beton, seperti pada beton bertulang, dimana baja menahan tarikan dan beton menahan tekanan, dengan demikian kedua bahan membentuk kopel penahan untuk melawan momen eksternal.

Pada beton prategang, baja mutu tinggi ditanam pada beton, seperti pada beton bertulang biasa, beton di sekitarnya akan menjadi retak berat sebelum seluruh kekuatan baja

digunakan. Oleh karena itu, baja perlu ditarik sebelumnya (pratarik) terhadap beton. Dengan menarik dan menjangkarkan ke beton dihasilkan tegangan dan regangan pada baja. Kombinasi ini memungkinkan pemakaian yang aman dan ekonomis dari kedua bahan dimana hal ini tidak dapat dicapai jika baja hanya ditanamkan dalam bentuk seperti pada beton bertulang biasa.

Konsep Ketiga, sistem prategang untuk mencapai keseimbangan beban. Konsep ini terutama menggunakan prategang sebagai suatu usaha untuk membuat keseimbangan gaya-gaya pada sebuah balok. Penerapan dari konsep ini menganggap beton diambil sebagai benda bebas dan menggantikan tendon dengan gaya-gaya yang bekerja pada sepanjang beton. Suatu balok beton di atas dua perletakan (*simple beam*) yang diberi gaya prategang  $F$  melalui suatu kabel prategang dengan lintasan parabola. Beban akibat gaya prategang yang terdistribusi secara merata ke arah atas dinyatakan terhadap rumus tertentu.

Sistem yang digunakan dalam beton prategang adalah memberi tekanan sebesar gaya dari *strand* dan bertumpu pada anker pada ujung gelagar. Pemberian tekanan dengan menarik *strand* dengan regangan tertentu. Dengan penarikan tersebut, *Strand* akan bekerja menuju bentuk semula. Gaya yang bekerja akan memberikan gaya tekan pada penampang beton bertulang.

Selain gaya prategang yang menghasilkan gaya tekan, Sistem pemberian prategang pada umumnya mempunyai nilai eksentrisitas atau lengan terhadap titik berat pada penampang beton. Dengan nilai eksentrisitas desain beton prategang akan lebih efisien. Pemberian Gaya prategang ditandai dengan ditariknya *strand* pada beton prategang dan dikaitkan menggunakan anker pada ujung gelagar. Pemasangan serta pemberian prategang bisa dibedakan menjadi 2 teknik pelaksanaan.

#### a. Pra tarik

Beton prategang pratarik merupakan jenis beton prategang yang mempunyai teknik pelaksanaan yang berbeda dengan beton prategang pascatarik. Perbedaannya yakni pemasangan *strand* diatur dan disusun sebelum beton di cor. *Strand* diatur sedemikian rupa sebelum dicor, lalu ditarik atau ditegangkan dengan *hidraulic jack* atau alat untuk mendongkrak lainnya. Selain alat dongkrak, pada ujung dipasang dengan anker. Setelah penarikan *strand* beton dicor pada tempat yang ditentukan (bekisting).

## b. Pasca tarik

Beton prategang pasca tarik merupakan jenis beton prategang dengan teknik pelaksanaan *strand* di tarik atau diteangkan setelah beton dicor, atau beton yang dipakai merupakan beton precast. Penarikan/*stressing* menggunakan dongkrak dan ujung tendon dipasang dengan angker seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Proses *stressing* pada balok beton prategang pasca tarik (Sumber: Munir, 2018)

## 2.2 Sifat Sifat Material Konstruksi Beton Prategang

Konstruksi beton prategang mempunyai syarat minimum mutu dalam pemakaiannya. Tidak semua bahan pada konstruksi dapat digunakan dalam konstruksi beton prategang. Selain syarat minimum adapun bahan dari beton prategang ada bahan yang tidak digunakan dalam konstruksi lain. Syarat syarat dalam penggunaan beton prategang tertulis dalam peraturan ACI. Peraturan yang digunakan dalam pelaksanaan konstruksi beton prategang di Indonesia menggunakan peraturan Internasional, karena standar atau peraturan yang ada di Indonesia belum mencakup peraturan tentang beton prategang pada jembatan.

### a. Beton mutu tinggi

Menurut ACI 318 (2011), Pelaksanaan beton prategang menggunakan beton yang mempunyai mutu tinggi. Mutu beton yang digunakan dalam konstruksi beton prategang minimum sebesar 42 MPa. Penggunaan beton mutu tinggi pada beton prategang karena pada umumnya, beton yang mempunyai mutu tinggi akan mempunyai nilai elastisitas yang tinggi pula akan membuat beton lebih elastis dan mempunyai batas tegangan tekan yang tinggi. Hal tersebut menyebabkan material tidak mudah hancur dengan besarnya gaya tekan yang

diberikan tendon dan akan bertahan secara kuat apabila terjadi kelengkungan yang cukup besar.

#### b. *Strand* yang kuat

Baja prategang dapat berbentuk kawat kawat tunggal. *Strands* yang terdiri dari beberapa kawat yang dipuntir membentuk elemen tunggal dan batang batang bermutu tinggi. *Strand* yang digunakan dalam penggunaan konstruksi beton prategang harus mempunyai mutu yang sangat tinggi (1861 MPa) untuk menutup besarnya kehilangan tegangan akibat rangkai dan susut pada beton. Biasanya kehilangan prategang pada *strand* baja diantara 241 sampai 414 MPa, maka dari itu nilai prategang awal yang sangat tinggi, sebesar 1241 MPa sampai 1517 MPa. Contoh *strand* seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 *Strand* baja yang digunakan dalam *stressing* (Sumber: Munir, 2018)

### 2.3 Kehilangan Prategang

Material konstruksi pada umumnya apabila bekerja atau mendapatkan gaya secara terus menerus akan mengalami penurunan. Dalam Pelaksanaan beton prategang, *Strand* mengalami penurunan kekuatan atau tegangan seiring berjalannya waktu. Kehilangan prategang disebabkan oleh beberapa faktor. Perbedaan teknik pelaksanaan dari beton prategang juga menentukan faktor apa saja yang mempengaruhi kehilangan prategang dari suatu konstruksi.

Menurut Nawy (2001), konstruksi balok beton prategang pratarik mengalami kehilangan prategang sebesar Persamaan (2-1) dan konstruksi balok beton prategang pasca tarik mengalami kehilangan prategang sebesar Persamaan (2-2)

$$\Delta f_{pT} = \Delta f_{pES} + \Delta f_{pR} + \Delta f_{pCR} + \Delta f_{pSH} \quad (2-1)$$

$$\Delta f_{pT} = \Delta f_{pA} + \Delta f_{pF} + \Delta f_{pES} + \Delta f_{pR} + \Delta f_{pCR} + \Delta f_{pSH} \quad (2-2)$$

dengan :

$\Delta f_{pT}$  = Kehilangan Prategang total (MPa)

$\Delta f_{pA}$  = Kehilangan akibat dudukan anker (MPa)

$\Delta f_{pF}$  = Kehilangan Akibat Friksi (MPa)

$\Delta f_{pES}$  = Perpendekan Elastis Beton (MPa)

$\Delta f_{pR}$  = Relaksasi Tegangan Baja (MPa)

$\Delta f_{pCR}$  = Kehilangan akibat Rangkak (MPa)

$\Delta f_{pSH}$  = Kehilangan akibat susut (MPa)

### a. Kehilangan prategang akibat dudukan anker

Dudukan anker merupakan bagian ujung dari *strand* prategang peranannya dalam proses pemberian stressing adalah mengikat *strand* pada ujung dengan mengaitkan kedua ujung denan beton. Kehilangan tersebut diakibatkan oleh adanya blok blok anker yang ditransferkan saat gaya pendongkrak ditransfer ke anker. Biasanya kehilangan prategang pada anker mempunyai variasi (1/4 in dan 3/8 in) tergantung tipe anker yang digunakan.

Besar kehilangan tersebut berdasarkan besar gelincir ( $\Delta_A$ ), panjang tendon (L), dan modulus elastisitas kawat prategang ( $E_{ps}$ ). Persamaan (2-3) merupakan persamaan yang akan digunakan dalam perhitungan kehilangan prategang tersebut.

$$\Delta f_{pA} = \frac{\Delta_A}{L} E_{ps} \quad (2-3)$$

dengan :

$\Delta_A$  = Nilai besar gelincir (mm)

L = Panjang tendon (mm)

$E_{ps}$  = Modulus Kawat Prategang (MPa)

### b. Kehilangan prategang akibat friksi

Kehilangan Prategang akibat geser ini diakibatkan oleh struktur pasca tarik, karena adanya gesekan *strand* dengan beton ketika proses stressing. Gesekan yang terjadi bergantung pada alinyemen dari saluran tendon yang disebut efek kelengkungan, serta efek wobble yang merupakan hasil dari penyimpangan alinyemen yang tidak disengaja atau tidak dapat dihindari, karena saluran tidak dapat secara sempurna diletakkan. Nilai kehilangan didapatkan dari nilai koefisien geser ( $\mu$ ) dengan sudut kelengkungan dari alinyemen tendon

( $\alpha$ ). Penambahan dari efek Wobble dengan memasukkan nilai koefisien gesekan antara

*strand* dengan tendon (K) dengan panjang gelagar (L). Persamaan (2-4) merupakan persamaan yang akan digunakan dalam perhitungan kehilangan prategang tersebut.

$$\Delta f_{pF} = -f_1(\mu\alpha + KL) \quad (2-4)$$

dengan :

$f_1$  = Tegangan awal tendon (MPa)

$\mu$  = Koefisien geser pada kelengkungan

$\alpha$  = Sudut kelengkungan (rad)

K = Koefisien Wobble (rad/ft)

L = Panjang bentang (ft)

### c. Kehilangan prategang akibat perpendekan elastis beton

Kehilangan Prategang dari perpendekan elastis beton diakibatkan karena adanya perpendekan area beton yang diberi gaya prategang. Perpendekan tersebut membuat tendon prategang menjadi perpendek seiring berpendeknya bagian beton. Akibat dari hal tersebut adalah tendon akan kehilangan sebagian gaya prategang yang dipikulnya. Perpendekanyang terjadi pada beton akan menyebabkan kependekan pada tendon sendiri. Perpendekan tersebut dikalikan dengan modulus elastisitas dari baja akan menyebabkan kehilangan prategang, dan perpendekan tersebut dijabarkan dan ada nilai modulus elastisitas beton. Serta nilai (n) merupakan nilai pembagian Modulus elastisitas baja dibagi dengan modulus elastisitas beton dan gaya prategang dibagi dengan luasan merupakan nilai tegangan pada serat yang ditinjau. Persamaan (2-5) merupakan persamaan yang akan digunakan dalam perhitungan kehilangan prategang tersebut.

$$\Delta f_{pES} = E_s \varepsilon_{ES} = \frac{E_s P_i}{A_c E_c} = \frac{n P_i}{A_c} = n f_{cs} \quad (2-5)$$

dengan :

$E_s$  = Modulus elastisitas baja prategang (MPa)

$\varepsilon_{ES}$  = Perpendekan penampang beton terhadap panjang awal

$P_i$  = Besar gaya prategang (N)

$A_c$  = Luasan penampang beton (mm<sup>2</sup>)

$E_c$  = Modulus elastisitas beton (MPa)

n = Rasio modulus elastisitas baja dengan beton

$f_{cs}$  = Nilai tegangan prategang yang terjadi (MPa)

### d. Kehilangan prategang akibat relaksasi tegangan baja

*Strand* mengalami kehilangan gaya dari perpanjangan konstan terhadap fungsi waktu. Besar dari kehilangan tegangan tersebut bergantung pada rasio prategang awal

dengan tegangan leleh dari *strand* tersebut. Kehilangan prategang tersebut diatur dalam peraturan ACI 318M-11. Persamaan (2-6) merupakan persamaan yang akan digunakan dalam perhitungan kehilangan prategang tersebut.

$$\Delta f_{pR} = f'_{pi} \frac{\log t}{10} \left( \frac{f'_{pi}}{f_{py}} - 0.55 \right) \quad (2-6)$$

dengan :

$f'_{pi}$  = Tegangan tendon prategang pada awal sebelum transfer (MPa)

$f_{py}$  = Kuat leleh *strand* prategang (MPa)

$t$  = Waktu kehilangan relaksasi (tahun)

#### e. Kehilangan prategang akibat rangkak (*creep*)

Rangkak merupakan perubahan bentuk dari tendon yang diakibatkan dari tegangan dengan arah longitudinal sepanjang waktu. Perlu ditegaskan bahwa kehilangan tegangan tersebut terjadi akibat beban secara terus menerus dari struktur itu sendiri. Tegangan yang hilang diakibatkan oleh perpendekan yang dialami oleh penampang beton sendiri.

Persamaan (2-7) merupakan persamaan yang akan digunakan dalam perhitungan kehilangan prategang tersebut.

$$\Delta f_{pCR} = nK_{CR}(f_{cs} - f_{csd}) \quad (2-7)$$

dengan :

$K_{CR}$  = 1,6 untuk beton pascatarik

= 2,0 untuk beton pratarik

$f_{cs}$  = Tegangan di beton pada level pusat berat baja segera saat transfer (MPa)

$f_{csd}$  = Tegangan di beton pada level pusat berat baja segera saat beban kerja (MPa)

#### f. Kehilangan prategang akibat susut (*shrinkage*)

Kehilangan prategang karena susut diakibatkan oleh keadaan selain keadaan diberinya gaya, keadaan tersebut meliputi campuran beton, perawatan dan lingkungan sekitar. Keadaan tersebut berjalan seiring waktu akan mengakibatkan terjadinya susut.

Tegangan yang hilang diakibatkan oleh perpendekan yang dialami oleh penampang beton sendiri. Persamaan (2-8) merupakan persamaan yang akan digunakan dalam perhitungan kehilangan prategang tersebut.

$$\Delta f_{pSH} = \frac{t}{35+t} \varepsilon_{SH} E_S \quad (2-8)$$

dengan :

$\varepsilon_{SH}$  = Nilai rata-rata regangan susut

$t$  = waktu dalam hari sesudah susut ditinjau (hari)

## 2.4 Tegangan Lentur

Tegangan merupakan nilai gaya yang bekerja pada satuan luasan. Tegangan merupakan salah satu besaran untuk menentukan kekuatan dari sebuah struktur. Tegangan ada beberapa macam, misalnya tegangan aksial, tegangan lentur dan tegangan geser. Dalam perencanaan sebuah struktur semua tegangan harus diperhitungkan untuk syarat dalam suatu konstruksi dapat menerima gaya yang bekerja maupun tidak.

Tegangan lentur sendiri merupakan salah satu macam tegangan yang harus diperiksa dalam suatu struktur. Tegangan lentur didapatkan dari nilai momen yang bekerja pada suatu struktur. Momen didapatkan dari gaya yang tegak lurus dengan batang dikalikan dengan jarak dan/atau gaya yang bekerja searah sumbu batang dan memiliki nilai eksentrisitas. Tegangan lentur menyebabkan kondisi penampang menjadi bertegangan tarik dan tekan sesuai dengan arah momen yang menyebabkan tegangan lentur. Tegangan lentur dan tegangan aksial merupakan tegangan yang membuat kondisi penampang sama, tegangan yang terjadi pada penampang lentur akan terjadi nilai tekan dan nilai tarik sesuai dengan arah dan besar dari eksentrisitas dari beban sendiri.

## 2.5 Tegangan Lentur pada Beton Prategang

Dalam perencanaan beton prategang, tegangan lentur yang terjadi bisa diakibatkan oleh 2 sumber, gaya yang bekerja pada struktur atau biasa disebut gaya luar, dan gaya dari dalam yang disebabkan oleh gaya tendon yang bekerja secara eksentris. Dalam pemodelan pendekatan dasar pada perhitungan kapasitas tegangan lentur dari beton prategang menggunakan batas batas tegangan yang ditentukan.

Gaya dalam yang terjadi diakibatkan oleh adanya tegangan awal dari tendon *strand* prategang yang dimodelkan sedemikian hingga dapat melawan gaya luar. Perhitungan jumlah *strand* yang dibutuhkan akan dihitung nilai tegangan beton pada saat transfer pada level pusat berat beton dengan asumsi eksentrisitas maksimum. Dijelaskan pada Persamaan (2-9) dan didapatkan dari Persamaan (2-10) ketika kondisi transfer akan terjadi.

$$P_i = A_c \times \bar{f}_{ci} \quad (2-9)$$

$$\bar{f}_{ci} = f_{ti} - \frac{e_t}{h} (f_{ti} - f_{ci}) \quad (2-10)$$

dengan :

$P_i$  = Nilai gaya tendon pada awal transfer yang dibutuhkan (N)

$A_c$  = Luasan penampang *girder* (mm<sup>2</sup>)

$f_{ci}$  = Tegangan beton saat transfer pada level pusat berat (MPa)

$f_{ct}$  = Tegangan tekan izin beton pada saat transfer (MPa)

$f_{ti}$  = Tegangan tekan izin beton pada saat transfer (MPa)

$c_t$  = Jarak titik berat terhadap serat atas (mm)

$h$  = Tinggi seluruh penampang *girder* (mm)

Pengaturan eksentrisitas tendon juga harus diperhatikan dalam merancang struktur beton prategang. Pengaturan eksentrisitas akan menggunakan prinsip bidang *kern* untuk mendapatkan tegangan yang serupa atau tekan pada seluruh penampang untuk bagian ujung *girder*. Bagian tengah *girder* akan menggunakan rumus bidang kern dengan tambahan momen yang bekerja dibagi dengan tahanan gaya prategang tendon. Persamaan (2-11) dan Persamaan (2-12) merupakan rumus nilai batas penempatan eksentrisitas dari tendon.

Dengan nilai eksentrisitas merupakan besar jarak titik berat *girder* dengan titik berat tendon arah ke bawah.

$$e_b = \frac{r^2}{c_t} + \frac{M_d}{P_i} \quad (2-11)$$

$$e_t = \frac{M_t}{P_e} - \frac{r^2}{c_b} \quad (2-12)$$

dengan :

$\frac{r^2}{c_t}$  = Batas bawah bidang *kern* dengan  $r$  (jari-jari inersia) dan  $c_t$  (jarak titik berat dengan serat atas )

$\frac{r^2}{c_b}$  = Batas atas bidang *kern* dengan  $c_b$  (jarak titik berat dengan serat bawah)

$e_b$  = Selubung eksentrisitas bawah (mm)

$M_d$  = Momen akibat beban sendiri (N.mm)

$P_i$  = Gaya prategang pada saat transfer (N)

$e_t$  = Selubung eksentrisitas atas (mm)

$M_t$  = Momen total yang bekerja (N.mm)

$P_e$  = Gaya prategang pada setelah transfer (N)

Batas-batas yang akan dipakai akan menjadi nilai penyebut untuk perhitungan kapasitas dari momen yang bisa ditahan oleh struktur. Maka dari itu, Persamaan (2-13) dan Persamaan (2-14) adalah nilai tegangan pada penampang struktur prategang.

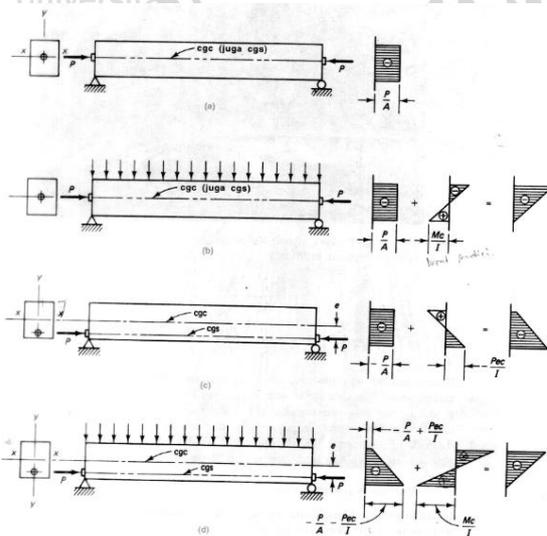
$$f_t = -\frac{P}{A_c} + \frac{P \times e_c \times c_t}{I_c} - \frac{M \times c_t}{I_c} \quad (2-13)$$

$$f_b = -\frac{P}{A_c} - \frac{P \times e_c \times c_b}{I_c} + \frac{M \times c_b}{I_c} \quad (2-14)$$

dengan :

- $f_t$  = Tegangan serat atas (MPa)
- $f_b$  = Tegangan serat bawah (MPa)
- $P$  = Besar gaya prategang yang diberikan tendon (N)
- $A_c$  = Luasan penampang Beton (mm<sup>2</sup>)
- $c_t$  = Jarak titik berat terhadap serat atas (mm)
- $c_b$  = Jarak titik berat terhadap serat bawah (mm)
- $e_c$  = besar nilai eksentrisitas tendon (mm)
- $M$  = Momen luar yang bekerja pada gelagar (N.mm)
- $I_c$  = Nilai momen inersia penampang beton (mm<sup>4</sup>)

Kedua persamaan tersebut dari nilai tegangan yang didapat dari beberapa sumber beban, Persamaan pertama  $P/A_c$  merupakan nilai tegangan aksial yang terjadi akibat tendon yang bekerja. Persamaan kedua  $P \cdot e_c / I_c$ , merupakan persamaan yang didapatkan dari tegangan lentur akibat nilai eksentrisitas dari tendon sebesar  $e$ . Persamaan ketiga didapatkan dari nilai tegangan lentur akibat beban luar, terdiri dari beban berat sendiri, beban mati tambahan dan berat hidup. Persamaan tersebut sama dengan persamaan kedua melihat nilai momen dari gaya prategang sebesar gaya dikalikan dengan eksentrisitas. Selain itu, perbedaan arah dari kedua persamaan akan mengubah nilai tanda yang dihitung dalam persamaan tegangan keseluruhan. Tanda positif dan negatif diasumsikan sebagai jenis arah gaya seperti pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Tegangan pada beberapa kondisi balok beton (Sumber: Nawy, 2001)



Tegangan yang terjadi pada struktur beton prategang harus diperiksa pada beberapa fase. Hal tersebut dikarenakan konstruksi beton mempunyai nilai tegangan maksimum yang harus di periksa pada setiap saat, dengan harapan tidak adanya kegagalan saat proses fase fase yang terjadi. Fase tersebut dibagi menjadi 3 fase yang penting. Yakni fase pada awal penegangan tendon dengan kondisi *strand* prategang mempunyai kekuatan yang besar karena belum adanya nilai kehilangan prategang pada fase tersebut. Sehingga nilai gaya prategang yang tinggi harus diperiksa dulu, dengan hal tersebut beton prategang tidak ada kerusakan atau kegagalan pada proses stressing. Fase kedua merupakan fase saat beton selesai masa transfernya. Fase tersebut disebut fase setelah transfer. Lalu, fase terakhir adalah fase guna dari konstruksi beton prategang. Fase dimana beton prategang sudah dipergunakan dalam fungsinya. Dengan beban yang bekerja adalah beban seluruhnya dari beban guna. Fase tersebut merupakan fase yang penting dalam tahap memeriksa kesanggupan konstruksi dalam menahan beban guna.

Persamaan tegangan serat yang sebelumnya bisa dipindah penyebutnya untuk mendapatkan nilai momen maksimum yang mampu diterima konstruksi. Penyebut dari persamaan akan diubah dengan batas batas tegangan ijin beton yang ada pada peraturan. Dari persamaan tersebut akan didapatkan batas batas momen yang terjadi dengan nilai minimum dari batas tegangan serat atas dan serat bawah dari konstruksi beton prategang tersebut.

Persamaan tersebut disederhanakan menjadi Persamaan (2-15) dan Persamaan (2-16).

$$M_{u1} + M_D = P_e \times e_c - \frac{P_e \times c_t}{A_c} - f_{ce} \times S_t \quad (2-15)$$

$$M_{u1} + M_D = P_e \times e_c + \frac{P_e \times c_b}{A_c} + f_{te} \times S_b \quad (2-16)$$

$f_{ce}$  = Tegangan izin tekan beton pada masa layan (MPa)

$f_{te}$  = Tegangan izin tarik beton pada masa layan (MPa)

$P_e$  = Besar gaya prategang yang diberikan tendon pada setelah transfer (N)

$e_c$  = besar nilai eksentrisitas tendon ditengah *girder* (mm)

$M_{u1}$  = Momen luar yang bekerja pada *girder* (N.mm)

$M_D$  = Momen yang diakibatkan oleh beban sendiri (N.mm)

$S_t$  = Nilai statis momen terhadap serat atas *girder* (mm<sup>3</sup>)

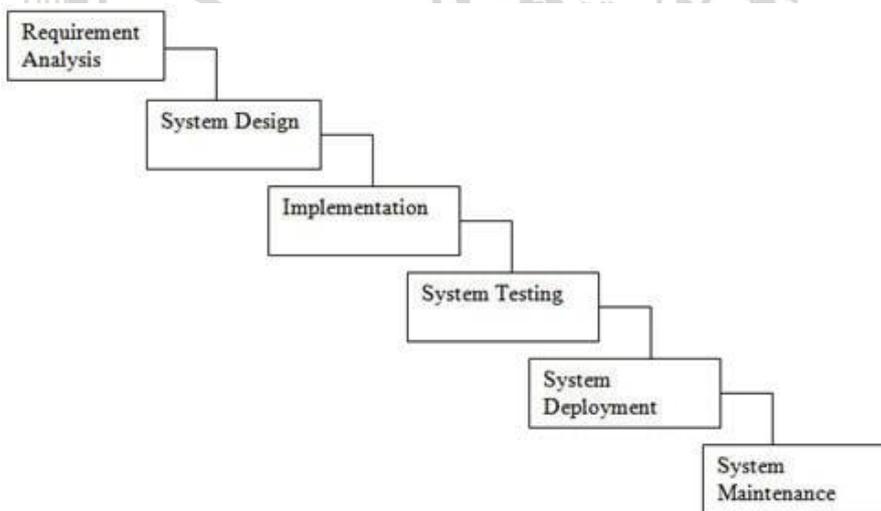
$S_b$  = Nilai statis momen terhadap serat bawah *girder* (mm<sup>3</sup>)

## 2.6 Model Pengembangan Rekayasa Perangkat Lunak

Definisi dari para ahli pada awal ditemukannya perangkat lunak yang diungkapkan oleh Fritz Bauer tertulis pada buku Pressman (1992) pada konferensi pertama untuk pengembangan perangkat lunak, sebagai berikut,

*Prinsip Perancangan dan rekayasa perangkat lunak adalah untuk mendapatkan perangkat secara ekonomis dan bisa bekerja secara efisien dalam perangkat mesin.*

Model pengembangan sistem rekayasa perangkat lunak bisa dibagi menjadi beberapa cara, Tetapi secara umum bisa dimodelkan menjadi *waterfall model* seperti Gambar 2.6. Pemodelan diawali dengan merencanakan perangkat lunak yang akan dirancang. Cara yang dipakai dalam merencanakan adalah analisis kebutuhan dan analisis resiko terkait dengan perangkat lunak yang akan dirancang. Selanjutnya proses merancang/ design sesuai dengan analisis yang telah dilakukan, Proses desain akan lebih mudah dengan bantuan diagram alir atau algoritma sesuai dengan langkah langkah tersusun. Dengan adanya algoritma yang baik akan memudahkan perancang dalam memilah atau mendefinisikan rumus matematika yang dibutuhkan dalam suatu langkah.



Gambar 2.6 Pemodelan implementasi perangkat lunak menggunakan *waterfall model* (Sumber: Pressman, 1992)

Proses yang selanjutnya adalah coding sesuai dengan definisi yang sudah dirancang dalam algoritma pada proses sebelumnya. Coding yang dilaksanakan akan berjalan bersama dengan proses pengujian secara terpisah. Pengujian terpisah ini dilakukan untuk mengurangi potensi kesalahan ketika program sudah diluncurkan. Pengujian tersebut biasa disebut sebagai proses *debugging*.

Langkah selanjutnya, peluncuran perangkat lunak yang sudah diperiksa dan diproses debugging. Peluncuran tersebut berupa kesatuan perangkat lunak dan bisa dijalankan oleh konsumen dari perangkat lunak tersebut. Peluncuran pertama dari suatu perangkat lunak bukan langkah akhir dari pengembangan rekayasa perangkat lunak, karena ada satu langkah yang tidak kalah penting dari peluncuran perangkat lunak. Langkah terakhir adalah proses pemeliharaan sistem atau system maintenance, langkah tersebut dilakukan untuk meraih hasil yang lebih baik dalam peluncuran. Selain perbaikan yang dilakukan, langkah pemeliharaan sistem juga berupa mencakup pengembangan baru dari suatu perangkat lunak pada peluncuran pertama

## 2.7 Orientasi Perangkat Lunak

Orientasi yang digunakan dalam perancangan perangkat lunak merupakan alur berpikir yang digunakan dalam implementasinya. Alur berpikir yang jelas dalam perangkat lunak akan mempermudah perancangan arsitektur atau bentuk diagram alir dan algoritma dari perangkat lunak yang akan diimplementasikan. Orientasi perangkat lunak dibagi menjadi 2 bentuk, yakni

### *Object Oriented Program*

Pemrograman berorientasi objek (*object-oriented programming* disingkat OOP) merupakan paradigma pemrograman yang berorientasikan kepada objek. Semua data dan fungsi di dalam paradigma ini dibungkus dalam kelas-kelas atau objek-objek. Bandingkan dengan logika pemrograman terstruktur. Setiap objek dapat menerima pesan, memproses data, dan mengirim pesan ke objek lainnya.

Model data berorientasi objek dikatakan dapat memberi fleksibilitas yang lebih, kemudahan mengubah program, dan digunakan luas dalam teknik peranti lunak skala besar. Lebih jauh lagi, pendukung OOP mengklaim bahwa OOP lebih mudah dipelajari bagi pemula dibanding dengan pendekatan OOP lebih mudah dikembangkan dan dirawat.

### *Prosedural Oriented Program*

Menurut Muslihudin dkk.(2016), Pemrograman Terstruktur adalah suatu proses untuk mengimplementasikan urutan langkah untuk menyelesaikan masalah dalam bentuk program. Selain pengertian tersebut, pemrograman terstruktur adalah suatu aktivitas pemrograman dengan memperhatikan urutan langkah-langkah perintah secara sistematis, logis, dan tersusun berdasarkan algoritma yang sederhana dan mudah dipahami.

## 2.8 MySQL

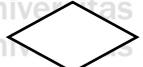
*MySQL* adalah sebuah perangkat lunak sistem manajemen basis data *SQL* (*Database Management System*) atau *DBMS* yang multithread, multi-user, dengan sekitar 6 juta instalasi di seluruh dunia. *MySQLAB* menggunakan *MySQL* tersedia sebagai perangkat lunak gratis dibawah lisensi *General Public License* (*GPL*).

Kehandalan suatu sistem basis data (*DBMS*) dapat diketahui dari cara kerja pengoptimalisasiannya dalam melakukan proses perintah-perintah *SQL* yang dibuat oleh pengguna maupun program-program aplikasi yang memanfaatkannya. Sebagai peladen basis data, *MySQL* mendukung operasi basis data transaksional maupun operasi basis data non-transaksional.

## 2.9 Activity Diagram

Menurut Nugroho (2010), *Activity diagram* digunakan untuk menampilkan rangkaian kegiatan menunjukkan alur kerja dari suatu titik awal ke titik akhir keputusan, merinci banyak jalur yang ada dalam perkembangan peristiwa yang terkandung dalam kegiatan. *Activity Diagram* menggunakan simbol pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Simbol yang digunakan dalam *activity diagram*

Simbol	Nama	Keterangan
	<i>Start State</i>	Titik awal atau permulaan
	<i>End State</i>	Titik akhir atau akhir dari aktifitas
	<i>Activity</i>	<i>Activity</i> atau aktifitas yang dilakukan oleh aktor
	<i>Decision</i>	Pilihan untuk mengambil
	<i>Interaction</i>	Alur

## 2.10 Bahasa Pemrograman Python

*Python* adalah bahasa pemrograman yang saat ini mulai banyak digunakan oleh para prorammer untuk mengembangkan aplikasi aplikasi di berbagai bidang, khususnya yang berkaitan dengan matematika dan sains, baik aplikasi yang berjenis console, *GUI* (*Graphic User Interface*) maupun halaman web. *Python* juga merupakan bahasa pemrograman yang sangat sederhana. Bahasa yang mudah dipahami dan dipakai dalam keseharian manusia pada

umumnya. Versi *python* saat ini terbagi menjadi dua yakni *python* 2 dan 3. Kedua versi tersebut dikembangkan secara aktif dan dipelihara. Pengembangan yang dilakukan pihak *python software foundation* berupa pengembangan *module* untuk menambahkan fitur baru dalam bahasa pemrograman *python* secara umum.

Komunitas *python* telah merilis versi yang terbaru dari *python* versi 3. Pengembangan akan dilakukan terus menerus dan bisa diakses secara langsung pada website *python.org*. Penggunaan bahasa pemrograman *python* versi 3 akan berkembang dimasa mendatang dan menggantikan *python* versi 2. Bahasa pemrograman *python* versi 2 akan berkembang hingga 2020, dan selanjutnya akan beralih ke *python* 3.

Berikut contoh penulisan atau coding dalam menggunakan bahasa *python* diambil dari website <https://www.learnpython.org/> seperti pada Gambar 2.7

```
1 # change this code
2 mystring = "hello"
3 myfloat = 10.0
4 myint = 20
5
6 # testing code
7 if mystring == "hello":
8     print("String: %s" % mystring)
9 if isinstance(myfloat, float) and myfloat == 10.0:
10    print("Float: %f" % myfloat)
11 if isinstance(myint, int) and myint == 20:
12    print("Integer: %d" % myint)
```

Gambar 2.7 Contoh coding dalam bahasa *python*  
(Sumber : <https://www.learnpython.org/> )

## 2.11 Pengujian

### a. Pengujian *Blackbox Testing*

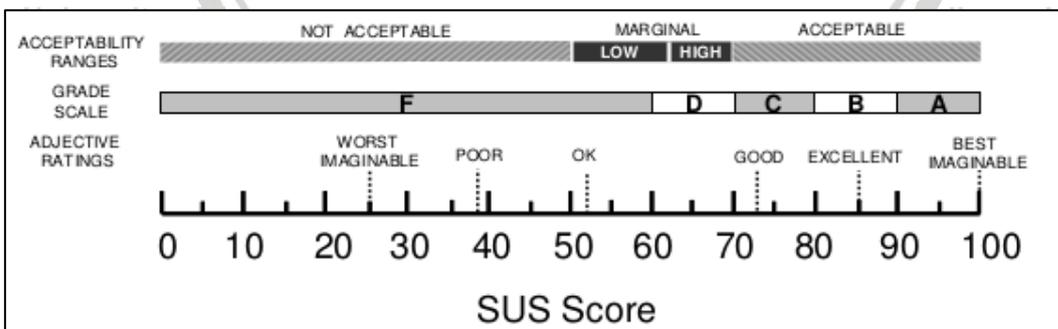
*Black-box testing* merupakan pengujian yang berfokus terhadap persyaratan dari perangkat lunak yang memungkinkan penguji untuk mendapatkan set kondisi input yang secara keseluruhan melakukan persyaratan fungsional untuk sebuah program (Pressman, 1992). Dalam kategori yang diuji *black-box testing* antara lain fungsi yang tidak sesuai dengan fungsional ataupun fungsi yang hilang dan antara lain antar muka, struktur data, perilaku (*behavior*) dan inisialisasi dan pemutusan. *Black-box testing* bertujuan untuk menemukan kesalahan-kesalahan fungsi yang tidak benar atau belum ada, kesalahan antar muka, kesalahan struktur data atau akses *database*, kesalahan kinerja, kesalahan inisialisasi.

**b. Pengujian Usability**

*Usability Testing* dilakukan untuk melakukan pengujian sistem dengan cara menguji sistem secara langsung kepada sejumlah responden untuk mengetahui tingkat kemudahan penggunaan sebuah sistem. Pengujian ini dilakukan setelah sistem sudah siap digunakan sehingga diperoleh penilaian berdasarkan hasil dan analisis responden yang dihitung berdasarkan metode yang digunakan.

Menurut Brooke (1986), Metode yang digunakan *SUS (System Usability Scale)*. *System Usability Scale (SUS)* merupakan sebuah pengujian pada sisi pengguna yang menyediakan alat ukur yang “*quick and dirty*” dan dapat diandalkan. Pada *SUS* metode ini menggunakan 10 pernyataan berbentuk kuisioner yang dijawab dengan 5 opsi jawaban untuk setiap pernyataannya, mulai dari Sangat Setuju hingga Sangat Tidak Setuju dengan nilai liker 0 sampai 4. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh John Brooke pada tahun 1986 yang digunakan untuk mengevaluasi berbagai jenis produk ataupun servis, termasuk *hardware, software, perangkat mobile, website* bahkan aplikasi.

*SUS* mengevaluasi sistem menggunakan skala *likert* 1-5 dengan setiap nomor diberi bobot antara 0-4 dan terdiri dari 10 pertanyaan. Pertanyaan nomor ganjil merupakan pertanyaan bernada positif dan nomor genap merupakan pertanyaan bernada negatif. Setiap respon dari pengguna dari pernyataan bernomor ganjil akan dikurangi 1. Kemudian untuk pernyataan bernomor genap, yaitu 5 dikurangi respon yang diberikan pengguna. Setelah itu nilai hasil respon ganjil dan genap ditambah kemudian dikalikan 2.5 untuk menemukan skor akhir *SUS*. Skor akhir *SUS* berada pada kisaran 0-100. Penilaian tingkat *usability* dapat dilihat pada gambar 2.8



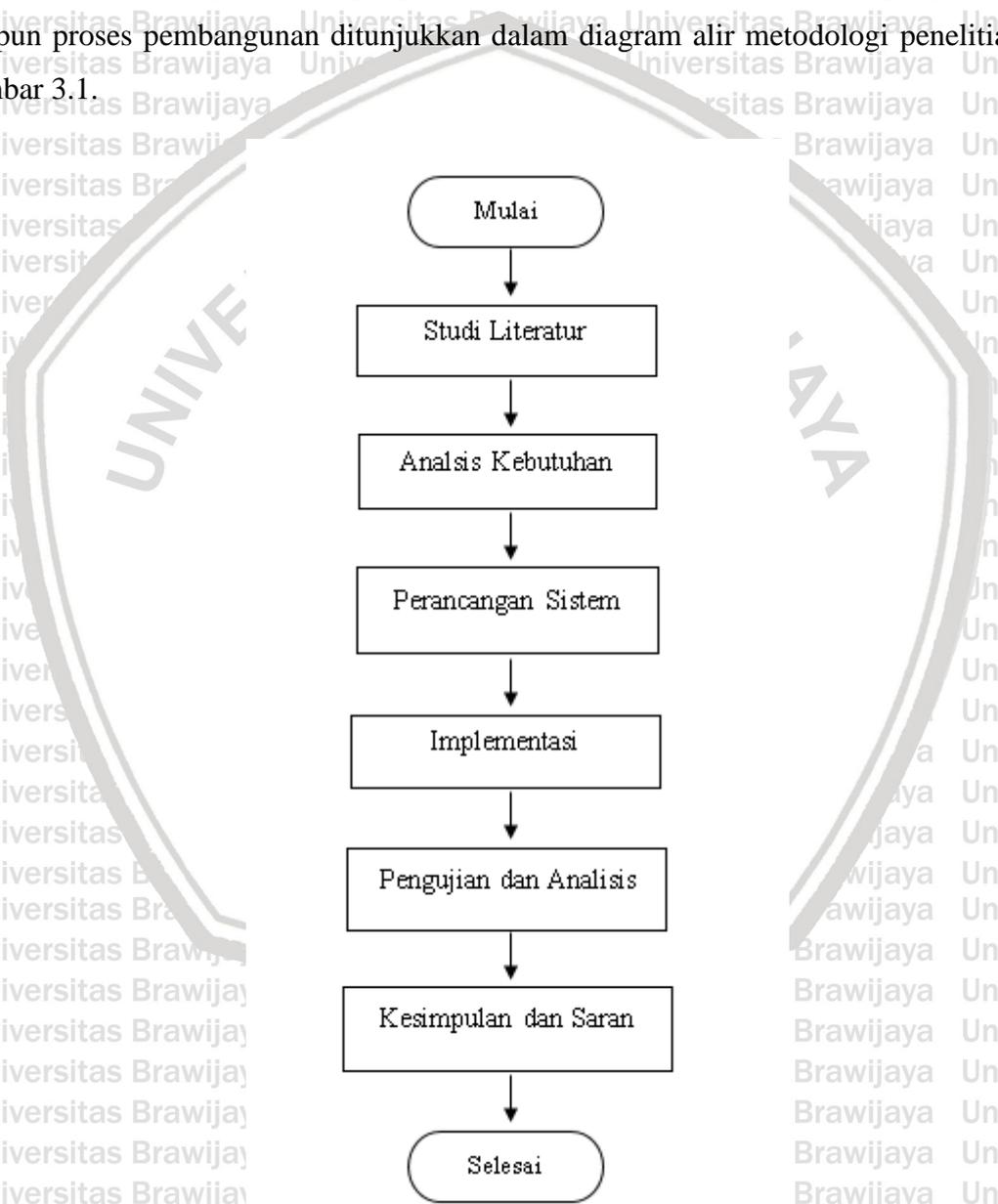
Gambar 2.8 Rating dan skor *SUS*  
(Sumber : Bangor, dkk. 2009)





### BAB III METODOLOGI

Dalam bab ini akan dibahas apa tahapan dalam mengembangkan aplikasi perhitungan struktur. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan *Waterfall Software Development Life Cycle* dan tipe penelitian ini adalah implementatif (pengembangan). Adapun proses pembangunan ditunjukkan dalam diagram alir metodologi penelitian pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian

### 3.1 Studi Literatur

Studi literatur mengandung dasar-dasar teori yang mana nantinya akan digunakan sebagai dasar dalam penulisan skripsi atau sebagai penunjang penelitian. Dan untuk studi literature bisa didapat dari jurnal-jurnal penelitian, buku-buku, dari skripsi-skripsi sebelumnya dan sumber-sumber valid lainnya. Berikut merupakan teori yang digunakan dalam penelitian antara lain:

1. Desain dan analisis beton prategang
2. Tegangan lentur pada penampang homogen
3. Bahasa pemrograman *python*
4. Model pengembangan perangkat lunak
  - a. *Waterfall model*
5. *Database*
6. Pengujian
  - a. Pengujian *Blackbox Testing*
  - b. Pengujian *Usability*

### 3.2 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan merupakan suatu tahap untuk mengidentifikasi seluruh kebutuhan fungsional dan non-fungsional yang diperlukan untuk membangun aplikasi perhitungan beton prategang.

#### a. Kebutuhan fungsional

Kebutuhan fungsional merupakan kebutuhan utama yang diambil dari permasalahan untuk dibangun menjadi sistem yang diimplemetasikan. Kebutuhan fungsional wajib tertulis dengan jelas bagaimana nantinya sistem akan bekerja atau seharusnya bekerja.

#### b. Kebutuhan non-fungsional

Kebutuhan non-fungsional memiliki artian yaitu kebutuhan yang memberikan batasan batasan kepada sistem bagaimana nanti sistem harusnya bekerja agar sesuai dengan sistem dan pengguna.

### 3.3 Perancangan Sistem

Tahap perancangan sistem merupakan tahap yang menjelaskan alur kerja sistem yang akan dibangun serta menjadi acuan dalam melakukan tahap implementasi. Dalam bab ini perancangan dimodelkan dalam *activity diagram*. Selain diagram tersebut, dalam sub-bab ini juga akan dijelaskan mengenai bagaimana relasi antar objek basis data menggunakan *Conceptual Data Model* (CDM) dan perancangan antar muka aplikasi. Selain itu juga akan dibahas tahapan dan fungsi perhitungan dan penurunan rumus yang terdapat pada sistem.

### 3.4 Implementasi

Tahap implementasi merupakan tahap untuk membangun sistem sesuai dengan tahap perancangan dan hasil dari analisis kebutuhan kedalam bahasa pemrograman *Python* meliputi implementasi perancangan antar muka dan *database*.

### 3.5 Pengujian dan analisis

Tahap pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah implementasi aplikasi yang dibangun sudah sesuai dengan hasil analisis kebutuhan dan perancangan.

#### a. Pengujian validasi

Pengujian validasi menggunakan metode *Black box testing*. Pengujian ini memandang sebuah perangkat lunak pada bagian luar sistem saja tanpa mengetahui kode programnya. Teknik pengujian *black box* yaitu dengan menjalankan unit atau fungsional pada sistem kemudian dilakukan pengamatan apakah fungsi-fungsi tersebut sudah berjalan sesuai dengan apa yang diharapkan.

#### b. Pengujian usability

Pengujian ini adalah pengujian non-fungsional yang bertujuan untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan sudah sesuai dan dapat digunakan oleh pengguna dengan mudah. Pengujian *Usability* menggunakan *System Usability Scale (SUS)* yang berguna untuk mengukur kemudahan pengguna dalam penggunaan sistem. Dengan *SUS*, masalah sistem dapat ditemukan lebih awal sebelum suatu produk dipasarkan. Lebih dari itu *SUS* dianggap lebih mudah, efektif dan efisien karena menyajikan 10 pertanyaan inti mengenai usabilitas sistem kepada pengguna.

### c. Analisis

Tahap analisis dilakukan dengan tujuan agar dapat mengetahui hasil dari pengujian perangkat lunak sehingga memperoleh kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

### 3.6 Kesimpulan dan Saran

Dan pada tahap terakhir ini, dilakukan penarikan kesimpulan yang mana harus menjawab dari rumusan masalah yang telah dinyatakan sebelumnya. Adapun saran dijadikan bahan untuk keperluan pengembangan aplikasi kedepannya agar menjadi lebih baik ataupun dijadikan sebagai evaluasi untuk penyempurnaan penulisan.



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

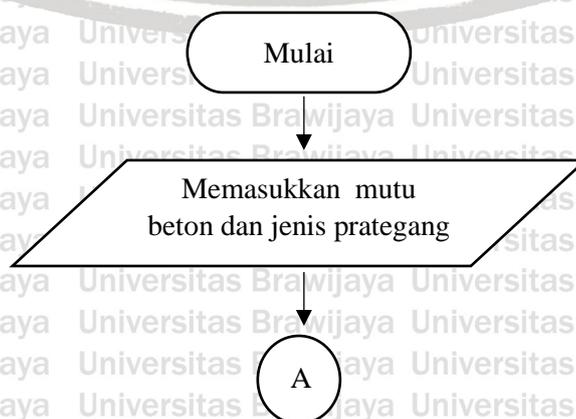
#### 4.1 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan untuk mengetahui seberapa butuhnya program atau perangkat lunak yang akan dirancang. Kebutuhan dari perangkat lunak yang dirancang oleh penulis akan dibutuhkan oleh masyarakat awam yang mempunyai pekerjaan kontruksi beton prategang khususnya dalam pekerjaan balok prategang khususnya yang berada di Negara Indonesia. Analisis kebutuhan yang dilakukan oleh penulis dilakukan pada waktu tertentu untuk mendapatkan respon dari sampel Civitas Akademika Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Respon tersebut berupa form atau borang yang berisi tingkat kebutuhan dari perangkat lunak yang dipresentasikan oleh penulis.

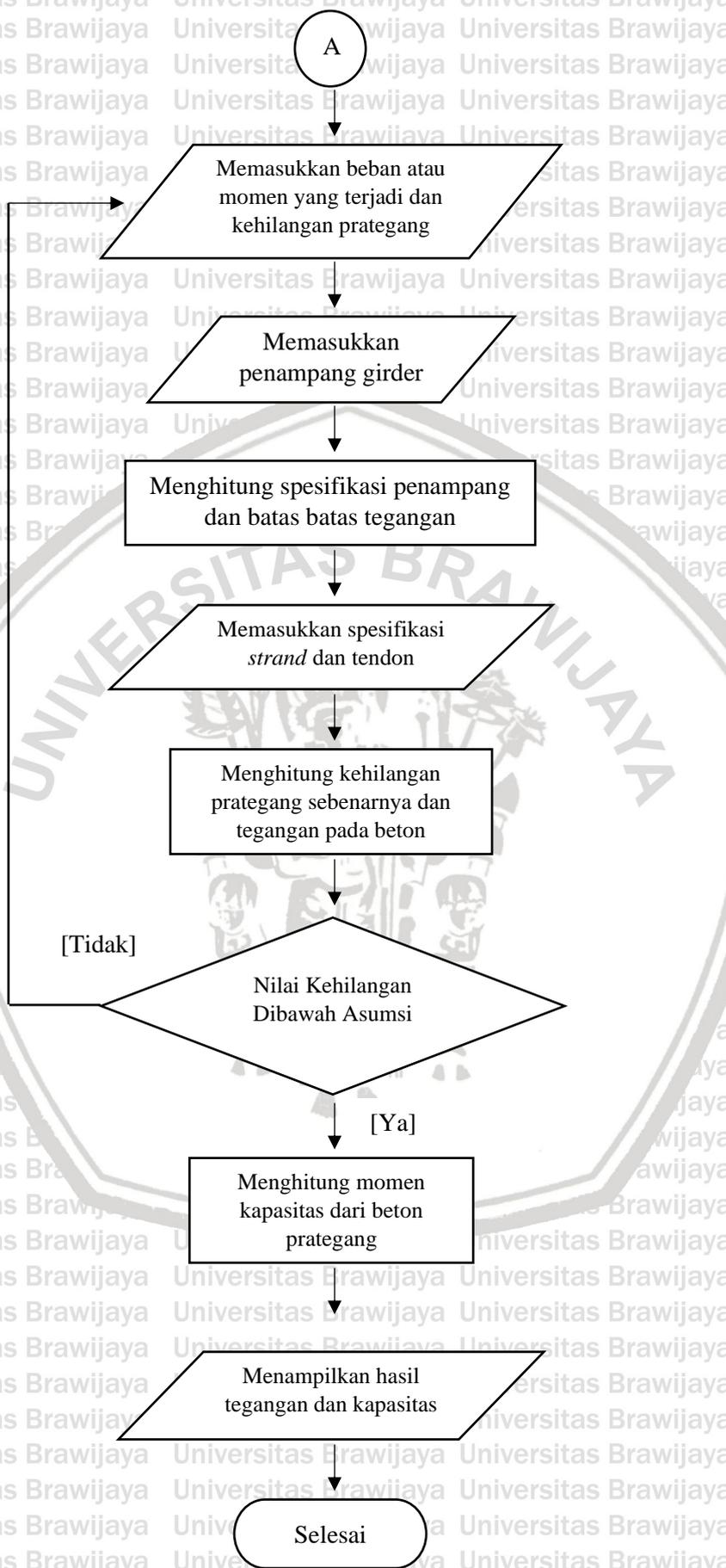
##### 4.1.1 Gambaran umum sistem

Aplikasi perangkat lunak analisis beton prategang ini digunakan untuk mempermudah pekerjaan keteknik sipilan dalam mendesain dan menganalisis struktur beton prategang agar mendapatkan efektifitas tinggi dan lebih cepat. Dalam aplikasi ini akan menghitung kapasitas struktur dengan penampang dan tendon yang di desain selanjutnya. Kapasitas tersebut akan dibandingkan dengan nilai beban yang terjadi pada struktur tersebut. Selain itu, proses analisis tegangan batas akan memprediksi kesalahan atau kekurangan kekuatan serta penyebabnya pada struktur beton prategang yang didesain.

Sistem perangkat lunak yang akan dirancang merupakan *procedural system*. Prosedur yang digunakan dalam pengerjaan perhitungan beton prategang. Prosedur yang akan dijelaskan dalam bentuk diagram alir pada gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Diagram alir prosedur perhitungan beton prategang



Gambar 4.1 Diagram alir prosedur perhitungan beton prategang (lanjutan)

#### 4.1.2 Identifikasi aktor

Tahap identifikasi aktor merupakan tahap yang bertujuan untuk mengenali aktor-aktor yang berinteraksi terhadap sistem. Klasifikasi pengguna yang cocok dalam menggunakan sistem ini adalah seseorang yang sudah memahami fungsi dan perhitungan sederhana mekanika. Penjelasan aktor-aktor beserta deskripsi atau perannya terhadap sistem akan ditunjukkan di Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Identifikasi aktor

No	Aktor	Deskripsi
1	Pengguna	Siapa saja yang menggunakan sistem

#### 4.1.3 Spesifikasi kebutuhan

Tahap spesifikasi kebutuhan ialah tahap dimana kebutuhan dari pengguna dijelaskan. Kebutuhan yang akan dijelaskan berupa kebutuhan fungsional dan kebutuhan non-fungsional. Spesifikasi kebutuhan ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan pengguna dalam sistem. Berikut ini spesifikasi kebutuhan fungsional dan non fungsional.

##### a. Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional didapatkan dari hasil diskusi dengan beberapa orang yang memahami sistem yang akan dirancang. Kebutuhan yang wajib dilakukan agar sistem yang dirancang sesuai dengan kegunaan dan fungsinya.

##### b. Kebutuhan Non- Fungsional

Kebutuhan non fungsional merupakan penjelasan dari apa yang dibutuhkan pengguna secara tidak langsung. Kebutuhan ini tidak menyangkut pada prosedur sistem yang akan dirancang. Akan tetapi, Kebutuhan non fungsional menentukan batasan apa yang harus dipenuhi oleh sistem yang dibangun. Daftar kebutuhan fungsional dan non-fungsional akan dijelaskan pada tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Hasil analisis kebutuhan

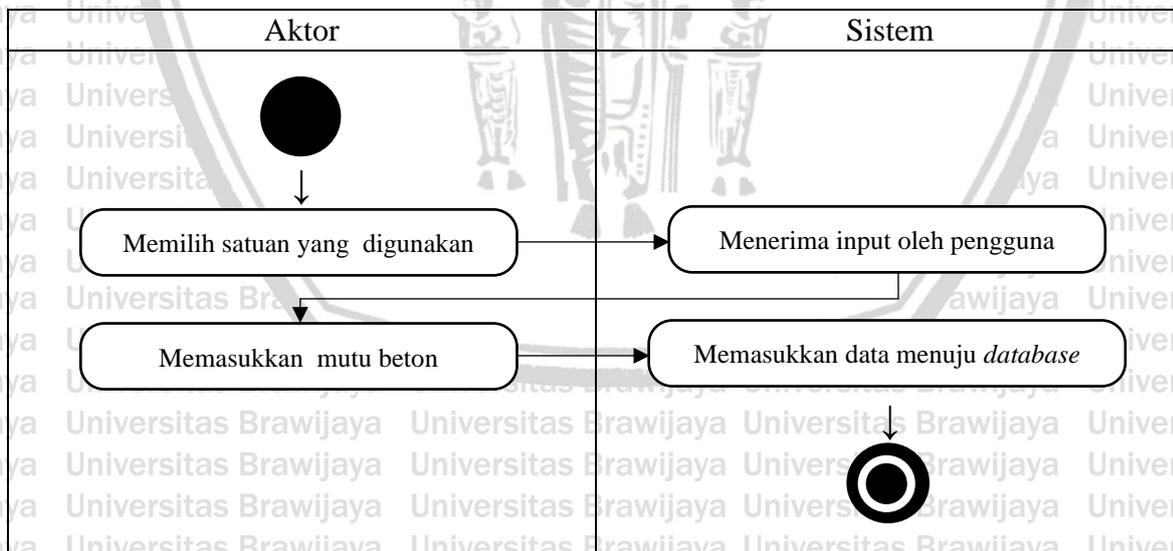
Analisis Kebutuhan	Jenis Fungsional
Memberikan menu perhitungan penampang secara manual	Fungsional
Memberikan perintah berhenti apabila data salah	Fungsional
Aplikasi dapat menghitung sistem prategang dengan <i>post-tension</i> maupun <i>pre-tension</i>	Fungsional
Memberikan penjelasan gambar untuk memudahkan pengguna	Non-Fungsional
Interface yang mudah dimengerti	Non-Fungsional
Membuat panduan secara detail dalam penggunaan Aplikasi	Non-Fungsional

## 4.2 Perancangan

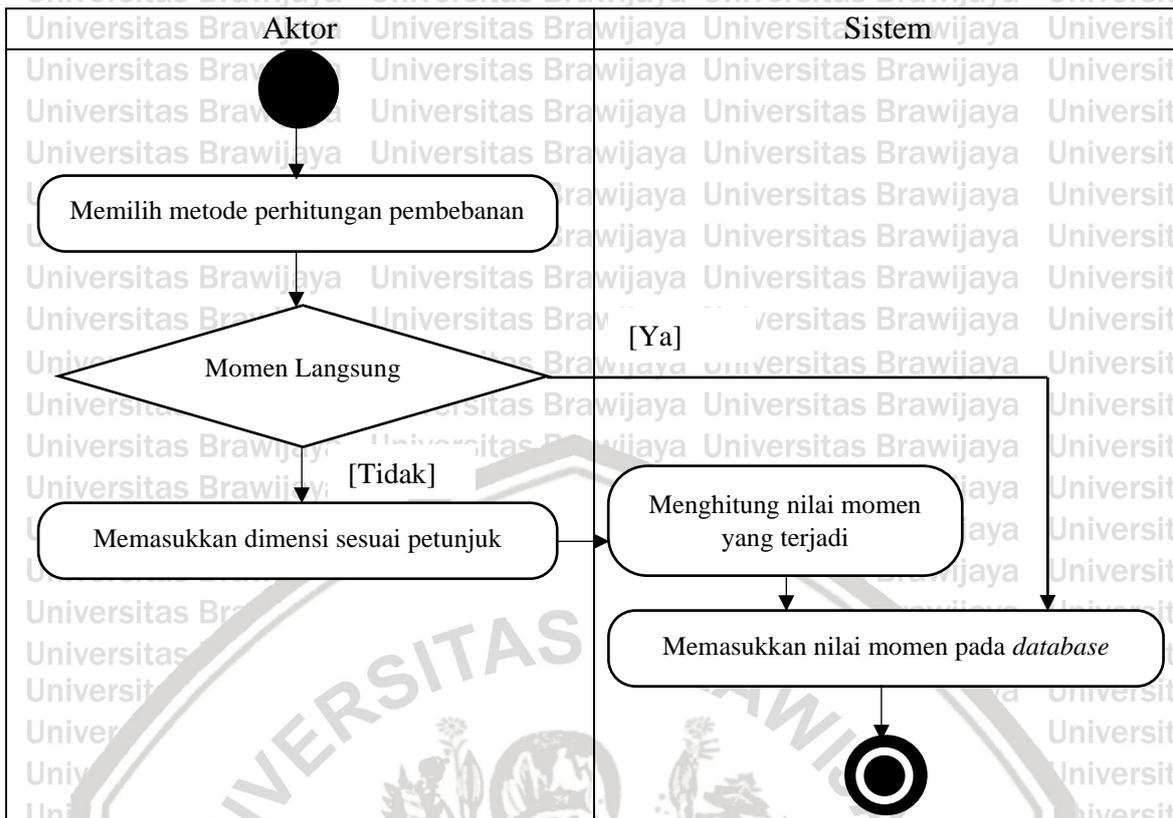
Proses perancangan merupakan proses yang dilakukan setelah proses analisis kebutuhan. Perancangan aplikasi kapasitas beton prategang akan disesuaikan dengan hasil analisis kebutuhan yang dilakukan sebelumnya. Perancangan akan dibagi menjadi beberapa tahap, yakni Arsitektur sistem, Perancangan komponen, perancangan data, Perancangan antar muka

### 4.2.1 Arsitektur sistem

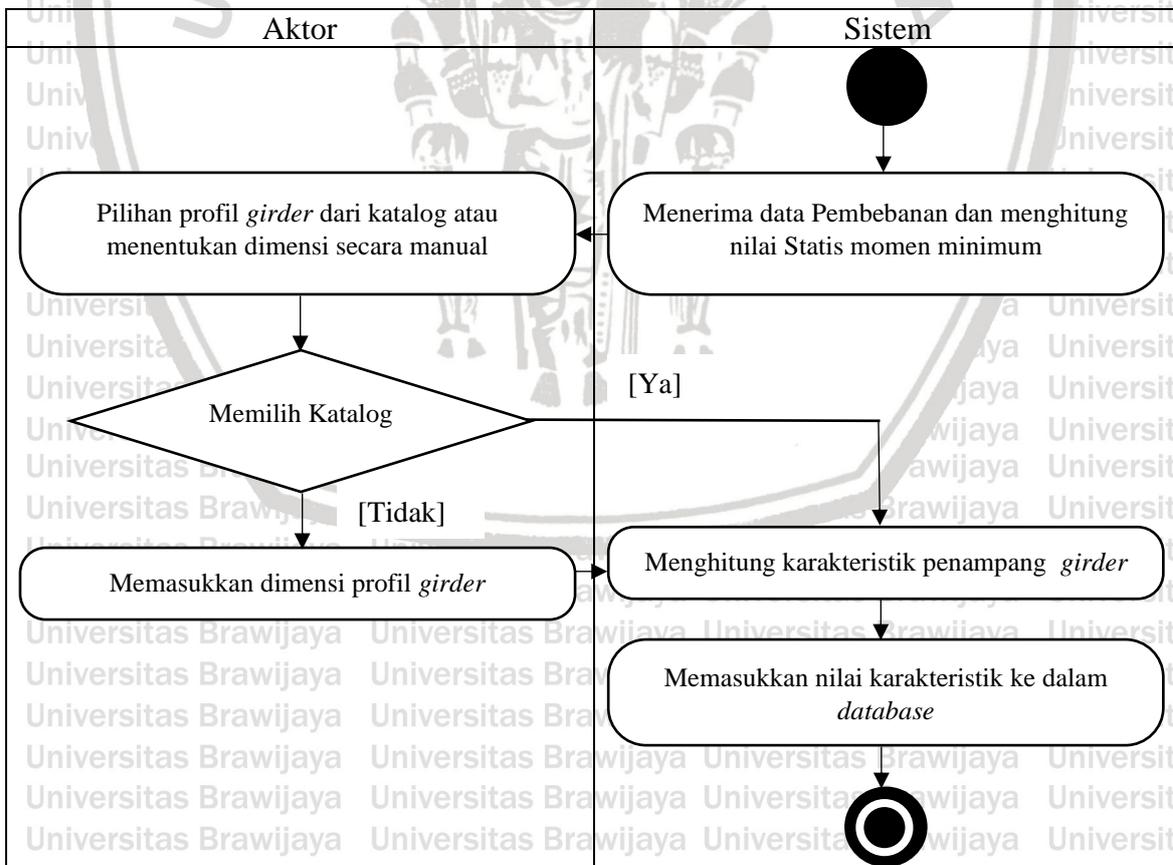
Pada perancangan arsitektur sistem, arsitektur sistem dimodelkan dalam Diagram Prosedur yang menunjukkan seluruh objek dan kelas yang menyusun sistem secara berurutan juga hubungan antar kelas tersebut. Semua hal tersebut akan dijelaskan dalam *Activity Diagram* akan dijelaskan dalam diagram Gambar 4.2 sampai dengan Gambar 4.7.



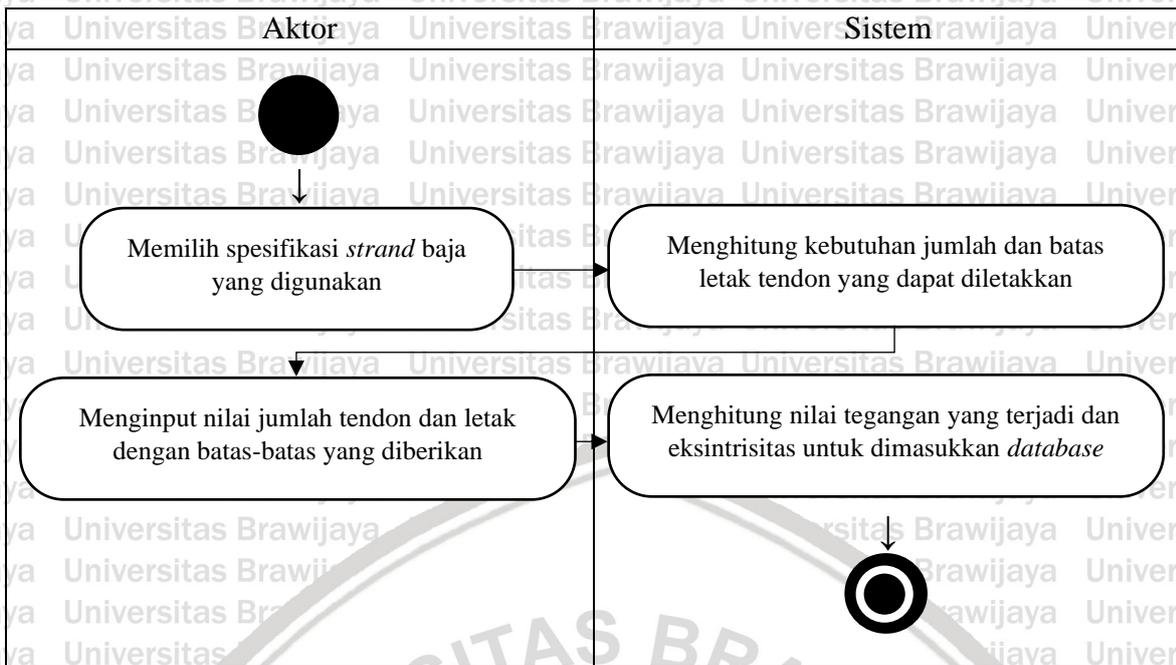
**Gambar 4.2** Activity diagram memasukkan mutu beton



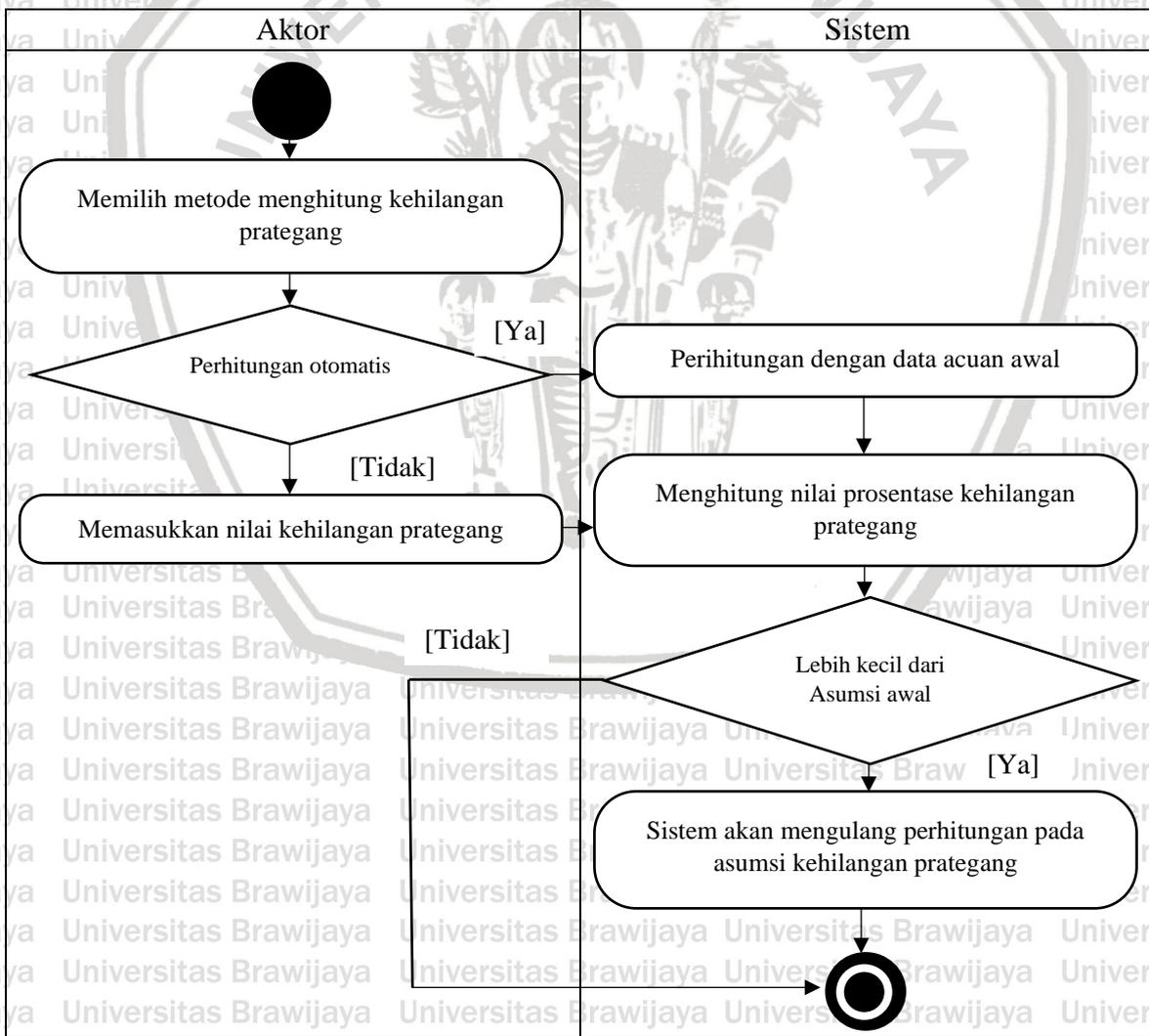
Gambar 4.3 Activity diagram memasukkan pembebanan pada batang



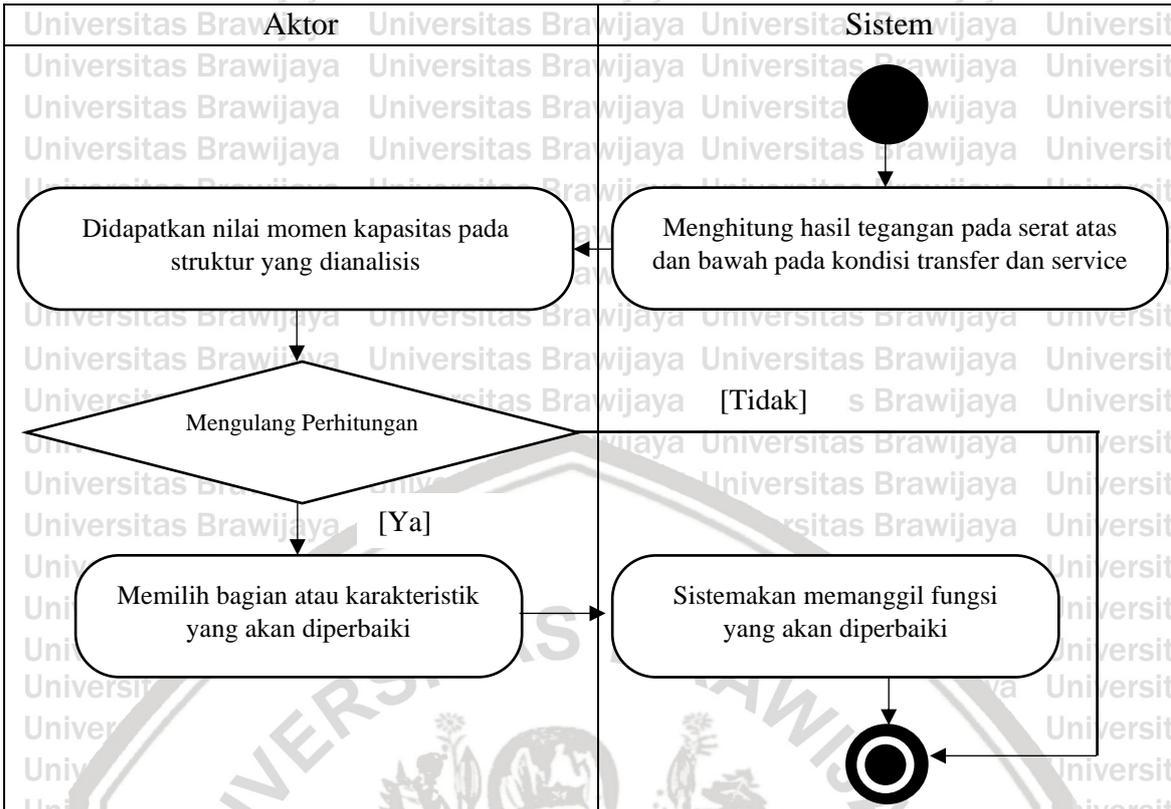
Gambar 4.4 Activity diagram memasukkan penampang beton



Gambar 4.5 Activity diagram memilih strand baja dan spesifikasinya



Gambar 4.6 Activity diagram memasukkan kehilangan prategang



Gambar 4.7 Activity diagram perhitungan struktur dan menampilkan hasil

#### 4.2.2 Perancangan komponen

Pada perancangan komponen berisi algoritma masing-masing komponen penyusun sistem. Perancangan komponen bertujuan untuk memudahkan dalam proses pembuatan kode program dengan memberikan alur logika suatu fungsionalitas pada masing-masing komponen.

Tabel 4.3 Algoritma memasukkan mutu beton

Algoritme: Fungsi ConcCharacter	
1	Inisialisasi Module
2	inisialisasi View Jendela Satuan
3	Memilih satuan
4	Menutup jendela satuan
5	Inisialisasi View ConcCharacter
6	Input Nilai MutuBeton

**Tabel 4.4** Algoritma memasukkan pembebanan pada batang

Algoritme: Fungsi InputLoading	
1	Inisialisasi Module GUITkinter
2	Inisialisasi integer Satuan
3	inisialisasi View Pembebanan
4	For
5	1 - Input nilai Pjg_Beam
6	Input nilai Momen_Hidup dan Momen_Mati
7	2 - input nilai Pjg_Beam
8	Input nilai Beban_Hidup dan Beban_mati
9	Menjalankan rumus Momen dari beban
10	End For
11	Memasukkan Momen_Hidup dan Momen_Mati pada Database

**Tabel 4.5** Algoritma memasukkan penampang beton

Algoritme: Fungsi ConcClass	
1	Inisialisasi Module GUITkinter
2	Inisialisasi Integer Satuan
3	inisialisasi View MtdPlksana
4	Input integer MtdLksana
5	Input Asumsi_Lost
6	Menutup View MtdPlksana
7	Menjalankan Rumus StatisMIN
8	Inisialisasi View ConcreteProp
9	For
10	1 - input integer Properties
11	Membuka Database Properties
12	Input nilai CProp
13	2 - Input Dimensi
14	Menjalankan rumus Cprop
15	End For
16	Memasukkan Cprop, MtdLksana, Asumsi_Lost ke Database

**Tabel 4.6** Algoritma memilih *strand* baja dan spesifikasinya

Algoritme: Fungsi addStrand	
1	Inisialisasi Module GUITkinter
2	inisialisasi integer Satuan
3	Inisialisasi Nilai Cprop, Asumsi_Lost
4	inisialisasi View addStrand
5	Input nilai teg.ultimit dan luasan srand
6	Menjalankan rumus JumlahMIN , BtsEksentris
7	Input nilai JumlahStrnd , EksTendon
8	Memasukkan EksTendon ke Database

**Tabel 4.7** Algoritma memasukkan kehilangan pretegang

Algoritme: Fungsi PrestressLost	
1	Inisialisasi Module GUITkinter
2	inisialisasi integer Satuan
3	inisialisasi integer MtdLksn
4	inisialisasi view Prestresslost
5	For
6	1- Memilih perhitungan secara default
7	2- Memilih memasukkan kehilangan pretegang
8	End For
9	Rumus Prosentase_Lost
10	Menyimpan Nilai Prosen_Lost pada database

**Tabel 4.8** Algoritma perhitungan struktur dan menampilkan hasil

Algoritme: Fungsi Outcome	
1	Inisialisasi Module GUItkinter
2	inisialisasi integer Satuan
3	Membuka database Prosen_Lost
4	Membuka database Ekstendon
5	Membuka database Momen_Hidup dan Momen_Mati
6	Membuka database Cprop
7	Def Rumus Tegangan
8	Def Rumus MomenNominal
9	Do (i=1,2)
10	Do (j=1,2)
11	Inisialisasi nilai eksentristas
12	Menjalankan rumus Tegangan
13	Menjalankan rumus MomenNominal
14	End do
15	End Do
16	Inisialisasi View Jendela_hasil

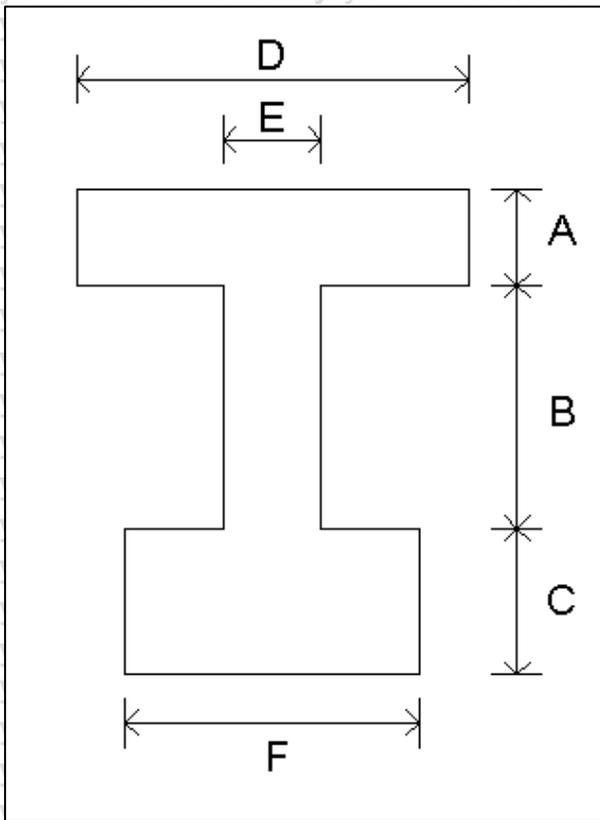
### 4.2.3 Penjelasan rumus

Adapun rumus yang akan digunakan dalam program analisis beton prategang. Rumus yang digunakan didapatkan dari ACI 318M-11. Rumus tersebut akan dituliskan dalam Tabel 4.9. dengan  $f'_c$  merupakan mutu beton yang digunakan dalam struktur beton prategang

**Tabel 4.9** Kumpulan rumus untuk batasan tegangan serat beton prategang

No.	Perhitungan	Matriks	Imperial
1	Modulus Elastisitas Beton (MPa/psi)	$E_c = 4700\sqrt{f'_c}$	$E_c = 57000\sqrt{f'_c}$
2	Batas Tegangan Tarik Transfer (MPa/psi)	$f_{ti} = 0,25\sqrt{f'_c}$	$f_{ti} = 3\sqrt{f'_c}$
3	Batas Tegangan Tekan Transfer (MPa/psi)	$f_{ci} = 0,45f'_c$	$f_{ci} = 0,45f'_c$
4	Batas Tegangan Tarik Kerja (MPa/psi)	$f_{te} = 0,5\sqrt{f'_c}$	$f_{te} = 6\sqrt{f'_c}$
5	Batas Tegangan Tekan Kerja (MPa/psi)	$f_{ce} = 0,6f'_c$	$f_{ce} = 0,6f'_c$
6	Nilai Perbandingan Modulus (n)	$n_c = 0,0235\sqrt{f'_c}$	$n_c = 0,001965\sqrt{f'_c}$

Rumus yang akan digunakan dalam perhitungan penampang girder akan mengacu pada Gambar 4.8 dan Tabel 4.10.



Gambar 4.8 Penampang dan dimensi yang dimasukkan

Tabel 4.10 Perhitungan karakteristik dimensi penampang girder

No.	Perhitungan	Rumus
1	Tinggi Penampang (h)	$h = A + B + C$
2	Luas Penampang ( $A_c$ )	$A_c = A_x D + B_x E + C_x F$
3	Titik Berat terhadap Serat Bawah ( $C_b$ )	$C_b = ((A_x D)(C+B+A/2) + (B_x E)(C+B/2) + (C_x F)(C/2)) / A_c$
4	Titik Berat terhadap Serat Atas ( $C^t$ )	$C^t = h - C_b$
5	Momen Inersia Sayap Atas ( $I_{f1}$ )	$I_{f1} = (D \cdot A^3) / 12 + D \cdot A \cdot (C^t - A/2)^2$
6	Momen Inersia Sayap Bawah ( $I_{f2}$ )	$I_{f2} = (F \cdot C^3) / 12 + F \cdot C \cdot (C_b - C/2)^2$
7	Momen Inersia Badan ( $I_w$ )	$I_w = (E \cdot B^3) / 12 + E \cdot B \cdot (C_b - C - B/2)^2$
8	Momen Inersia Gabungan (I)	$I = I_{f1} + I_{f2} + I_w$
9	Statis Momen Bawah ( $S_b$ )	$S_b = I / C_b$
10	Statis Momen Atas ( $S^t$ )	$S^t = I / C^t$
11	Jari-jari Inersia (r)	$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$

**Tabel 4.11** Perhitungan *strand* baja

No.	Klasifikasi	Rumus
1	Tegangan tendon yang dibutuhkan	Pers. 2.9 dan Pers. 2.10
2	Kebutuhan luas seluruh tendon	$A_p = \frac{P_i}{f_{pi}}$
3	Jumlah <i>strand</i> ideal yang diperlukan	$n_s = \frac{A_p}{A_{st}}$
4	Batas letak tendon yang dipasang	Pers. 2.11 dan Pers. 2.12

**Tabel 4.12** Perhitungan kehilangan prategang

No.	Kehilangan Prategang	Pascatarik (1)	Pratarik (2)
1	Akibat dudukan anker..... Pers. (2.3)	5,5 %	5,5 %
2	Akibat gesekan..... Pers. (2.4)	$(2,934+0,2xL_{(ft)})\%$	0 %
3	Perpendekan elastisitas beton.. Pers. (2.5)	$n \frac{P_i}{A_c}$	$n \frac{P_i}{A_c}$
4	Relaksasi tegangan baja..... Pers. (2.6)	5,73 %	5,73 %
5	Akibat rangkai..... Pers. (2.7)	$1,6n\left(\frac{P_i}{A_c} - \frac{M_s e}{I_c}\right)$	$2n\left(\frac{P_i}{A_c} - \frac{M_s e}{I_c}\right)$
6	Akibat susut..... Pers. (2.8)	2,213 %	2,88 %

Apabila pengguna program tidak memasukkan nilai kehilangan prategang secara spesifik, pengguna dapat menggunakan nilai kehilangan prategang secara *default*. Nilai Kehilangan prategang *default* akan menggunakan beberapa kondisi sebagai berikut, perpendekan elastis beton terjadi secara bersamaan (tidak dipengaruhi oleh eksentrisitas tendon), relaksasi baja diasumsikan terjadi setelah 5 tahun, kehilangan prategang akibat susut diasumsikan dengan perawatan beton selama 7 hari dengan kelembaban relatif 70 persen dan rasio volum permukaan sebesar 2,0, kehilangan akibat gesek terjadi diakibatkan oleh tendon *strand* 7 kawat takberlapisan didalam selubung metal fleksibel, dengan kelengkungan 0,1467 radian, kehilangan akibat dudukan anker sebesar ¼ in (6,35 mm).

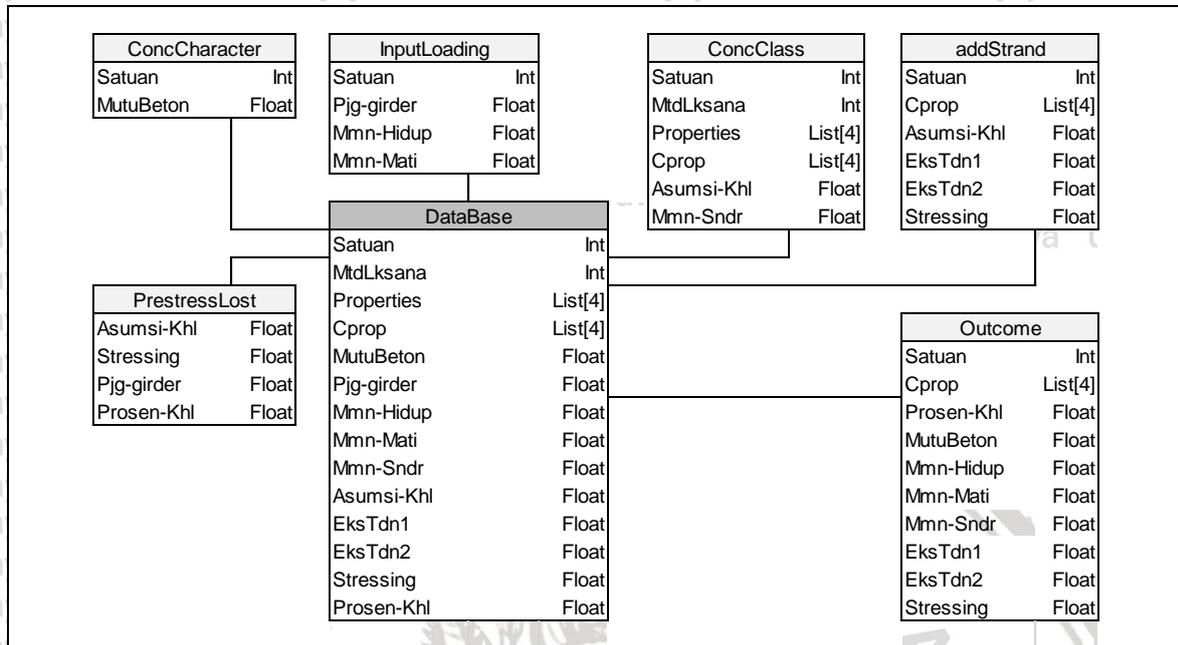
**Tabel 4.13** Perhitungan hasil akhir analisis beton prategang

No.	Perhitungan	Rumus
1	Tegangan yang terjadi pada ujung serat <i>girder</i>	Pers. 2.13 dan Pers. 2.14
2	Momen nominal yang bisa diterima oleh struktur	Pers. 2.15 dan Pers. 2.16

### 4.2.4 Perancangan Data

Perancangan dan hubungan data yang dipakai akan dijelaskan dalam diagram

Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Diagram alir data analisis beton prategang

## 4.3 Implementasi

### 4.3.1 Spesifikasi sistem perangkat

Dalam spesifikasi sistem dijelaskan mengenai spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan untuk mengembangkan aplikasi Analisis Beton Prategang.

Perangkat keras yang digunakan untuk membangun sistem dijelaskan pada Tabel 4.14, dan perangkat lunak yang digunakan untuk membangun sistem dijelaskan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.14 Spesifikasi perangkat keras analisis beton prategang

Nama Komponen	Spesifikasi
<i>System Model</i>	ASUS A555L
<i>Processor</i>	Intel Core i5-5200U up to 2.20 GHz
<i>Memory</i>	4 GB
<i>Display</i>	Intel HD Graphics
<i>Hard Drive</i>	512 GB

Tabel 4.15 Spesifikasi perangkat lunak analisis beton prategang

Nama Komponen	Spesifikasi
<i>Programming Language</i>	Python 3.7.2
<i>Database Management System</i>	MySQL 8.0.1

### 4.3.2 Implementasi kode program

Implementasi dari keseluruhan program akan dijelaskan dan ditulis secara terperinci. Kode program yang digunakan adalah kode program *python* yang sudah terintegrasi dengan *database MySQL*. Pengguna harus menginstall *software database* dan terintegrasi dengan bahasa pemrograman yang digunakan untuk menjalankan keseluruhan program dengan lancar.

#### a. Kode program *database girder*

Nama kode yang akan digunakan dalam membangun program *database girder* adalah *database.py*. *Database* yang termasuk dalam program ini adalah nilai kolom kosong untuk keperluan keseluruhan program, meliputi jenis satuan, nilai asumsi kehilangan, nilai momen yang terjadi, dan lain-lain. Selain kolom kosong, adapun nilai karakteristik *girder* yang tertera dalam peraturan ACI dalam satuan imperial maupun satuan matrik.

Kode program harus diaktifkan sebelum menggunakan program perhitungan yang tertera. Penggunaan selain fungsi pembuka program digunakan untuk mengatur nilai *database* menjadi nilai kosong dan memperbaiki *database* karakteristik *girder* sesuai dengan *database* awal. Contoh skrip bisa dilihat pada Tabel 4.16.

**Tabel 4.16** Contoh skrip *database.py*

No.	Skrip : Database.py
39	...
40	jendela = tkinter.Tk()
41	jendela.title("Database Success")
42	jendela.geometry("300x100")
43	info = tkinter.Label(jendela,
44	text ="Database Telah dibangun. Lanjutkan perhitungan",
45	width=20)
46	Keluar= tkinter.Button(jendela, text ="Ok",
47	width = 10, command = jendela.destroy)
48	info.pack(anchor=tkinter.W)
49	Keluar.pack(anchor=tkinter.E)
	jendela.mainloop()
	...

#### b. Kode program *concrete character*

Nama kode yang akan digunakan dalam membangun program mutu beton *girder* adalah *ConcCharacter.py*. Kode program akan memberi instruksi kepada pengguna untuk memilih satuan yang akan digunakan dalam perhitungan selanjutnya. Perhitungan meliputi penggunaan satuan matriks dan satuan imperial. Setelah itu jendela tertutup dan berpindah dengan jendela untuk memasukkan nilai mutu beton yang digunakan dalam perhitungan balok prategang. Contoh skrip bisa dilihat pada Tabel 4.17.



**Tabel 4.17** Contoh skrip *ConcCharacter.py*

No.	Skrip : ConcCharacter.py
	...
9	jendela = tkinter.Tk()
10	jendela.title("ConcCharacter")
11	jendela.geometry("300x100")
12	labelInfo = tkinter.Label(jendela, text = "satuan yang anda pilih :")
13	labelInfo.pack (anchor = tkinter.W)
14	satuan = tkinter.StringVar()
15	satuan.set("X")
16	radiocent = tkinter.Radiobutton (jendela, text ="Satuan Metriks",
17	variable = satuan, value = "X")
18	radioInch = tkinter.Radiobutton (jendela, text ="Satuan Imperial",
19	variable = satuan, value = "Y")
20	tombolKeluar = tkinter.Button(jendela, text ="Lanjutkan",
21	width = 10, command = jendela.destroy)
22	radiocent.pack (anchor = tkinter.W)
23	radioInch.pack (anchor = tkinter.W)
24	tombolKeluar.pack ()
25	jendela.mainloop()
	...

**c. Kode program input loading**

Nama kode yang akan digunakan dalam membangun program pembebanan girder adalah *InputLoading.py*. Kode program tersebut akan memberi instruksi dalam memasukkan nilai pembebanan diinputkan secara manual ( memasukkan nilai momen mati tambahan dan hidup maksimum), atau memasukkan pembebanan merata pada girder. Selain itu, program juga memerlukan panjang girder untuk digunakan pada perhitungan selanjutnya. Contoh skrip bisa dilihat pada Tabel 4.18.

**Tabel 4.18** Contoh skrip *InputLoading.py*

No.	Skrip : InputLoading.py
	...
19	jendela=tkinter.Tk()
20	jendela.geometry("300x100")
21	jendela.title("Input Loading")
22	labelInfo = tkinter.Label(jendela, text = "Metode dalam Memasukkan Momen :")
23	labelInfo.pack (anchor = tkinter.W)
24	metode = tkinter.StringVar()
25	metode.set("X")
26	radioManual = tkinter.Radiobutton (jendela,
27	text ="Memasukkan Momen Maksimum Secara Manual", variable=metode, value =
	"X")
28	radioHitung = tkinter.Radiobutton (jendela,
29	text ="Memasukkan Bentang dan Beban Merata", variable=metode, value = "Y")
30	tombolKeluar = tkinter.Button(jendela,
31	text ="Lanjutkan", width = 10, command = jendela.destroy)
32	radioManual.pack (anchor = tkinter.W)
33	radioHitung.pack (anchor = tkinter.W)
34	tombolKeluar.pack (anchor = tkinter.E)
35	jendela.mainloop()
	...

#### d. Kode program *concrete classification*

Nama kode yang akan digunakan dalam membangun program karakteristik penampang *girder* adalah *ConcClass.py*. Kode program membuka jendela pemilihan metode pelaksanaan prategang dan memasukkan nilai asumsi kehilangan prategang untuk menghitung nilai statis momen minimum, Setelah jendela kehilangan prategang tertutup, pengguna memilih cara memasukkan dimensi Penampang, dengan pilihan mengikuti katalog pada *database* atau memasukkan dimensi balok I secara manual. Contoh skrip bisa dilihat pada Tabel 4.19.

**Tabel 4.19** Contoh skrip *ConcClass.py*

No.	Skrip : <i>ConcClass.py</i>
	...
99	window1 =tkinter.Tk()
90	window1.title("ConcClass")
91	labelinfo1 = tkinter.Label(window1, text = "Nilai Statis momen yang dibutuhkan")
92	labelinfo2 = tkinter.Label(window1, text = "St =") ; labelinfo3 =
	tkinter.Label(window1, text = "Sb =")
93	labelinfo4 = tkinter.Label(window1, text = "Masukkan Metode Memasukkan Karakteristik girder")
94	Stinfo = tkinter.Label(window1, text = Stop) ; Sbinfo =
	tkinter.Label(window1, text = Sbot)
95	StSts = StPjg1 + '3' ; Satuaninfo1 = tkinter.Label(window1, text = StSts)
96	Satuaninfo2 = tkinter.Label(window1, text = StSts)
97	metodeinput = tkinter.StringVar()
98	metodeinput.set("X")
099	radiodimensi = tkinter.Radiobutton (window1, text ="Memasukkan Dimensi",
100	variable = metodeinput, value = "X")
101	radiokatalog = tkinter.Radiobutton (window1, text ="Memasukkan Kode Katalog",
102	variable = metodeinput, value = "Y")
103	tombolKeluar = tkinter.Button(window1, text ="Lanjutkan", width = 10,
104	command = window1.destroy)
	...

#### e. Kode program *adding strand*

Nama kode yang akan digunakan dalam membangun program properti *Strand* baja adalah *AddStrand.py*. Program tersebut akan meminta pengguna untuk memasukkan nilai tegangan baja untuk elemen prategang dan luasan *strand* tiap satuan. Setelah jendela input di tutup, Jendela pemberian eksentrisitas dan jumlah *strand* terbuka. Jendela tersebut memberikan jarak minimum dan maksimum untuk eksentrisitas prategang. Selain itu, program memberikan nilai minimum *strand* dan lokasi notasi secara jelas. Contoh skrip bisa dilihat pada Tabel 4.20.

**Tabel 4.20** Contoh skrip *AddStrand.py*

No.	Skrip : <i>AddStrand.py</i>
	...
64	windows.title("AddStrand")
65	Info0 = tkinter.Label(windows, text = "Masukkan Properti dari <i>strand</i> baja")
66	Info1 = tkinter.Label(windows, text = "Tegangan <i>Strand</i> diberikan :")
67	Info2 = tkinter.Label(windows, text = "Luasan satuan <i>Strand</i> :")
68	Entrymutu = tkinter.Entry(windows)
69	Entryluas = tkinter.Entry(windows)
70	tombolKeluar = tkinter.Button(windows, text = "Lanjutkan",
71	width = 10, command = windows.destroy)
72	tombolProses = tkinter.Button(windows, text = "Proses",
73	width = 10, command = click)
74	infosatuan1= tkinter.Label(windows, text = StTkn)
75	infosatuan2= tkinter.Label(windows, text = StPjg1 + "²")
76	Info0.grid (row = 0, column = 0)
77	Info1.grid (row = 1, column = 0)
78	Info2.grid (row = 2, column = 0)
79	Entrymutu.grid (row = 1, column = 1)
80	Entryluas.grid (row = 2, column = 1)
81	infosatuan1.grid(row =1, column = 2)
82	infosatuan2.grid(row =2, column = 2)
83	tombolKeluar.grid(row = 5, column = 2)
84	tombolProses.grid(row = 4, column = 2)
85	windows.mainloop()
	...

**f. Kode program *prestress lost***

Nama kode yang akan digunakan dalam membangun program kehilangan prategang adalah *PrestressLost.py*. Program tersebut akan memeberikan pilihan untuk memasukkan nilai kehilangan prategang secara manual (memasukkan gaya kehilangan) atau perhitungan secara otomatis dengan asumsi yang diberikan oleh perancang program analisis. Contoh skrip bisa dilihat pada Tabel 4.21.

**Tabel 4.21** Contoh skrip *PrestressLost.py*

No.	Skrip : <i>PrestressLost.py</i>
	...
54	jendela = tkinter.Tk()
55	jendela.title("PreStressLost")
56	labelinfo1 = tkinter.Label(jendela,
57	text = 'Apakah anda mempunyai data Kehilangan prategang')
58	metodeinput = tkinter.StringVar()
59	metodeinput.set("X")
60	radioYes= tkinter.Radiobutton (jendela, text ="Yes",
61	variable= metodeinput, value = "X")
62	radioNo = tkinter.Radiobutton (jendela, text ="No",
63	variable= metodeinput, value = "Y")
64	tombolKeluar = tkinter.Button(jendela, text ="Lanjutkan",
65	width = 10, command = jendela.destroy)
66	labelinfo1.grid(column=0, row=1,columnspan=2)
67	radioYes.grid(column=0, row=2)
68	radioNo.grid(column=0, row=3)
69	tombolKeluar.grid(column=2, row=4)
70	jendela.mainloop()
	...



### g. Kode program *outcome girder*

Nama kode terakhir yang akan digunakan dalam membangun program hasil perhitungan analisis *girder* adalah *Outcome.py*. Program memberikan informasi tentang tegangan pada serat atas dan bawah, serta perbandingan momen yang nominal desain *girder* dengan momen yang terjadi. Contoh skrip bisa dilihat pada Tabel 4.22.

**Tabel 4.22** Contoh skrip *outcome.py*

No.	Skrip : Outcome.py
78	...
79	jendela = tkinter.Tk()
80	jendela.title("Outcome")
81	Info1=tkinter.Label(jendela,text="Hasil Perhitungan")
82	Info2=tkinter.Label(jendela,text="Kehilangan Prategang")
83	Info3=tkinter.Label(jendela,text="Momen yang terjadi")
84	Info4=tkinter.Label(jendela,text="Momen Kapasitas")
85	Info5=tkinter.Label(jendela,text="Angka Keamanan")
86	Info6=tkinter.Label(jendela,text="Menu :")
87	Ph = Pi - Pe
88	Angka = Mnom1/Mtjd
89	if Angka>(Mnom2/Mtjd) :
90	Angka = Mnom2/Mtjd
91	isi1=tkinter.Label(jendela,text= Ph)
92	isi2=tkinter.Label(jendela,text= Mtjd)
93	isi3=tkinter.Label(jendela,text= Mnom1)
94	isi4=tkinter.Label(jendela,text= Mnom2)
95	isi5=tkinter.Label(jendela,text= Angka)
96	satuan1=tkinter.Label(jendela,text= StGaya)
97	satuan2=tkinter.Label(jendela,text= StMmn)
98	satuan3=tkinter.Label(jendela,text= StMmn)
99	satuan4=tkinter.Label(jendela,text= StMmn)
	...

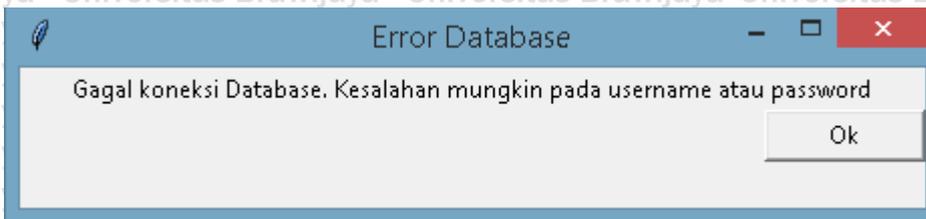
### 4.3.3 Implementasi antar muka

Jendela antar muka yang bisa dibuat oleh bahasa pemrograman *python* berupa penampilan yang sederhana. Pembuatan dibantu oleh modul *tkinter* yang sudah terpasang pada awal memasang bahasa *python* tersebut. Bentuk akan dipresentasikan merupakan bentuk *interface default* yang ada pada windows 8.

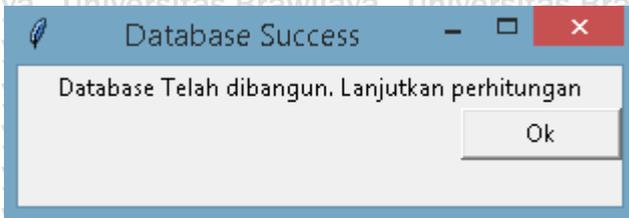
*Tkinter Module* merupakan modul untuk membuat jendela berbasis *Graphical User Interface* (GUI). GUI adalah suatu antar muka yang memungkinkan pemakai berinteraksi dengan sistem operasi melalui seperangkat elemen atau yang biasa disebut widget seperti *listbox*, *radio button*, ikon, dan kotak dialog. Penulisan yang digunakan pada keseluruhan program ini menggunakan pengaturan awal pada jenis font dan ukuran font.

#### a. Jendela antar muka *database*

Jendela yang dibuat untuk *database* tidak digunakan untuk mendapatkan interaksi dengan pemakai. Jendela yang keluar hanya memberikan informasi tentang bagaimana keadaan kode. Apabila *database* tidak berhasil dibuka akan keluar jendela pada Gambar 4.10. Apabila *database* berhasil dijalankan maka akan keluar jendela pada Gambar 4.11.



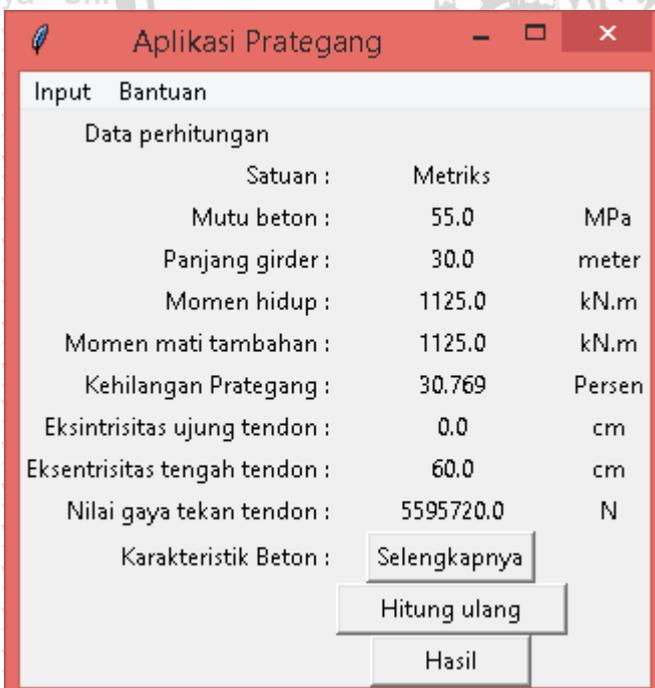
**Gambar 4.10** Antar muka jendela apabila *database* gagal digunakan



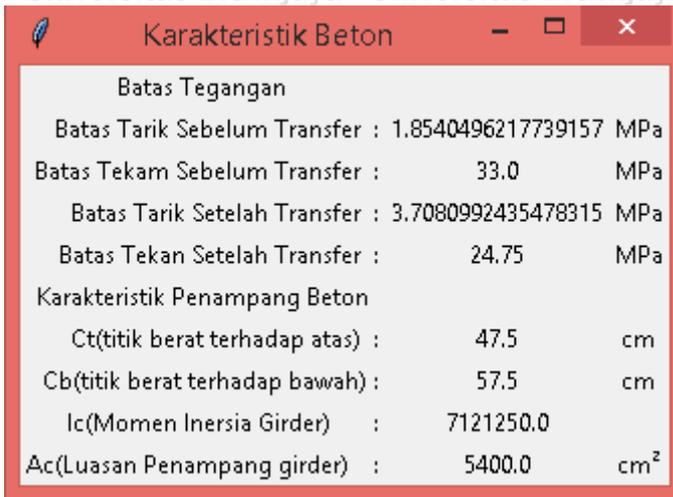
**Gambar 4.11** Antar muka jendela apabila *database* dapat digunakan dengan benar

### b. Jendela antar muka program awal

Jendela akan memberikan pilihan data yang ada pada perhitungan sebelumnya. Jendela program awal ini menjadi jembatan untuk membuka informasi-informasi terkait perhitungan. Seperti bantuan dalam penggunaan aplikasi ini, katalog *girder*, dan cara instalasi program *database*. Selain itu, Jendela memberikan menu yang membuka jendela input dan mencari informasi tentang karakteristik beton yang digunakan. Seperti pada Gambar 4.12 dan Gambar 4.13.



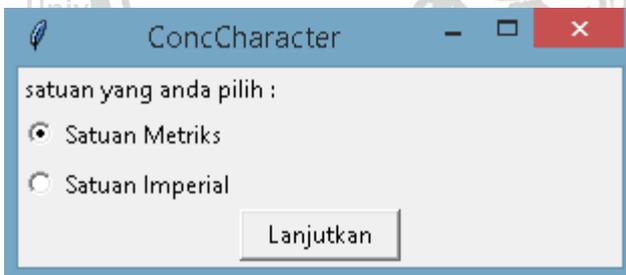
**Gambar 4.12** Antar muka jendela pada program awal



**Gambar 4.13** Antar muka jendela pada karakteristik beton pada tombol program awal

**c. Jendela antar muka concrete character**

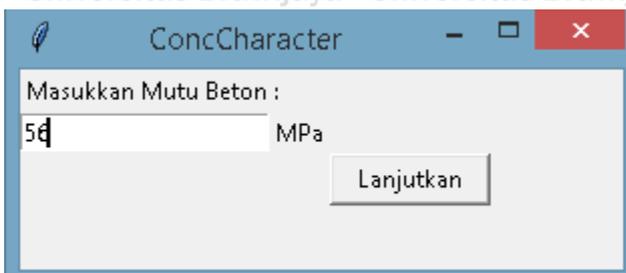
Jendela akan memberikan pilihan satuan apa yang digunakan pada program ini. Satuan metriks berupa satuan yang digunakan adalah Kilo Newton(kN) untuk nilai gaya, Mega Pascal(MPa) untuk nilai tekanan, centimeter (cm) untuk satuan panjang pada dimensi penampang, dan meter (m) untuk satuan panjang pada gelagar. Satuan imperial yang digunakan dalam program meliputi pound(lbs) untuk nilai gaya, pound square inch (psi) untuk nilai tekanan, inchi (inch) untuk satuan panjang pada dimensi penampang, feet (ft) untuk satuan panjang pada gelagar. Jendela ytersebut seperti pada Gambar 4.14.



**Gambar 4.14** Antar muka jendela pemilihan satuan pada aplikasi

Langkah selanjutnya pada kode ini adalah memasukkan nilai mutu beton yang didesain pada program ini. Mutu beton dimasukkan dalam satuan tekanan MPa atau psi.

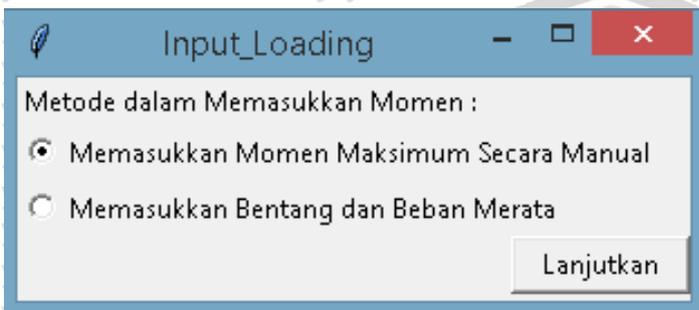
Tampak jendela yang diberikan oleh program terlihat pada Gambar 4.15.



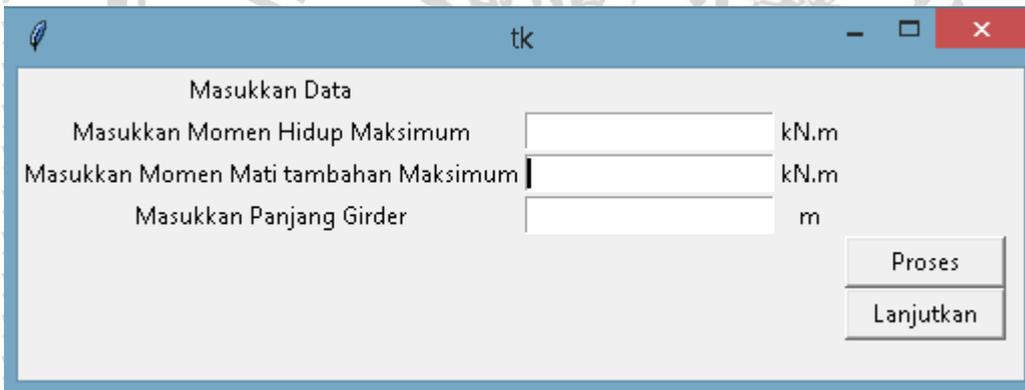
**Gambar 4.15** Antar muka jendela memasukkan mutu beton

**d. Jendela antar muka *input loading***

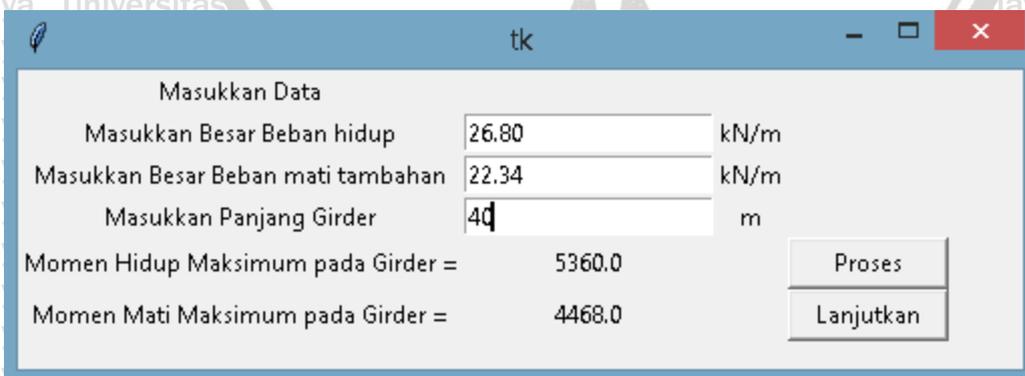
Jendela akan memberikan pilihan metode memasukkan beban yang akan dipilih oleh pemakai. Metode tersebut berupa memasukkan momen maksimum secara langsung atau memasukkan beban merata yang bekerja pada *girder*. Pembebanan yang akan dihitung menggunakan satuan yang sesuai pada pilihan yang sebelumnya. Satuan nilai momen menggunakan kN.m(kilonewton meter) dan lbs.ft(pound feet). Pembebanan merata menggunakan satuan kN/m(kilonewton per meter) dan lbs/ft(pound per feet). Seperti pada Gambar 4.16 hingga Gambar 4.18.



**Gambar 4.16** Antar muka jendela pemilihan metode memasukkan beban



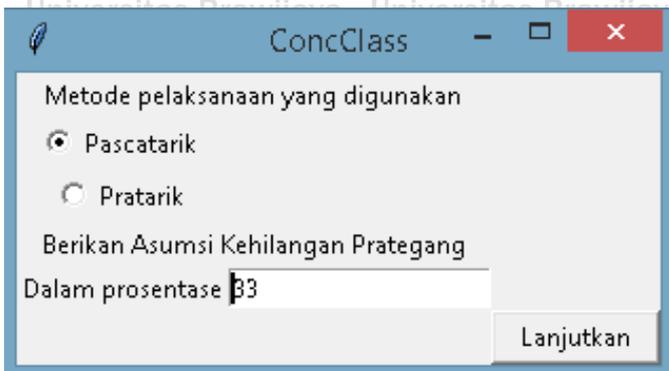
**Gambar 4.17** Antar muka jendela apabila memasukkan momen langsung



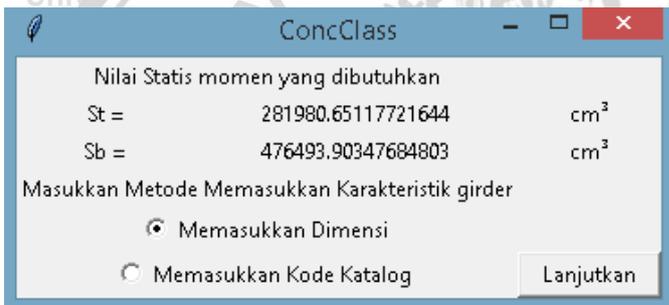
**Gambar 4.18** Antar muka jendela apabila memasukkan beban merata untuk momen maks

### e. **Jendela antar muka *concrete classification***

Jendela akan memberikan pilihan metode pelaksanaan dalam pemasangan *strand* dan asumsi kehilangan prategang untuk perhitungan selanjutnya. Setelah jendela ditutup akan membuka jendela lain dengan nilai statis momen atas minimum dan bawah minimum. Selain itu, pengguna juga dapat memilih metode apa yang digunakan mereka dalam memasukkan dimensi *girder*. Jendela akan terlihat seperti pada Gambar 4.19 hingga Gambar 4.20.

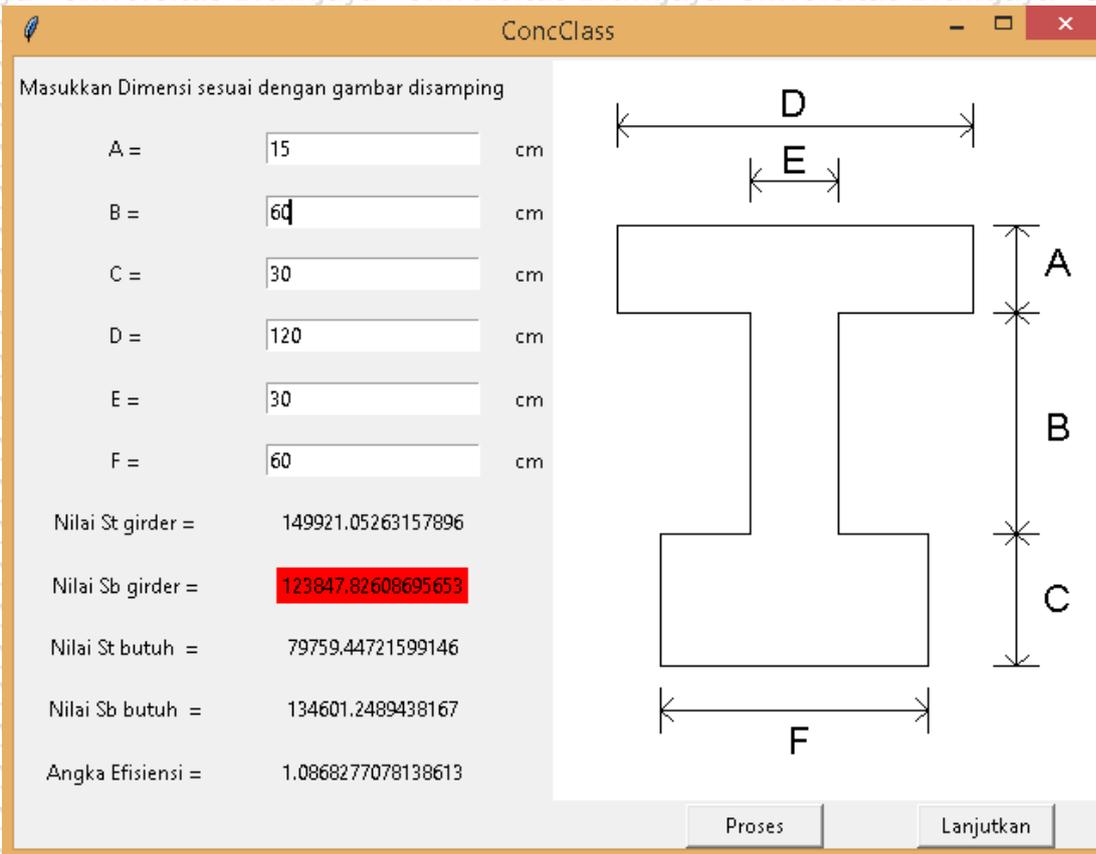


**Gambar 4.19** Antar muka jendela awal pada penentuan dimensi *girder*



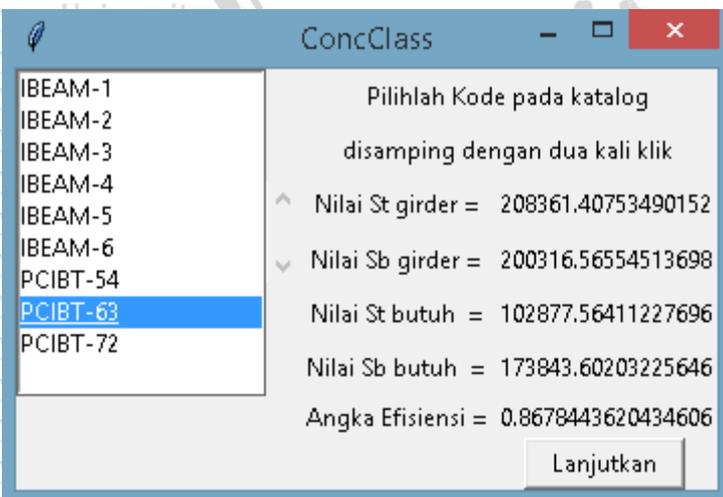
**Gambar 4.20** Antar muka jendela memilih metode memasukkan penampang

Apabila pengguna memilih memasukkan dimensi secara manual, maka sistem akan memberikan entry berupa panjang segmen yang diinputkan. Segmen *girder* berupa bentuk I karena dapat dimodifikasi bentuknya menjadi *girder* T maupun *girder* balok. Setelah mencoba memasukkan dimensi, pengguna diharuskan menekan tombol “proses” untuk memasukkan nilai pada *database* dan menghitung nilai statis momen atas dan statis momen bawah. Apabila statis momen yang didesain lebih kecil daripada statis momen yang dibutuhkan, label nilai statis momen akan berubah warna menjadi merah. Seperti pada Gambar 4.21.



**Gambar 4.21** Antar muka jendela program memasukkan dimensi

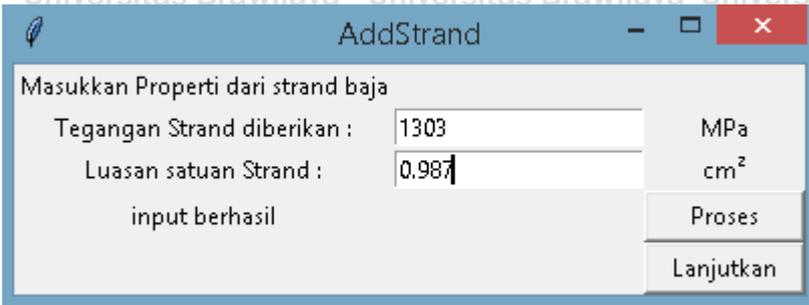
Apabila pengguna memilih memasukkan dimensi sesuai dengan katalog yang diberikan, maka sistem akan memberikan entry berupa pemilihan katalog. Pengguna diharuskan menekan tombol pada katalog sebanyak dua kali untuk memasukkan nilai pada *database* dan menghitung nilai statis momen atas dan statis momen bawah. Apabila statis momen yang didesain lebih kecil daripada statis momen yang dibutuhkan, label nilai statis momen akan berubah warna menjadi merah. Jendela akan terlihat seperti pada Gambar 4.22.



**Gambar 4.22** Antar muka jendela pemilihan katalog

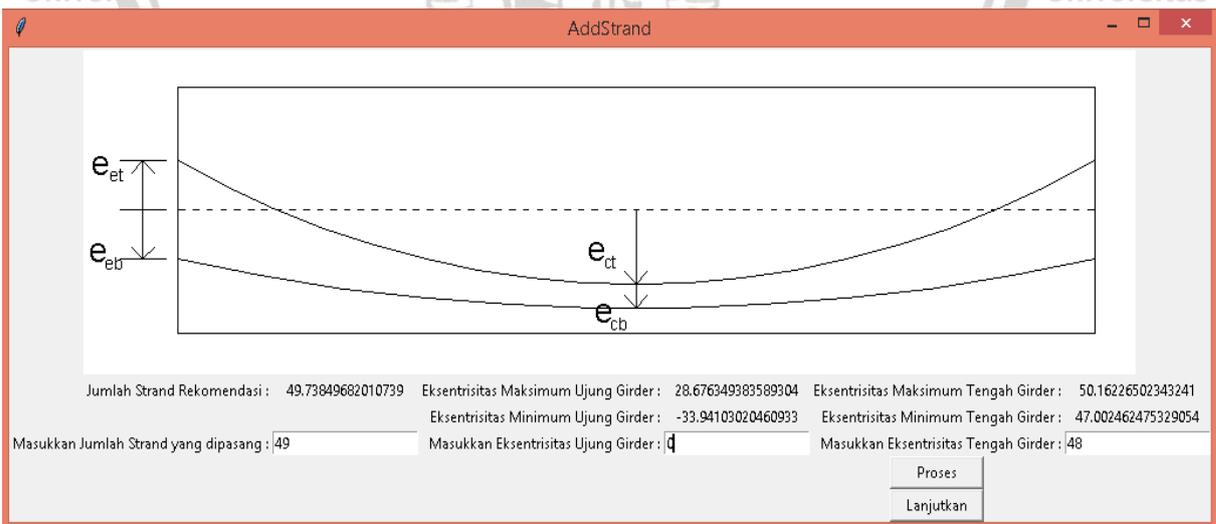
**f. Jendela antar muka *add strand***

Jendela akan memberikan entry tegangan akhir yang bekerja pada *strand* baja. Tegangan *strand* biasanya bekerja sebesar 70% dari tegangan ultimit baja. Selain itu, ada entry untuk memasukkan luasan satuan *strand* dengan satuan  $\text{cm}^2$  untuk metriks dan  $\text{inch}^2$  untuk imperial. Langkah selanjutnya setelah menginput nilai, Pengguna harus menekan tombol “proses”. Tombol “Lanjutkan” digunakan untuk melanjutkan jendela selanjutnya. Seperti pada Gambar 4.23.



**Gambar 4.23** Antar muka jendela memasukan properti *strand* baja

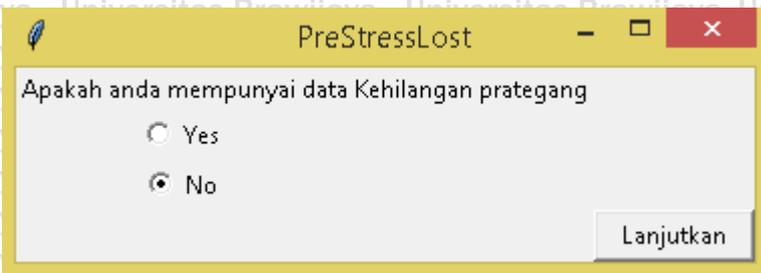
Jendela selanjutnya memberikan gambaran jarak minimum dan maksimum untuk meletakkan titik berat selongsong tendon. Nilai eksentrisitas dapat bernilai negatif dengan maksud titik berat tendon berada diatas titik berat *girder*. Jumlah *strand* merupakan jumlah yang optimum dihitung secara empiris dengan bantuan batas tarik dengan nilai eksentrisitas minimum. Besar tegangan yang terjadi sebesar nilai tegangan *strand* dengan luasan keseluruhan *strand* yang bekerja. Jendela mempunyai antar muka seperti pada Gambar 4.24.



**Gambar 4.24** Antar muka jendela lokasi *strand*

**g. *Jendela antar muka pretress lost***

Jendela akan memberikan pilihan untuk memasukkan kehilangan prategang secara manual atau mengikuti perhitungan sistem. Perhitungan sistem menggunakan data asumsi seperti pada sub-bab sebelumnya. Kehilangan prategang yang sendiri menggunakan nilai satuan tekanan yang hilang dalam proses setelah transfer. Jendela seperti pada Gambar 4.25 dan Gambar 4.26.



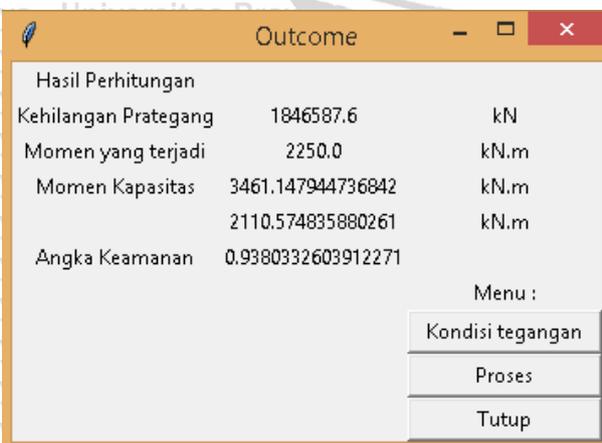
**Gambar 4.25** Antar muka jendela awal dalam perhitungan kehilangan prategang



**Gambar 4.26** Antar muka jendela kehilangan prategang

**h. *Jendela antar muka outcome***

Jendela akan memberikan informasi momen luar yang terjadi dan momen nominal yang dihitung dari batas tarik bagian bawah pada momen nominal pertama dan batas tekan bagian atas pada momen nominal kedua. Jendela akan terlihat seperti Gambar 4.27. Serta menu yang memberikan informasi tentang nilai tegangan serat pada setiap kondisinya seperti pada Gambar 4.28.



**Gambar 4.27** Antar muka jendela nilai hasil seluruh perhitungan

Tegangan Sebelum Transfer		
Serat Atas tengah bentang :	2.3071037388099	MPa
Serat Bawah tengah bentang :	-25.699265929436542	MPa
Serat Atas ujung bentang :	-10.362444444444444	MPa
Serat Bawah ujung bentang :	-10.362444444444444	MPa
Tegangan Setelah Transfer (Kondisi layan)		
Serat Atas tengah bentang :	-16.671428488678252	MPa
Serat Bawah tengah bentang :	4.83387729331227	MPa
Serat Atas ujung bentang :	-6.942837777777777	MPa
Serat Bawah ujung bentang :	-6.942837777777777	MPa

**Gambar 4.28** Antar muka jendela nilai serat tegangan pada seluruh kondisi

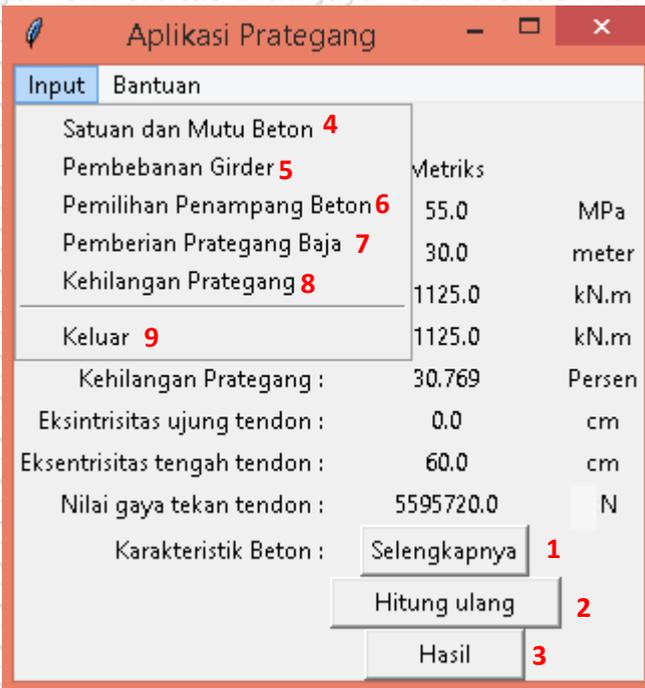
#### 4.4 Pengujian

Setelah tahap implementasi sistem, tahap berikutnya yaitu pengujian. Pengujian sistem dilakukan untuk memeriksa kesesuaian antara analisis kebutuhan dan perancangan sistem. Pengujian dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu pengujian validasi dan pengujian *usability*. Pengujian juga dilakukan untuk memverifikasi ulang aplikasi yang telah dirancang. Pengujian yang akan dilakukan adalah pengujian unit sebagai verifikasi perhitungan sistem dengan perhitungan sebelumnya. Persoalan yang sama diselesaikan dengan aplikasi dan perhitungan sebelumnya. Hal tersebut diharapkan penulis untuk meneliti ketepatan perhitungan aplikasi dengan persoalan yang ada.

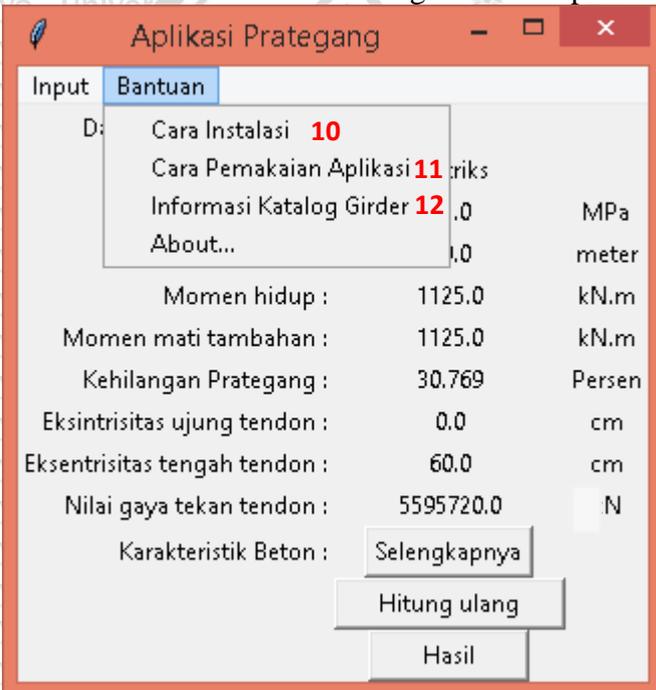
Pengujian kemudahan pemakaian akan dilakukan karena diharapkan aplikasi ini dapat digunakan dengan mudah oleh pengguna lain selain penulis. Pengujian kemudahan didekati dengan angka menggunakan kuisisioner yang diajukan ke beberapa civitas akademika. Kuisisioner akan diberikan dan aplikasi akan dipresentasikan secara singkat oleh penulis dan dijalankan sesuai prosedur arahan penulis.

##### 4.4.1 Pengujian validasi

Pengujian validasi dilakukan pengecekan fungsi semua tombol dibanding dengan kesesuaian fungsinya. Pengujian bisa dilihat pada Gambar 4.29 dan Gambar 4.30 dengan menyesuaikan Tabel 4.23 . Selain itu, Pengujian validasi juga dilakukan untuk menguji perhitungan setiap kode yang dibangun dengan perhitungan secara manual atau hitungan yang sudah ada sebelumnya.



Gambar 4.29 Jendela awal dengan menu Input



Gambar 4.30 Jendela awal dengan menu Bantuan

**Tabel 4.23** Tabel validasi tombol aplikasi perhitungan beton prategang

Nomor	Aksi	Validasi
1	Membuka jendela karakteristik beton.	Valid
2	Membuka jendela awal untuk perhitungan baru.	Valid
3	Membuka jendela <i>outcome</i> sebagai hasil.	Valid
4	Membuka jendela <i>concrete character</i> .	Valid
5	Membuka jendela <i>input loading</i> .	Valid
6	Membuka jendela <i>concrete classification</i> .	Valid
7	Membuka jendela <i>add strand</i> .	Valid
8	Membuka jendela <i>prestress lost</i> .	Valid
9	Menutup jendela awal.	Valid
10	Membuka dokumen tentang cara instalasi aplikasi.	Valid
11	Membuka dokumen tentang cara pemakaian aplikasi.	Valid
12	Membuka katalog yang tersedia dalam perhitungan.	Valid

Perhitungan akan diuji dalam tabel selanjutnya. Perhitungan akan menggunakan nilai yang sudah dihitung dalam referensi yang digunakan penulis. Referensi tersebut adalah beberapa contoh perhitungan dari buku “Beton Prategang suatu pendekatan mendasar edisi ketiga” dengan pengarang Edward G. Nawy. Semua perhitungan akan dibandingkan pada Tabel 4.24.

**Tabel 4.24** Tabel validasi angka aplikasi perhitungan beton prategang

No.	Perhitungan	Literatur	Numerik	KR(%)
1	Perhitungan pembebanan (lb.in)	$6.48 \times 10^6$	$6.48 \times 10^6$	0
2	Perhitungan kebutuhan $S_t$ (in <sup>3</sup> )	3570	3488	2,2
3	Perhitungan kebutuhan $S_b$ (in <sup>3</sup> )	3780	3926	3,7
4	Perhitungan nilai luasan penampang (in <sup>2</sup> )	377	384	1,8
5	Perhitungan jarak titik $C_t$ (in)	21.16	20.875	1,3
6	Perhitungan nilai $I_c$ (in <sup>4</sup> )	70674.4	72830.0	2,9
7	Perhitungan kebutuhan jumlah <i>strand</i>	14.38	13.53	5,9
8	Perhitungan letak selubung tendon (in)	17.04	16.303	4,3
9	Perhitungan tegangan serat atas (psi)	-1844	-1964	6,1
10	Perhitungan tegangan serat bawah (psi)	335	301	10,1

#### 4.4.2 Pengujian *usability*

Pengujian *usability* dilakukan untuk menguji kemudahan aplikasi untuk dipahami oleh pengguna dan respon pengguna dengan adanya aplikasi pembantu. Pengujian ini dilaksanakan dengan mempresentasikan program kepada pengguna dan uji coba pengguna menghitung gelgar menggunakan aplikasi ini. Sejumlah pernyataan mengenai kemudahan dalam menggunakan sistem akan diberikan kepada responden dalam bentuk kuisisioner dengan menggunakan metode *SUS* (*System Usability Scale*). Dengan *SUS*, masalah usability sistem dapat ditemukan secara mudah dan tidak banyak mengeluarkan biaya. Pertanyaan kuisisioner akan ditulis dalam Tabel 4.25.

**Tabel 4.25** Tabel pertanyaan kuisisioner untuk pengujian *usability*

No.	Pertanyaan
1	Apakah pengguna dapat mengoperasikan aplikasi ini dengan mudah?
2	Apakah pengguna memerlukan bantuan orang lain saat hendak menggunakan aplikasi ini?
3	Apakah pengguna merasa tulisan teks pada aplikasi ini mudah dan jelas untuk dilihat?
4	Apakah pengguna merasa menu bantuan tidak membantu dalam pengoperasian aplikasi ini?
5	Apakah pengguna merasa tampilan aplikasi ini menarik?
6	Apakah pengguna tidak begitu memahami fungsi menu-menu yang ada pada aplikasi ini?
7	Apakah pengguna merasa saat memasukkan input untuk perhitungan ini cukup mudah?
8	Apakah pengguna merasa letak menu dan tombol-tombol sedikit berantakan dan tidak rapi?
9	Apakah pengguna akan menggunakan aplikasi ini jika saya ingin menganalisis gelagar beton prategang?
10	Apakah pengguna rasa simbol-simbol yang digunakan pada aplikasi ini tidak umum digunakan dan sulit dipahami?

Setelah prosedur pengujian dilakukan, maka kemudian dilakukan perhitungan data dan analisis dari hasil pegisian angket oleh responden yang ditunjukkan pada Tabel 4.26 dan hasil perhitungan skor *SUS* pada Tabel 4.27 ...

**Tabel 4.26** Hasil kuisioner tiap pertanyaan *SUS*

No	Nama				
	Keanu	Fat-Hanna	Galuh	Fauzan	Firzi
1	4	5	5	4	5
2	4	2	2	4	1
3	5	5	5	2	3
4	2	2	2	3	3
5	3	4	4	2	3
6	2	2	2	2	2
7	5	5	5	4	1
8	3	2	2	3	3
9	5	5	5	5	5
10	1	2	2	3	1

**Tabel 4.27** Tabel hasil perhitungan skor *SUS*

No	Nama				
	Keanu	Fat-Hanna	Galuh	Fauzan	Firzi
1	4	5	5	4	5
2	4	2	2	4	1
3	5	5	5	2	3
4	2	2	2	3	3
5	3	4	4	2	3
6	2	2	2	2	2
7	5	5	5	4	1
8	3	2	2	3	3
9	5	5	5	5	5
10	1	2	2	3	1
Hasil	75,0	85,0	85,0	55,0	67,5
Rata-rata	73,5				

Menurut Gambar 2.8 mengenai grafik dan skor *SUS*, Aplikasi yang penulis rancang mendapatkan nilai skor sebesar 73,5. Nilai tersebut menunjukkan bahwa aplikasi yang dibangun berada dalam area *Acceptable (Good)* untuk digunakan oleh pengguna umum yang memahami konsep dasar beton prategang.

(Halaman ini sengaja dikosongka)



## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari seluruh proses pengembangan sistem mulai dari analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi sistem dan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Setelah pengembangan aplikasi analisis kebutuhan beton prategang telah selesai dilakukan, terdapat 3 kebutuhan fungsional dan 3 kebutuhan non-fungsional. Adapun kebutuhan tersebut adalah, Memberikan menu perhitungan penampang secara manual, Memberikan tanda berhenti apabila data salah, Aplikasi dapat menghitung sistem prategang dengan *post-tension* maupun *pre-tension*, Memberikan penjelasan gambar untuk memudahkan pengguna, Interface yang mudah dimengerti, Membuat panduan secara detail dalam penggunaan Aplikasi
2. Pada perancangan sistem diperoleh perancangan arsitektur, perancangan komponen, perancangan data dan perancangan antar muka berdasarkan analisis kebutuhan. Pada perancangan arsitektur diperoleh *activity diagram*. Pada perancangan data diperoleh rancangan *database* menggunakan program *MySQL*. Kemudian pada perancangan komponen diperoleh rancangan Algoritme yang akan diimplementasikan pada sistem. Pada perancangan antar muka terdapat *wireframe* atau gambaran dari sistem yang akan dibuat.
3. Pada hasil pengujian dilakukan pengujian validasi menggunakan *black box testing* didapatkan hasil validasi yang baik dengan kesalahan relatif lebih kurang dari 3.84% dan hasil pengujian usability menggunakan System Usability Scale mendapatkan skor 73,5 dan *rating Good*. Setelah seluruh pengujian dilakukan dan dilakukan analisis, maka didapatkan kesimpulan sistem telah memenuhi kebutuhan pada analisis kebutuhan.
4. Setelah dilakukan pengujian menggunakan *System Usability Scale (SUS)*, aplikasi dengan mengimplementasikan metode tkrar mendapat skor akhir 73,5 yang masuk kategori *acceptable* dan *rating Good* yang berarti aplikasi ini dirasa baik untuk membantu pengguna dalam mendesain dan menganalisis beton prategang.

## 5.2 Saran

Dari hasil pengembangan aplikasi Perangkat Lunak untuk Analisis Kapasitas Lentur pada Balok Beton Prategang, terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya antara lain sebagai berikut:

1. Pengaturan antar muka yang lebih menarik dan tampilan penjelasan yang lebih detail setiap perhitungan agar pengguna tidak hanya dapat menggunakan aplikasi tetapi bisa mempelajari asal-asal nilai yang muncul dalam perhitungan.
2. Tampilan layar hitam pada belakang jendela awal bisa dihilangkan. Hal tersebut terjadi akibat dari kekurangan bahasa *python* yang harus memanggil PATH sebelum memulai program yang diaktifkan.
3. Perhitungan *strand* baja terbatas pada pemilihan nilai tegangan yang bekerja tidak seperti halnya pemilihan penampang beton yang diberikan katalog. Hal tersebut untuk mendapatkan nilai-nilai luasan dan kekuatan yang lebih detail dan sesuai dengan keadaan lapangan yang tersedia.
4. Pemakaian aplikasi yang masih belum praktis karena pengguna awal diharuskan menginstall 2 program lain untuk menjalankan aplikasi yang dirancang penulis.
5. Penggunaan aplikasi pembantu perhitungan pada media lain (selain desktop) akan sangat membantu. Hal tersebut dikarenakan zaman yang serba praktis dalam pekerjaan dan mobilitas perencana.

## DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 318 (2011). *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318M-11) and Commentary ACI 318*. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
- AASHTO (1998). *Standard Specifications for Highway Bridges*. Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials., 16<sup>th</sup> Edition.
- Bangor, A., Kortum, P., & Miller, J.(2009). *Determining What Individual SUS Scores Mean : Adding an Adjective Rating Scale*. Journal of Usability Studies.
- Enterprise, J.(2019), *Python untuk Programmer Pemula*, Jakarta : PT. Elex Media Komputindo
- Lin, T. Y., & Burns, N.H.(1981), *Design of Prestressed Concrete Structures*, 3<sup>rd</sup> Edition, John Wiley & Sons..
- Munir, M. S.(2018), Pengawasan Proyek Relokasi Jalan Tol Surabaya-Gempol, Ruas Porong-Gempol, Paket 2 Sidoarjo, *Laporan Kuliah Kerja Nyata – Praktik*, Tidak dipublikasikan. Malang : Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
- Nawy, E. G.(2000), *Prestressed Concrete-A fundamental Approach* 3<sup>rd</sup> Edition, Prentice Hall International.
- Nawy, E, G.(2001), *Beton Prategang, Suatu Pendekatan Mendasar*, Edisi Ketiga, Erlangga
- Pressman, R, S.(1992), *Software Engineering, A Practitioner's Approach*, 3<sup>rd</sup> Edition, United States of America : McGraw-Hill, Inc
- Raharjo , B.(2016), *Kumpulan Solusi Pemograman Python*, Bandung : Informatika.
- Rusmawan, U.,(2019) *Teknik Penulisan Tugas Akhir dan Skripsi Pemograman*, Jakarta : PT. Elex Media Komputindo.
- Nasional, B. S. (2013) SNI 2847-2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*
- Septiara, A., (2018) Pengembangan Aplikasi Al-Quran untuk Membantu Hafalan Al-Quran Secara Mandiri Menggunakan Metode TIKRAR, *Laporan Skripsi*. Tidak dipublikasikan, Fakultas Ilmu Komputer. Malang : Universitas Brawijaya